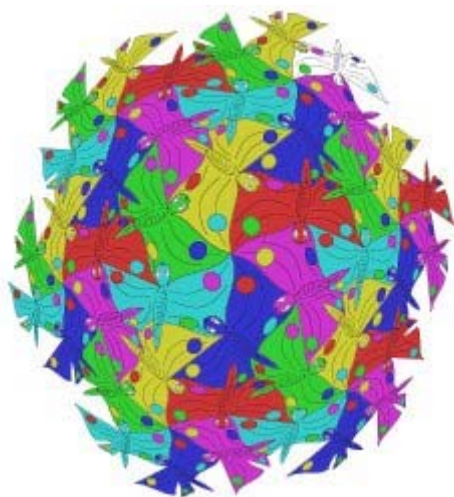


TECFA, Université de Genève

Mémoire en vue de l'obtention du DESS en Sciences et Technologies
de l'Apprentissage et de la Formation

Scénarios socio-constructivistes pour la classe de mathématiques.



Auteur : Elodie Sierra

Directeur : Daniel K. Schneider

Octobre, 2003

Jury :

- Dr. Mireille Betrancourt, Maître d'enseignement et de recherche, TECFA, Genève
- Dr. Daniel Schneider, Maître d'enseignement et de recherche, TECFA, Genève
- Vivian Synteta, Assistante de recherche, TECFA, Genève

Sommaire

Sommaire	<i>i</i>
Résumé	<i>iv</i>
Remerciements	<i>v</i>
Introduction	1
Première partie : revue d'idées constructivistes pour l'enseignement des sciences et des mathématiques	6
1. Préambule	7
2. Les scénarios constructionnistes	8
2.1 Le constructionnisme	8
2.2 Exemples de scénarios constructionnistes	10
2.2.1 Usage de la géométrie tortue... ..	10
2.2.2 Le "ISDP", "Instructional Software Design Project".....	11
2.2.3 "Inventor's Workshop" : "Un atelier d' inventeurs"	15
2.2.4 The architectural design studio	18
2.2.5 Aquamoose	21
3. Les scénarios "problem-based learning", "Inquiry-based learning"	23
3.1 Préambule.....	23
3.2 Le modèle de Jonassen.....	24
3.3 Exemples de scénarios "problem-inquiry based learning".....	27
3.3.1 Le projet Jasper.....	27
3.3.2 Les WebQuest.....	29
3.3.3 Mars Exploration.....	34
4. Les scénarios "socio-constructivistes"	36
4.1 L'approche Tecfaseed.....	37
4.1.1 Approches	37
4.1.2 Exemples de scénarios	41
4.2 Distributed Constructionism	42
4.3 Collaborative Discovery Learning	43
4.3.1 Approches	43
4.3.2 Exemples de scénarios	45
5. Les scénarios des didacticiens	48
5.1 Ce qu'est la didactique	48
5.2 Didactique et situations constructivistes	49
5.3 Exemples de scénarios	54
5.3.1 La course à 20.....	54
5.3.2 Le débat scientifique en classe de mathématiques.	57
5.4 Didactique et usage des technologies	60

6. Synthèse de la première partie	63
Deuxième partie : convergences et divergences des approches constructivistes présentées dans la première partie.	
68	
1. Préambule	69
2. Discussion articulée autour de mots clés... ..	75
2.1 Les mots clés	75
2.2 Discussion	76
2.2.1 La motivation	76
2.2.2 Activité, expérience...Apprendre en faisant.....	81
2.2.3 Processus, métacognition	85
2.2.4 L'authenticité	89
2.2.5 Les aspects sociaux et collaboratifs.....	98
2.2.6 L'usage des TICE	103
3. Résumé entre deux pôles : didactique et pédagogique.	107
4. Lignes directrices retenues	111
Troisième partie : proposition de scénarios pour la classe de mathématiques.	
..... 119	
1. Présentation globale	120
1.1 Description	120
1.2 Le langage SVG.....	121
1.2.1 Présentation	121
1.2.2 Place de SVG dans les scénarios envisagés.....	123
1.3 Usability test (pré-test)	124
2. "The general study environment"	129
2.1 Infrastructure matérielle	129
2.2 Equipe pédagogique	129
2.3 Communauté d'apprentissage	130
2.3.1 Portail local	130
2.3.2 Portail global.....	131
2.3.3 Compétences transversales.....	133
3. Les activités	134
3.1 Activité 1 : Problème de billard (Maths)	134
3.1.1 Fiche d'identité du scénario.....	134
3.1.2 Arguments	135
3.2 Activité 2 : "WebQuest" sur la propriété d'incidence (Physique)	138
3.2.1 Fiche d'identité	138
3.2.2 Arguments	139
3.3 Activité 3 : Les polygones réguliers (Maths)	141
3.3.1 Fiche d'identité	141
3.3.2 Arguments	142
3.4 Activité 4 : Les frises et les pavages (Maths).....	145

3.4.1	Fiche d'identité	145
3.4.2	Pistes et Arguments	146
3.5	Activité 5 : Vers un projet plus long...(Pluri)	148
3.5.1	Fiche d'identité	148
3.5.2	Pistes.....	149
4.	Résumé.....	150
	Conclusion	152
	Annexe 1 : Scénario du billard.	157
	Annexe 2 : Les polygones	160
	Références	164

Résumé

Ce mémoire est un mémoire de lecture qui vise à terme la conception et l'implémentation de scénarios socio-constructivistes pour la classe de mathématiques. Après une revue de littérature des scénarios constructivistes existants pour l'enseignement des sciences et des mathématiques, et une analyse des différences dans ces approches constructivistes, il propose dix lignes directrices pour aborder la conception de scénarios pour l'enseignement des mathématiques actuellement et les illustre en présentant des scénarios socio-constructivistes pour des élèves de 13 à 16 ans sur les thèmes des transformations, des polygones, de la propriété d'incidence, des frises et des pavages.

Remerciements

Je voudrais remercier Daniel Schneider, mon directeur de mémoire. Il a toujours gardé une attitude souriante et confiante, un regard positif...c'est ce qui m'a permis de faire ce mémoire. Merci beaucoup !

Merci également à Vivian Synteta et Mireille Betrancourt qui ont accepté de faire partie de mon jury. It had to be you !

Merci aux "stafiens" et à Tecfa : Yves Grassioulet, Nathalie Pezio, Daniel Peraya, Catherine Bullat, Catherine Frete, Berenice Jaccaz...

Merci à Hélène Di-Martino, Bernard Capponi qui ont bien voulu discuter avec moi de ce mémoire.

Merci à Agnès Jacob.

Merci à Adrien et Eléonore.

Merci à mes parents qui m'ont beaucoup supportée !!!

Et merci à Nicolas. Bien sûr. Si vous saviez. Ma chance extraordinaire.

Introduction

Ce mémoire s'est construit sur une situation initiale qui peut se résumer ainsi : un conflit cognitif, une idée, une croyance, un constat. Après avoir élucidé ces quatre points, je présente dans cette introduction les objectifs du mémoire et la démarche suivie pour les atteindre.

❖ Un conflit cognitif.

Avant de suivre la formation STAF de TECFA, j'ai suivi une formation en mathématiques puis en didactique des mathématiques. J'ai donc connu deux types d'approches : une approche extrêmement centrée sur le contenu d'enseignement, sur les obstacles épistémologiques, sur les conceptions des élèves pour la didactique des mathématiques et une approche « techno-psycho-pédagogique » générale, intégrant l'usage des TIC, Technologies de l'Information et de la Communication, comme support pour des pédagogies socio-constructivistes modernes. J'ai ainsi toujours ressenti le besoin de me positionner vis à vis de ces deux approches.

❖ Une idée.

Cette idée concerne la création d'activités pour l'apprentissage des mathématiques. Je cherche à exploiter le langage SVG qui est un langage graphique vectoriel Internet (présenté dans ce mémoire) pour l'apprentissage des mathématiques. Je voulais que les élèves aient besoin d'outils mathématiques pour des constructions ouvertes et créatives en SVG. L'idée paraît simple mais elle est difficile à implémenter si on adopte une attitude trop « didactique », si on veut contrôler les apprentissages générés par l'activité, les conceptions qu'elle peut induire... C'est l'attitude que j'ai eu au début et je n'arrivais pas à trouver d'activité satisfaisante.

❖ Une croyance.

Néanmoins, je suis restée convaincue du potentiel pédagogique du langage SVG au moins en terme de motivation pour la classe de mathématiques.

❖ Un constat.

-Les mathématiques ont "du mal à trouver leur place" dans une utilisation pédagogique des vraies TIC.-

Pour se faire une idée de l'usage des TIC dans l'enseignement des mathématiques, en France, on peut consulter le programme des derniers colloques sur ce thème : ils sont représentatifs de ce qui se fait et se pense actuellement dans ce domaine.

Souvent, quand on parle de TIC en mathématiques, il s'agit des tableurs, des calculatrices, des logiciels de géométrie dynamique et d'Internet.

Par exemple, le congrès européen ITEM¹, Intégration des Technologies dans l'enseignement des mathématiques, qui a eu lieu en Juin 2003, s'inscrit dans la problématique suivante :

"L'impact croissant de l'informatique sur l'enseignement des Mathématiques est aujourd'hui manifeste. Les recherches dans certaines parties des Mathématiques ont contribué de façon décisive au développement explosif de l'informatique que nous connaissons. Les Technologies d'Information et de Communication (TIC) qui en découlent rendent elles-mêmes les Mathématiques de plus en plus présentes dans la vie courante, de façon toutefois souvent occultée aux yeux du public.

L'enseignement des Mathématiques doit donc répondre au défi de se renouveler pour permettre aux élèves, futurs citoyen(e)s, à la fois :

- **d'intégrer les TIC (Internet, logiciels tels que tableurs et géométrie dynamique, calcul formel sur calculatrice et ordinateur.) dans leurs activités et apprentissages mathématiques,**
- *de rencontrer des **pratiques mathématiques** qui prennent une importance croissante avec le développement des l'informatique (recherche de **solutions algorithmiques, expérimentation, simulation**) et qui offrent des ressources nouvelles pour la **modélisation,***
- *de se confronter à des questions mathématiques sous-jacentes aux traitements informatiques (représentation des données, calculabilité, efficacité.)*

Le but du congrès est de faire apparaître la diversité des orientations possibles, des choix curriculaires et des expériences :

- **contribution des différents logiciels** (tableurs, calcul formel, géométrie dynamique,.) et des calculatrices dans les **domaines** classiquement enseignés : algèbre, analyse et géométrie,

¹ http://www.reims.iufm.fr/Recherche/ereca/colloques/tice_math_juin_2003.htm

- *conception et expérimentation d'Environnements interactifs d'apprentissage des mathématiques,*
- *rôle joué par l'informatique dans le développement de domaines comme les statistiques, les mathématiques discrètes et la modélisation,*
- *apprentissage des éléments de base de l'algorithmique dans le cadre d'un enseignement de mathématiques,*
- *utilisation de l'Internet pour le travail collaboratif et la formation à distance (recherche et résolution de problèmes par les élèves, constitution de ressources par et pour les enseignants, recherches sur le format et la structure des ressources en vue de leur mutualisation),*
- *compétences des enseignants de mathématiques nécessaires à ce renouvellement et conséquences pour la formation des maîtres, initiale et continue. "*

Le travail de ce congrès est centré sur les nouveaux outils technologiques à intégrer au domaine disciplinaire et à leur implication dans l'enseignement des mathématiques.

Je pense que les tableurs, les logiciels de géométrie dynamique et de calcul formel ne sont pas des technologies de l'*information* et de la *communication*. Ils sont des outils disciplinaires qui vont progressivement s'intégrer au contenu d'apprentissage des mathématiques puisqu'ils le font évoluer.

Or, en se focalisant sur les outils disciplinaires, le risque est de laisser de côté les aspects pédagogiques des TIC et de leur apport potentiel en tant que support des pédagogies modernes.

D'autre part, les IREM, Institut de recherche pour l'Enseignement des Mathématiques, cherchent, en France, à proposer les bases pour une refonte des disciplines scientifiques.(Legrand, 2003) :

"La démarche vise simplement à provoquer de la part des instances politiques et techniques compétentes l'impulsion et la mise en place d'une refonte de l'enseignement des mathématiques. En mettant à leur disposition un projet cohérent, modeste, réaliste, assez directement et rapidement utilisable, concernant l'enseignement de la discipline du collège à la licence, avec en accompagnement les correctifs nécessaires à apporter pour l'école élémentaire."

Il s'agit de recentrer les contenus sur "l'essentiel", de privilégier "l'approfondissement", la "qualité de l'acquisition" par l'élève, avec une importance donnée à "une vue d'ensemble" et une "gestion des transitions".

Concernant les pratiques d'enseignement, il semble y avoir une réticence pour les initiatives qui cherchent à privilégier l'interdisciplinarité et le développement de projets personnels par les élèves :

*"En fait de pratiques, on proposerait **des pistes pour recadrer**, peut-être dans la modération, un certain nombre d'initiatives récentes, comme les IDD, les TPE, le B2i ... qui ont du mal à trouver leur place en mathématiques. On préconiserait un enseignement de la discipline plus ouvert sur les problèmes concrets, **se gardant d'une interdisciplinarité de façade ou d'une implication factice des mathématiques.**"*

J'ai le sentiment que les mathématiques ont "du mal à trouver leur place" dans une utilisation pédagogique des TIC (peut être particulièrement dans la communauté francophone). Et ceci est dû justement à la peur de tomber dans "une interdisciplinarité de façade", dans des scénarios "factices".

Il y a une dynamique –que je situe du côté des pédagogies socio-constructivistes modernes comme les approches de TecfaSeed- qui risque de ne pas atteindre l'enseignement des mathématiques si les acteurs concernés se focalisent d'une part sur les logiciels disciplinaires et d'autre part sur le contenu mathématique.

❖ Objectifs

Un des objectifs dans ce mémoire est donc d'aborder l'intégration des technologies pour l'enseignement des mathématiques du côté de la pédagogie et des apports du domaine des "technologies éducatives" (américaines –instructional design- et francophones). Je m'intéresse uniquement à des approches fondées sur les théories de l'apprentissage constructiviste.

Plus exactement, mes objectifs sont les suivants :

- Se positionner sur une façon d'aborder l'enseignement des mathématiques actuellement.
- Proposer des scénarios pédagogiques socio-constructivistes pour la classe de mathématiques.
- Garder l'idée de SVG et l'argumenter.

❖ Démarche

Je cherche dans une première partie à présenter certaines approches technopédagogiques constructivistes (quelques familles de recherche, diverses institutions) et leurs scénarios pour l'enseignement/apprentissage des sciences et des mathématiques. Ceci me permettra de constituer une revue de littérature des *idées* d'activités et d'usage des technologies pour l'enseignement/apprentissage des sciences et particulièrement des mathématiques.

Dans la deuxième partie du mémoire, je discute des scénarios présentés dans la première partie en les comparant : quels sont les points de convergence et les points de divergence ? Où faut-il se positionner ? Je finis la deuxième partie en présentant dix lignes directrices qui résument ma position sur la façon d'aborder l'enseignement des mathématiques actuellement.

Enfin, la troisième partie propose des scénarios socio-constructivistes pour la classe de mathématique et les justifie vis à vis des dix lignes directrices définies.

Première partie : revue d'idées constructivistes pour l'enseignement des sciences et des mathématiques.

Cette partie est composée de quatre sous-parties présentant :

- Les scénarios "constructionistes" (Papert, Harel, Resnick ...) : learning by designing, by teaching, by constructing.
- Les scénarios "problem-based learning", "Inquiry-based learning"
- Les scénarios "socio-constructivistes"
- Les scénarios des didacticiens -français-: exploitation des logiciels de géométrie dynamique, situations-problèmes...

1. Préambule

❖ Sur l'emploi du terme scénario

Le terme « scénario » est pris dans un sens large. Il s'agit de présenter les idées de contextes d'apprentissage, d'activités, d'usage des technologies.

❖ Sur l'exhaustivité

La recherche en "Instructional design²", en particuliers la recherche américaine, propose de nombreux modèles d'enseignement et d'apprentissage fondés sur les théories de l'apprentissage constructiviste. Pour chaque modèle d'enseignement/apprentissage, des approches "techno-pédagogiques" sont privilégiées.

Par exemple, le site de Martin Ryder³ (Université du Colorado, Denver) présente différents courants : **Anchored Instruction** (John Bransford), **Cognitivism** (Advanced Organizers , Cone of Experience, Information Processing, Concept Mapping), **Cognitive Apprenticeship** (Collins, Brown and Newman), **Cognitive Flexibility Theory** (Rand Spiro), **Generative Learning**, **CSCL** Computer Supported Collaborative Learning, **CSILE** Computer Supported Intentional Learning Environments (Scardamalia and Bereiter), **Conversation Theory** (Gordon Pask), **Discovery Learning** (Jerome Bruner), **Inquiry Teaching**, **Interpretation Construction (ICON) Design Model** (Black and McClintock), **Mind Tools** (David Jonassen) **Maria Montessori models**, **Problem-Based Learning**, **The Project Method**, **Situated Cognition**, **Social Learning Theory** (Albert Bandura), **Structural Knowledge** (David Jonassen)...!

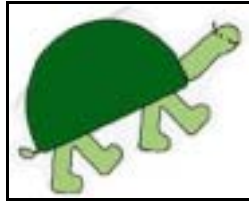
Je ne peux pas être exhaustive et parcourir tous ces courants pour étudier leur approche de l'enseignement : je regarde les courants les plus connus (les plus plébiscités).

² Voir les définitions sur ce site :

<http://www.umich.edu/~ed626/define.html>

³ <http://carbon.cudenver.edu/~mryder/itc/idmodels.html>

2. Les scénarios constructionnistes



Un ensemble de scénarios constructivistes intégrant les technologies en sciences et en mathématiques sont les scénarios "constructionnistes" : ils sont fondés sur la philosophie de l'apprentissage constructionniste développée principalement par Seymour Papert et Mitchel Resnick.

2.1 Le constructionnisme

Papert résume ainsi la philosophie constructionniste : *"When Piaget describes himself as a constructivist, he is referring to a view that knowledge structures are built by the subject rather than transmitted by a teacher. When we describe ourselves as constructionists, we subscribe to this view but add the idea that **building knowledge structures** ("in the head") goes especially well **when the subject is engaged in building material structures** ("in the world") as children do with construction sets."* Ainsi, le constructionnisme s'attache à la **construction** : construction des connaissances d'une part, et construction d'artéfacts extérieurs d'autre part.

Le schéma ci-dessous, qui résume la façon dont la connaissance se construit (modèle constructionniste), illustre l'interaction entre ces deux types de constructions : *"This model argues that artifacts produce understanding through interpretation, and understanding produces artifacts through constructing an explicit. The interaction between representing and interpreting triggers the evolution of artifacts and understanding. This **co-evolution between artifacts and understanding is believed to be knowledge construction.**"⁴*

⁴ Source : <http://www.cs.tcd.ie/courses/mscitedu/mite/lectures/term1/101/l5/rich.shtml>

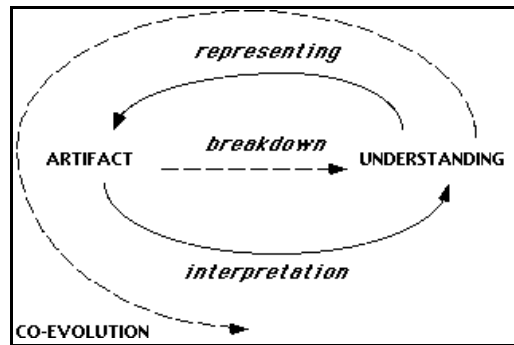


Figure 1 : Modèle de construction des connaissances.

L'artéfact est quelque chose de "**concret**" comme un château de sable, un gâteau ou un programme informatique. Il est **partageable**... "*the product can be shown, discussed, examined, probed, and admired*" (Papert, 1980). Il permet donc l'interaction sociale.

Il est aussi un "objet pour penser avec" ("**Objects-to-think-with**") : en construisant des artéfacts extérieurs l'apprenant crée ses outils (ses représentations) pour comprendre le monde. Enseigner consiste à créer des conditions qui permettent aux élèves de créer leurs propres "Objects-to-think with". Pour comprendre les modèles intellectuels, il faut les rattacher à des modèles personnels, intellectuellement et affectivement signifiants. "*N'importe quelle notion est facile à acquérir dès l'instant où l'on peut la rapprocher des modèles déjà assimilés*" (Papert, 1980). Le fait de manipuler et de construire "quelque chose" permet de construire de nouveaux modèles personnels qui serviront d'attache pour des concepts plus abstraits.

Resnick (cité dans Elliott et Bruckman, 2002) donne les deux principes de design pour la conception d'activités constructionnistes : **(1) connections personnelles** "**Personal connections** : *Construction kits and activities should connect to users' interests, passions, and experiences. The point is not simply to make the activities more "motivating" (though that, of course, is important). When activities involve objects and actions that are familiar, users can leverage their previous knowledge, connecting new ideas to their pre-existing intuitions*". et **(2) connections épistémologiques**. "**Epistemological connections** : *Construction kits and activities should connect to important domains of knowledge—and, more significantly, encourage new ways of thinking (and even new ways of thinking about thinking). A well-designed construction kit makes certain ideas and ways of thinking particularly salient, so that users are likely to connect with those ideas in a very natural way, in the process of designing and creating.*"

2.2 Exemples de scénarios constructionistes

Je présente les scénarios constructionistes suivants :

- Apprendre des notions mathématiques en réalisant des dessins avec le langage Logo (Seymour Papert, 1980).
- Apprendre les fractions en construisant des leçons sur les fractions avec Logo (Idit Harel, 1991).
- Apprendre la physique en inventant des dispositifs avec Lego Logo (Mitchel Resnick, 1991).
- Apprendre les mathématiques en construisant des dessins avec un logiciel de géométrie dynamique (David Williamson Shaffer, 1996, 2002).
- Apprendre les fonctions paramétrées en se déplaçant "mathématiquement" dans un univers 3D (dessin de trajectoires) (Amy Bruckman & all, 2002).

2.2.1 Usage de la géométrie tortue...

Papert propose l'usage de la "**géométrie tortue**" pour l'apprentissage de notions géométriques. Il souhaite que les enfants s'investissent dans **l'exploration** de cette géométrie. Cette géométrie tortue est un univers où les objets ont des comportements bien définis (contraintes mathématiques). L'enfant agit dans ce monde en "dialoguant" avec une tortue virtuelle. La langue est un langage de programmation, le **langage Logo**.

En réfléchissant à la façon dont il doit "commander" la tortue, l'enfant est **en contact avec des notions mathématiques**. Par exemple, comment peut-il dessiner un cercle avec les commandes "AVANCE d'une distance donnée" et "TOURNE droite ou gauche" ? La solution est : POUR CERCLE REPETE (AVANCE 1 DROITE 1). Le fait de réfléchir sur des situations comme celle-ci, ancre en l'apprenant des **souvenirs "concrets"** et lui permettra peut-être d'acquérir plus facilement la notion de "différentielle" quand il sera plus âgé. (Papert, 1980). D'autre part, manipuler le langage Logo permet de vivre des **situations** qui donnent du **sens** à des notions mathématiques comme la notion de cercle ou la notion de variable, par exemple.

L'exploration du micromonde est motivée par la construction de **dessins** (fixes ou animés) avec le micromonde. Les élèves sont **autonomes** et explorent librement le monde. Le micromonde est un outil de production et cet outil de production est "magique", il permet de rentrer en contact avec des idées productives, des "powerfull ideas" du monde des mathématiques. C'est un outil de production très "didactique" par opposition à l'usage des logiciels de dessins professionnels. Je reviendrai plus loin sur cette idée.

Dans son livre "Mindstorms, Children, Computers, and Powerful Ideas", Papert commente des situations problèmes, des comportements d'élèves pendant leurs constructions. Il ne propose **pas** de **méthode pédagogique concrète** ou de scénario "modèle" qui expliciterait, par exemple, le rôle de l'enseignant. Certains chercheurs ont proposé par la suite les pratiques pédagogiques les plus favorables à une exploitation efficace de Logo. Le scénario suivant s'inscrit dans cette démarche.

2.2.2 Le "ISDP", "Instructional Software Design Project"

Idit Harel présente dans son livre "**Children designers**" un environnement pédagogique où les enfants produisent des animations et des logiciels éducatifs pour d'autres enfants sur le thème des fractions. Les outils de production sont Logo et Logo Writer. Le projet implique des élèves du quatrième degré (école élémentaire américaine).

Les objectifs d'apprentissages sont **transdisciplinaires** et visent en particuliers l'apprentissage de **Logo**, des **fractions** et de la pratique de la **métacognition**.

Pour décrire brièvement le scénario expérimenté par Idit Harel, je retiens les points suivants :

- Les élèves construisent des séquences de logiciels éducatifs sur les fractions une heure, chaque jour, pendant quatre mois, comme ils l'entendent et en se reposant sur **leurs propres idées**.
- Les élèves tiennent un carnet de bord "**Personal Designer's Notebook**" : ils notent leurs idées, dessinent et commentent le "story-board", le plan de développement et consignent également leurs réflexions sur les changements, les problèmes rencontrés.
- Il y a quelques **séquences en plénière** où toute la classe discute avec l'enseignant sur, par exemple, le concept de fraction, sur les difficultés mathématiques et la façon dont on pourrait présenter le cours aux élèves du degré inférieur pour dépasser ces difficultés.
- Le **cours d'introduction** du projet présente des concepts de "software design" ainsi que des réflexions de programmeurs et concepteurs de logiciels (éducatifs) célèbres...Il permet de situer le projet dans **un contexte professionnel**.

Idit Harel a analysé, jour après jour, les processus d'apprentissage, les apprentissages effectifs et comment ces enfants se comportent différemment d'autres enfants qui apprennent les fractions et le langage Logo d'une manière plus classique (selon les hypothèses préalables posées par Idit Harel). Elle fait une **analyse qualitative complète** du déroulement de ce projet : comportement de la classe, des individus dans la classe...Ce genre d'étude est relativement rare dans la littérature.

Les résultats semblent satisfaisants : *"A group of fourth-grade students, working side-by-side in front of computers over a 4-month period, were involved in a software design project in view of designing and using their individual software for teaching fractions to younger students. They were found to be strongly **motivated** and fully **in charge of their own learning** ; they appeared to establish sequences of learning and development that were an interesting mixture of Piagetian and Vygotskian processes; and they bore out Papert's and Perkin's theories of knowledge construction and learning. Furthermore, the students treated their knowledge in a functional manner, designed and built meaningful products, and established **deep relationships** with the objects and ideas involved."*

Les enfants ont appris à programmer en Logo (plus efficacement que ceux ayant suivis des cours classiques d'enseignement de Logo). Concernant l'apprentissage des mathématiques, ils ont approfondi leur connaissance des fractions : *"The students' s designing of software to teach third graders, using Logo, was an effective way for learning, creating, and translating **rational-number representations**, and for **enhancing their mathematical understanding of what fractions and basic fractional representations are**. This method also affected their success in the final posttests and interviews."* Enfin, ils ont également acquis des compétences "méta cognitives" et des compétences dans la résolution de problèmes.

En résumé, Idit Harel plébiscite les stratégies pédagogiques suivantes :

- **"The "Integrated Learning" principle: Learning More Can Be Easier Than Learning Less** : *Finally, ISDP is presented as a way of simultaneously learning programming and other content areas; and the claim is made that learning both of these together results in better learning than if either were learned in isolation from the other."*
- **Special Merits to Learning By Teaching and Explaining** : *Among contemporary researchers, Brown, for example, has done many studies to elucidate the ways in **which explanatory processes**, as part of reciprocal teaching activities, motivate learners and encourage the search for deeper levels of understanding and subject mastery. Brown characterizes these explanatory-based interactive learning environments as ones that push the learners to explain and represent knowledge in multiple ways and therefore, in the process, to comprehend it more fully themselves. The interactions could be supported by computers, teachers, or other learners (e.g., Brown, 1988).*
- **Learning through producing** : *Apprendre en produisant quelque chose comme le demande le constructionisme."*

Ainsi, le design de logiciels (software design) est présenté comme un nouveau paradigme (le livre est sorti en 1991) pour les activités d'apprentissage basées sur l'usage des technologies ("**Learning through complex, integrative, and messy design projects**"). Elle permet en effet de mettre en place les trois stratégies pédagogiques plébiscitées : un apprentissage "transdisciplinaire", "global", la possibilité d'apprendre en expliquant, en formulant, et le fait d'apprendre en produisant quelque chose.

L'activité du designer a été étudiée et décrite (entre autre par Perkins qui établit une analogie avec ce que devrait être l'activité d'apprendre et ce qu'est l'activité du designer). Ici, c'est spécifiquement l'activité du **"designer de logiciels éducatifs"** qui est intéressante pour Idit Harel : *"Designing and creating instructional software on the computer requires more than merely programming it, more than merely presenting content in static pictures or written words, more than managing technical matters. When composing lessons on the computer, the designer combines **knowledge of the computer, knowledge of programming**, knowledge of computer programs and routines, **knowledge of the content, knowledge of communication**, human interface, and instructional design. The communication between the software producers and their medium is dynamic. It requires constant goal-defining and redefining, planning and replanning, representing, building and rebuilding, blending, reorganizing, evaluating, modifying, and reflecting in similar senses to that described by Perkins and Schon in their work."*

Les technologies deviennent des outils de production pour la création de logiciels, de multimédias par les élèves.

On peut remarquer que ce n'est plus l'apprentissage de Logo qui est utilisé pour l'apprentissage de notions mathématiques. Dans ce projet, Idit Harel vise l'apprentissage des fractions et simultanément l'apprentissage du langage Logo. Logo est un langage de programmation et il est devenu un langage à enseigner aux élèves pour l'initiation à la programmation et à la culture informatique. *"L'univers des pratiques pédagogiques et des langages de programmations pour l'école est en pleine mutation. Plus proche des systèmes professionnels qui ont fait leur preuve, plus convivial dans son environnement, ce dernier est entrain de devenir ce qu'il aurait dû être : **une préfiguration intégrée de logiciels professionnels**. La programmation éducative conserve ainsi son seul objectif légitime, proposer une sensibilisation aux différents concepts informatiques dans le but de préparer les enfants d'aujourd'hui à la culture informatique de demain."* (Mendelshon, 1991)

Ainsi, Idit Harel n'utilise pas les technologies de la même façon que Papert pour l'enseignement des mathématiques. On perd la valeur "magique" de la géométrie tortue, la valeur "épistémologique". Les "technologies Logo" sont un moyen de mettre en place des projets de design. Idit Harel a développé par la suite des logiciels permettant la création de multimédias, de vidéos, et des outils virtuels comme le carnet de bord du designer : l'objectif est de créer des interfaces plus ergonomiques et de fournir des outils de développement adaptés aux enfants.

L'apprentissage de Logo associé à l'apprentissage des fractions est bénéfique selon le principe du "Learning More Can Be Easier Than Learning Less". (voir ci-dessus) : dans quelle mesure le langage Logo renforce-t-il spécifiquement l'apprentissage des fractions ? Peut-on le remplacer par l'apprentissage de langages Internet comme HTML ou VRML ou SVG ?

Quand Idit Harel publie son livre "Children Designers", il est entrain de se développer un courant d'approches "techno-pédagogiques" centrées sur les activités de design et l'usage des technologies comme outils d'expression et de production. Le "design" est l'activité centrale des "scénarios constructionnistes". (C'est cohérent avec le fait que le constructionisme mette l'accent sur la création d'artéfacts extérieurs). Je présente dans les parties suivantes les approches de Mitchel Resnick ("ingenieur design"), puis l'approche de David Williamson Shaffer ("artistic design").

2.2.3 "Inventor's Workshop" : "Un atelier d' inventeurs"

Dans un article intitulé "LEGO/Logo : Learning Through and About Design" (1991), Mitchel Resnick discute des activités de design avec les produits "Lego" et le langage de programmation "Logo". Il pose les bases pour la création d'environnements d'apprentissage qui sont des environnements de design (ou encore : des ateliers d'inventions).

Arguments

Un des arguments est la place centrale des pratiques de design dans l'activité humaine. Comme Papert proposait d'apprendre les bases des pratiques de programmation (apprendre le principe de récursivité, par exemple), Resnick propose d'apprendre la pratique du design : *"Design is important in almost all fields of human activity. Of course, an architect uses **design skills** when preparing a blueprint. But so does a writer when writing a report, and a manager when restructuring an organization. Given the central role of design in human activity, one would expect design to play an important role in school classrooms. But it doesn't. In the minds of many educators, the ill-structured nature of design activities makes them ill-suited for the classroom. Design activities, they complain, are difficult to "manage" and to evaluate. As a result, students rarely get the opportunity to design, to build, to create, to invent."*

Le design permet d'autre part d'aborder la science du côté de l' "**Engineering**" *"Some of the most successful projects have used new technologies **to blur the boundaries between science and engineering**, helping students become engaged in scientific inquiry not only **through observing and measuring** but also **through designing and building**."* Les élèves apprennent des concepts (**engineering concepts**) comme les feedback et le contrôle.

Ce genre d'activité convient bien à des élèves qui sont en difficulté dans les cours de sciences classiques, "académiques" : *"Particularly striking are the experiences of students who have been unsuccessful in traditional math and science activities. Quite a few of these students thrive in the LEGO/Logo environment. These students often have **strong design and mechanical skills**, but **many have been frustrated by the analysis-centered approach of traditional math and science classes**. As a result, their teachers typically view them (and they typically view themselves) as poor learners. In some cases, LEGO/Logo experiences have had a profound effect **on how these students view themselves as learners** (and on their subsequent performance in other classroom activities)."*

Enfin, l'argument le plus "constructionniste" est le suivant : *"LEGO/Logo projects typically **involve a variety of mathematical or scientific concepts**--such as fractions, friction, and mechanical advantage. In many cases, the students have previously "learned" these concepts in the classroom. But students seem **to gain a deeper understanding when these concepts are embedded in meaningful design activities**."* Les élèves peuvent construire des nouvelles représentations de concepts scientifiques qui sont personnellement signifiantes puisqu'elles sont liées à une activité valorisante et à une création personnelle ("**a new (and more personally relevant) representation of the concept**").

Éléments de pratiques pédagogiques

Je n'ai pas trouvé de textes présentant une approche similaire à l'approche de David Jonassen (voir ci-après) qui établit un modèle d'environnement d'apprentissage fondé sur ses valeurs de l'apprentissage. Cependant, Resnick donne des éléments pour les pratiques pédagogiques à adopter dans un environnement d'apprentissage constructionniste fondé sur l'usage des outils Lego/Logo.

Comme dans tous les projets, les élèves tiennent un "carnet de bord", ici un cahier d'inventeur. Un système de **brevet d'invention** a été créé : les élèves obtiennent un brevet d'invention s'ils peuvent fournir un cahier "professionnel" ("opérationnel", "partageable") présentant des dessins et des descriptions. On leur présente d'ailleurs des brevets d'inventeurs professionnels, en exemple, et pour les immerger dans un **contexte d'atelier de design "professionnel"**.

La création de ce cahier d'invention est l'occasion d'**apprentissages transdisciplinaires** : *"Students use their Inventor's Notebooks in many different ways. Some students make preliminary sketches of their machines. Others make careful mechanical drawings of their constructions and write elaborate instructions on how to use the machines. Still other students use their notebooks to write stories about their machines. **Indeed, we find that LEGO/Logo is a rich environment not only for math, science, and design, but also for language arts, since students are often interested in writing about the machines that they have built.**"*

En s'appuyant sur les expériences vécues avec des classes utilisant les outils Lego/Logo, Resnick donne quelques ingrédients clés pour créer de riches environnements de design (" **rich design environments for children** ") :

- **"Put children in control.** *In many hands-on activities in the classroom, students re-create someone else's experiment. Our LEGO/Logo classes have been most successful when children formulate their own designs and experiments, and work on projects that they care about personally.*
- **Offer multiple paths to learning.** *Not everyone wants to start by building a car. It is important to allow students to approach design projects from different directions and different perspectives. With LEGO/Logo, some students start with mechanical design, others with programming, still others with architectural aesthetics. Some build moving vehicles, others build moving sculptures. But providing multiple paths does not mean that each student gets "stuck" in his or her own niche. In fact, we have found that many students use their initial **"regions of comfort"** as a foundation from which to explore other areas--areas that might have seemed intimidating in isolation.*
- **Encourage a sense of community.** *In LEGO/Logo workshops, we encourage groups to share ideas, designs, and actual constructions--and to critique one another's designs. In this way, students combine "hands-on" activities with what Seymour Papert has termed "heads-in" activities. Moreover, students get a deeper sense of the way in which real designers go about their work, as part of a **community of designers.**"*

Les difficultés principales évoquées par Resnick pour implémenter ces stratégies sont les suivantes :

- Les élèves ne vont pas spontanément vers des tâches qu'ils ne connaissent pas, qui les déstabilisent : ils restent dans leur "*région de confort*".
- Il est difficile de gérer des environnements comme "les ateliers de design" : "*coordinating open-ended design activities is a challenge for any teacher*".

2.2.4 The architectural design studio

Où le projet est "artistique"...

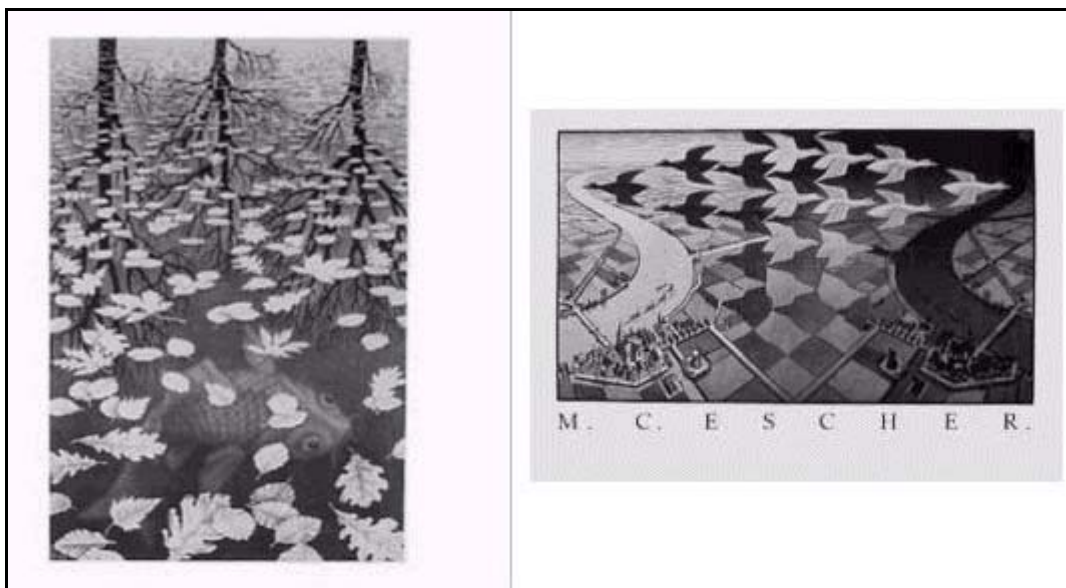


Figure 2 : Dessins géométriques de Escher. Site officiel : <http://www.mcescher.com/>

Je présente l'approche de David Williamson Shaffer qui a écrit de nombreux articles sur l'efficacité d'environnement ouverts centrés sur le design pour l'apprentissage des mathématiques. Il a réalisé sa thèse sur ce thème sous la responsabilité de Seymour Papert : "***Expressive Mathematics: Learning by Design***".

Il propose un modèle d'environnement d'apprentissage dans la lignée des environnements discutés et expérimentés par Harel, Resnick... Ses premiers articles présentaient le studio de design comme un modèle d'environnement d'apprentissage puis les articles suivants insistent sur l'apprentissage collaboratif : "Design, Collaboration and Computation : **The design Studio as a model for computer-supported collaboration in mathematics**".

Il s'agit de prendre le modèle des studios de design, d'architecture, pour des apprentissages dans des domaines plus formels comme les mathématiques. L'ordinateur permet de créer un "studio de design" pour les mathématiques. On y apprend les mathématiques de la façon dont on apprend le design et l'architecture..."**pedagogy of design learning**".

Quelle est la pédagogie des instituts de design et d'architecture ?

*"The design studio is a "learning system" that relies **open-ended** nature design challenges, **iterative work**, **public presentations**, and **structured collaborative conversations** known as "desk crits."". Les apprentis designer travaillent dans des ateliers (des studios) sous la responsabilité d'un "maître" sur des projets ouverts, dans une ambiance collaborative (de nombreuses activités collaboratives comme les "desk crits", les "pin-ups", les "design review".). Les "desk crits" sont des forums où chaque membre du studio donne des feedbacks informels à ses pairs (Exemple : <http://www.arches.uga.edu/~clox/edit6190/deskcrits.htm>.) Les "pin-ups" sont des présentations du travail en cours (dans des studios en ligne, ce sont des espaces personnels ouverts où les designers décrivent le déroulement de leur travail).*

Les composantes du scénario proposé par Shaffer ne sont pas très différentes des scénarios de Harel ou Resnick présentés ci-dessus :

- Environnement "ouvert" : temps, espace, choix des activités et du projet.
- "Project-based".
- "Ambiance professionnelle" des studios de design.
- Un carnet de design (carnet de bord, pin-ups).
- Des outils informatiques pour la production.
- Une forte composante collaborative.

Par exemple, l'objectif des élèves est de créer des dessins présentant des symétries. Pour cela, ils explorent la notion de symétrie avec un logiciel de géométrie dynamique : le "Geometer's Sketchpad program". Ils sont réellement impliqués dans une activité de design et utilisent aussi des outils comme les logiciels de traitement d'images, les scanners etc. Le temps est aménagé de façon moins contraignante que les horaires scolaires : les cours sont des "Workshop" de quelques jours. Les élèves organisent leur temps librement de la même façon qu'ils décident des activités et des projets de réalisation. L'enseignant/"maître designer" veille à fournir des indications, des feedback formateurs (rôle d'étayage).

Dans ces projets de design, la production est "artistique" et "créative" : il s'agit de faire des mathématiques dans un contexte d'**expression** ("mathematics learning in an expressive context")

L'auteur présente d'ailleurs une théorie psychologique (un modèle) de *l'expression* et développe une épistémologie des mathématiques autour de cette notion : *"In this view, mathematics is **fundamentally a medium of expression** : a way of communicating about the world, a set of structured concepts that can be used to reflect important aspects of internal experience. The "strong form" of this position—for which I am not explicitly arguing here—is that **mathematics is inherently an expressive activity**, and that, in fact, symbolic representations using the languages of mathematics are not mathematical unless they are expressive. **The strongest form of the argument that mathematics must be expressive is that memorizing the multiplication tables, learning long division as an empty algorithm, or following a "recipe" of steps for solving a system of equations are not just uninteresting mathematics—they aren't mathematics at all.***

*Even if we do not go as far as defining mathematical activity in terms of expression, there is a weaker form of this position—which this paper does explicitly support—that **expressiveness is an important component of mathematical activity, and that mathematics is richer, more interesting, more vital, and more meaningful when it is used as a medium of expression.** Boaler, for example, argues that what makes a "real world" example or situation compelling as a context for mathematical thinking is the extent to which students become involved in "**discussion, negotiation, and interpretation**" (Boaler 1993, p. 15)."*

Des études quantitatives et qualitatives ont été menées (à petite échelle). Les résultats principaux sont les suivants : les élèves apprennent la notion de symétrie axiale, apprennent à penser "visuellement" pour résoudre des problèmes mathématiques et simultanément **ils découvrent qu'ils aiment les mathématiques** et la façon de travailler dans l'environnement du studio de design.

Shaffer attribue ces résultats :

- au modèle pédagogique qui privilégie l' autonomie de l'élève et la collaboration ;
- à l' expression qui le cœur de l'environnement d'apprentissage ;
- à la manipulation d'outils "mathématiques" : *"the underlying mathematical structure of the computational tools used"*...

Il analyse également l'effet de l'usage de l'ordinateur sur les apprentissages et la motivation. Il souligne notamment l'importance du "undo" des logiciels : les élèves osent se tromper et explorer dans la mesure où ils peuvent revenir en arrière dans leurs actions. Un autre avantage est l'aspect "professionnel" : d'une part utiliser les ordinateurs renforce le contexte de projet authentique et professionnel, d'autre part, les résultats obtenus avec les outils informatiques sont valorisants puisqu'ils permettent une finition, un rendu "professionnel".

Enfin, Shaffer indique que d'autres études permettent de penser que l'idée d'un studio de mathématique est porteuse : *"In a quantitative study, **Leslie Willett** demonstrated that mathematics learning is **more effective in the context of arts-based lessons** than with standard mathematics pedagogy at the elementary school level (Willett 1992). Arthur Loeb's visual mathematics curriculum (**Loeb** 1993) has not been studied formally, +but substantial anecdotal evidence supports his approach to the study of the formal mathematics of symmetry through a design studio as an effective learning environment for undergraduate students."*

2.2.5 Aquamoose⁵

Je présente très brièvement Aquamoose qui est un micromonde récent créé par une équipe présidée par Amy Bruckman⁶. Amy Bruckman est membre du GVU, Graphics, Visualization, and Usability center (Géorgie). Elle s'intéresse au design de communauté en ligne "autour" de projets constructionnistes : *"The Internet has a unique potential to make constructionist learning scalable and sustainable in real-world settings, because it makes it easy to provide social support for learning and teaching"*.

⁵ <http://www.cc.gatech.edu/elc/aquamoose/>

⁶ Home page : <http://www.cc.gatech.edu/~asb/>

Le projet aquamoose ne m'intéresse pas ici pour ses aspects collaboratifs (j'en reparlerai plus loin) mais pour l'idée de départ du projet : Aquamoose est un environnement 3D où les élèves créent des trajectoires "mathématiques" en manipulant des fonctions paramétrables. Chaque élève est représenté par son avatar (un poisson) et le poisson "nage" selon des trajectoires mathématiques.

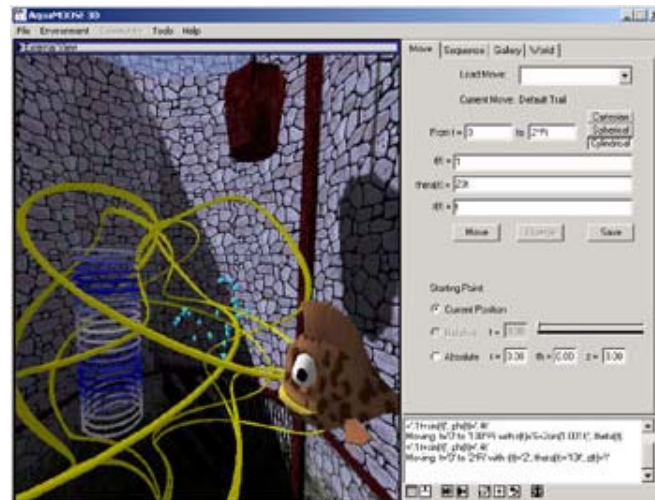


Figure 3 : Aquamoose.

Aquamoose pourrait être présenté comme une version 3D de Logo. Cependant, il diffère de l'approche Logo sur un point important : les élèves écrivent directement des formules mathématiques identiques aux formules "scolaires", ce qui doit faciliter le **transfert**. *"While the math in Logo is done from a first-person perspective to facilitate body-syntonic understanding of math, the math in AquaMOOSE is designed to look more like the math students see in school in order to facilitate transfer."*

Les élèves ont à leur disposition des outils pour étudier les courbes tracées et des outils typiques des environnements 3D (outils de navigation).

Les activités proposées sont des jeux. L'objectif poursuivi par l'équipe de aquamoose est de permettre la programmation de l'environnement par les élèves pour que ceux-ci puissent créer des challenges ou des jeux dans l'environnement.

Les chercheurs associés à ce projet ont fait des évaluations qualitatives. Certains résultats sont décevants. En effet, habitués à l'esthétique des jeux vidéos et des possibilités d'interactions, les élèves trouvent que l'environnement est trop "artisanal" et ne sont pas motivés (pourtant c'était une des hypothèses de ce projet : motiver et "toucher" les élèves par l'aspect fun d'un jeu vidéo 3D). D'autre part, si les jeux sont trop difficiles, les élèves se lassent vite et c'est le cas quand il s'agit de manipuler des fonctions paramétrées. Les résultats positifs sont le fait que les élèves apprécient de créer des trajectoires "esthétiques" et "mystérieuses".

3. Les scénarios "problem-based learning", "Inquiry-based learning"

3.1 Préambule

Je m'intéresse dans cette partie aux scénarios fondés sur le modèle pédagogique des mouvements "Problem-Based Learning" et "Inquiry-based learning".

L'objectif est de concevoir des environnements centrés sur la résolution de problèmes "mal définis", "mal délimités" et de créer un contexte signifiant proche du contexte des experts qui ont à résoudre ce genre de problèmes : "*Foster **problem solving** and **conceptual development**. Designed for **ill-structured or ill-defined problems**. Goal is to learn about the field by thinking like a member of that practice community.*" (Jonassen, 1998)

Sur le site "Project, Problem, and Inquiry-based Learning", (<http://annettelamb.com/tap/topic43.htm>), on peut trouver une définition des approches "project-based learning", "problem-based learning" et "inquiry-based learning" :

- **Project-based Learning.** *An approach to learning focusing on developing a **product** or **creation**. The project may or may not be student-centered, problem-based, or inquiry-based.*
- **Problem-based Learning.** *An approach to learning focusing on **the process of solving a problem** and acquiring knowledge. The approach is also inquiry-based when students are active in creating the problem.*
- **Inquiry-based Learning.** *A student-centered, active learning approach focusing on **questioning, critical thinking**, and problem-solving.*

Les approches "problem based learning" et "inquiry based learning" sont relativement proches et je les présente dans cette même partie. Par contre l'approche "project based learning" a une philosophie un peu différente.

Finalement je me repose sur les deux définitions suivantes (Synteta, 2002) :

- *"The project-based learning uses a **production model**. Students start by defining the purpose of creating the end-product, identify their audience, they research the topic, design the product, do the project management, solve the problems that arise and finish the product followed by a self-evaluation and reflection (Crawford, Bellnet website, Autodesk website, Blumenfeld et al. cited in The Challenge 2000 Multimedia Project website [61]). So, the driving force is the end-product, but the key to success is the skills acquired during it's production.*
- *The problem-based learning uses an **inquiry model**. Students start with a given problem, make a plan for gathering information, pose new questions and summarize their research by presenting their conclusions (Duch, Delisle, Hoffman and Ritchie, Stepien and Gallacher cited in The Challenge 2000 Multimedia Project website [61]). In this case, the driving force is the problem given and the success is the solution of it."*

Je m'appuie sur les travaux de Jonassen pour présenter les "valeurs de l'apprentissage" de ce courant et son modèle pédagogique.

3.2 Le modèle de Jonassen

David Jonassen dans l'article "Designing Constructivist Learning Environments" présente une modélisation d'un environnement d'apprentissage constructiviste : il présente une "théorie" pédagogique opérationnelle pour le développement et l'implémentation d'environnements de ce type. Cette théorie est fondée sur ses "valeurs" de l'apprentissage ("*assumptions and beliefs*"), elles-même fondées sur les théories de l'apprentissage constructivistes et les courants pédagogiques –auxquels il contribue- "inquiry-based learning", "project-enhanced learning", "problem-based-learning"...Son modèle s'applique pour divers types de problèmes et il inclut également les "projets" (mener à bien une production est un problème à résoudre...). Mais ce modèle représente particulièrement bien les scénarios centrés sur la résolution de problèmes (sans production) ou la réalisation d'"enquêtes" autour de questions générales.

Jonassen (1991) résume ainsi les valeurs clés de l'apprentissage sur lesquelles sont fondés les modèles pédagogiques qu'il propose :

- Learning that is **driven by an ill-defined or ill-structured problem** (or question, case, project).
- A problem or learning goal that is "**owned**" by the learner.
- Instruction that consists of **experiences** which facilitate knowledge construction (meaning making).
- Learning that is **active and authentic**.

Ou encore, il caractérise le rôle des technologies pour l'apprentissage de cette façon : "That is, technologies should be used to keep students **active, constructive, collaborative, intentional, complex, contextual, conversational, and reflective**.)". Je reprends ces éléments dans la deuxième partie.

Le modèle de Jonassen est résumé par le schéma suivant :

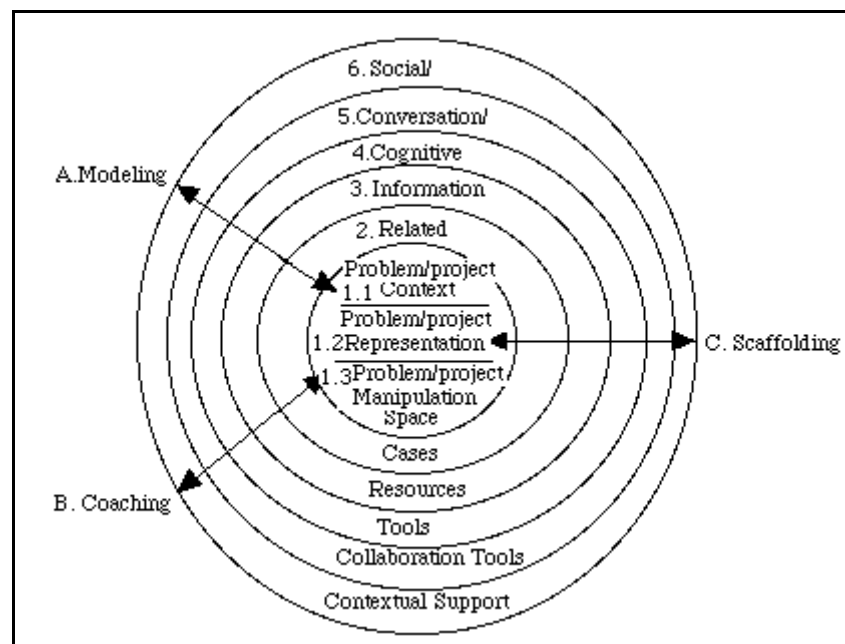


Figure 4 : Modèle pour le design d'environnements constructivistes. (Jonassen)

Selon Jonassen, les ingrédients d'un environnement favorisant un apprentissage "constructiviste" sont les suivants :

- **Un problème signifiant à résoudre** : tout environnement d'apprentissage est centré sur la résolution d'un problème. L'objectif de l'apprenant est de répondre à une question (ou un ensemble de questions) ou de réaliser une étude de cas. Les compétences et les connaissances sont construites par l'apprenant pour atteindre cet objectif. Ce problème doit avoir diverses caractéristiques : par exemple, il doit être intéressant pour l'apprenant et surtout l'apprenant doit pouvoir se l'approprier et en faire une "affaire personnelle" selon l'expression populaire.
- **Des études de cas et des ressources accessibles** : l'environnement fournit les ressources nécessaires pour comprendre le problème et trouver les éventuelles solutions. Des études de cas et des problèmes résolus sont mis à disposition de l'apprenant (*Related Cases*). Les ressources sont facilement accessibles : "*the environment should provide learner-selectable information just in time*".
- **Des outils cognitifs** : l'accent est mis sur les processus cognitifs. L'apprenant travaille avec des "outils cognitifs" qui lui permettent d'accomplir différentes tâches "intellectuelles" (cognitives) : des outils pour représenter ses connaissances du domaine, des outils de visualisation, de modélisation, des outils pour la recherche d'informations.
- **Des outils collaboratifs** : les interactions sociales sont favorisées et le travail collaboratif est assisté par des outils adaptés. Il faut permettre également la mise en place de communautés d'apprentissage. (*conversation/ collaboration tools*)
- **Infrastructure** : il est nécessaire de se donner les moyens matériels et sociaux pour que le scénario puisse être jouable dans de bonnes conditions (*Social/contextual support*).

Dans cet environnement les tâches d'enseignement sont les suivantes : "**modeling**", "**coaching**" et "**scaffolding**". Le "**modeling**" s'attache à la **performance de l'expert** : "*Modeling provides learners with an example of the desired performance; worked examples that include a description of how problems are solved*". Le "**coaching**" s'attache à la **performance de l'apprenant**. "*Coaching provide motivational prompts, monitor and regulate the learners' performance, provoke reflection, perturb learners' models.*" Enfin, le "**scaffolding**" concerne le **soutien** de l'apprenant dans sa gestion "globale" de la tâche à résoudre. "*Scaffolding (a more systemic approach to supporting the learner focusing on the task, environment, teacher, learner) – provides temporary frameworks to support learning and student performance (adjust task difficulty, restructure a task to supplant knowledge, provide alternative assessments).*"

Au trois tâches d'enseignement, Jonassen associe trois tâches d'apprentissage : "**exploration**", "**articulation**" et "**reflection**". Il décrit les activités de l'apprenant en terme de "tâche cognitive" ou encore de "stratégie d'apprentissage" : "*In most CLEs, learners need to **explore**; **articulate** what they know and have learned; **speculate** (conjecture, hypothesize, test); **manipulate** the environnement in order to construct and test their theories and models; and **reflect** on what they did, why it did or didn't work, and what they have learned from the activities.*"

3.3 Exemples de scénarios "problem-inquiry based learning"

3.3.1 Le projet Jasper

Le projet Jasper est développé par le groupe "Cognition and technology group" à Vanderbilt depuis les années 90. Ce groupe de recherche développe une approche pédagogique appelée "**Anchored instruction**".

Les scénarios pédagogiques décrits, intégrant l'usage des vidéos Jasper, rentrent parfaitement dans le modèle de Jonassen. Le moteur des tâches d'apprentissage est la résolution de problèmes. Ici, les problèmes sont présentés dans des vidéos pour ancrer le problème dans un contexte "signifiant", "authentique". Chaque film raconte une histoire puis met en scène un expert qui doit résoudre des problèmes dans son domaine. Les élèves peuvent voir comment l'expert utilise ses connaissances pour résoudre son problème. La vidéo se termine en posant un "challenge" aux personnages de la vidéo et aux élèves.

Par exemple, une histoire concerne l'architecture : l'histoire raconte la vie d'un quartier où les enfants n'ont pas d'espace réservé pour jouer. Après qu'un enfant ait été renversé par une voiture en jouant dans la rue, les parents se mobilisent pour construire un terrain de jeu. Le film montre aux élèves comment les architectes travaillent et les élèves doivent ensuite construire (concevoir) des plans pour la construction du terrain de jeu.

La vidéo contient les informations, les contraintes, les données nécessaires à la résolution des problèmes. Seul le problème "principal", "général" est explicité dans la vidéo. Les élèves participent ainsi à l'identification et à la formulation des sous-problèmes à résoudre.

Il existe des séries de vidéos Jasper sur les mathématiques (pour des enfants). Des études qualitatives ont été faites qui décrivent des expériences et les résultats d'apprentissage. C'est le cas de l'article "*An introduction to geometry through anchored instruction*" dans le livre "Designing learning environments for developing understanding of geometry and space" (Zech, Vye, Bransford & all, 1998).

Dans cet article, les auteurs font des recommandations sur les pratiques pédagogiques à mettre en œuvre. On note :

- **L'importance de la collaboration** : les auteurs affirment que les enfants aiment travailler en groupe et ont de meilleures performances. Ils peuvent confronter leurs représentations et se donner des feedbacks sur leurs constructions (les maquettes du terrain de jeu, par exemple). Il est également important qu'ils fassent une présentation devant les autres de leurs "travaux de recherche".
- L'importance de **l'enseignant** pour guider et aller au delà des fausses conceptions : les auteurs ont observé **la ténacité des conceptions initiales**. Le danger est de laisser un enfant mener son projet à terme sans avoir modifié ses conceptions initiales qui peuvent être fausses. L'enseignant doit être très présent pour contrôler, guider, stimuler la réflexion des élèves et le cheminement dans leur apprentissage. Les auteurs ont d'ailleurs conçu des outils supplémentaires (**cognitive tools**) pour la réflexion et la visualisation utiles pour faire évoluer les conceptions. (représentations variées des problèmes).
- Encourager l'élaboration de **projets personnels** : il faut permettre aux enfants d'exploiter leurs compétences, acquises pendant la résolution du "challenge Jasper", pour agir ensuite dans leur environnement proche et élaborer des projets personnels (Par exemple, mesurer la hauteur d'un arbre dans la cours de récréation de l'école ou faire les plans d'aménagement de la cours). Il semble que résoudre des problèmes dans un domaine (dans le contexte d'un "challenge Jasper") permet ensuite d'élaborer des projets personnels, relatifs à ce domaine, de grande qualité.

3.3.2 Les WebQuest

Présentation

Un WebQuest est une activité "inquiry based learning" intégrant l'usage d'Internet pour la récolte et la consultation de ressources nécessaires à la résolution d'une enquête. Le modèle a été développé en 1995 par Bernie Dodge (l'initiateur) et Tom March de l'Université de San Diego.

Le mot "modèle" est un peu fort, Dodge dit lui-même : "*There is no strict format for WebQuest design, and this flexible structure is one of its most appealing attributes*" (Dodge, 1995).

Un Webquest est présenté dans une page Web. Il comporte :

1. Une **introduction** qui pose le contexte et stimule les élèves. C'est le moment pour réactiver les connaissances des élèves (prior knowledge) et de les préparer à de nouveaux apprentissages. (Mise en situation)
2. Une **tâche** ou un **problème** à résoudre : le challenge adressé aux élèves est le cœur des WebQuest. *"The task is the single most important part of a WebQuest. It provides a goal and focus for student energies and it makes concrete the curricular intentions of the designer. A well designed task is doable and engaging, and elicits thinking in learners that goes beyond rote comprehension."* (Dodge). Dodge a proposé une taxonomie (une "**taskonomie**") des tâches possibles dans le contexte d'un WebQuest. (Dodge, 1999).
3. Un **description** claire de l'activité des élèves, du rôle de chacun (du **scénario** finalement).
4. Un ensemble de **sources d'informations** (en général des adresses de sites mais on peut y inclure toute autre source d'information...livres, vidéos...).
5. Des suggestions pour **l'évaluation** des travaux des élèves.
6. Une conclusion. (objectivation, réinvestissement)

L'ensemble des WebQuest créés forment une riche source d'idées d'activités et de "challenges". Dans sa "taskonomie", Dodge décrit douze types de tâches rencontrées dans les WebQuest :

- **Retelling Tasks** : faire un rapport sur les informations assimilées (faire un exposé). Pour que la tâche soit dans l'esprit d'un WebQuest, la tâche ne doit pas se résumer à des "copier-coller" : les élèves doivent prendre des décisions sur ce qu'ils rapportent et sur la façon dont ils l'organisent.
- **Compilation Tasks** : "compiler" des ressources dans un même format. Par exemple : création d'un livre de cuisine en ligne, création d'un bookmark sur un thème donné.
- **Mystery Tasks** : résoudre un mystère en rassemblant et comparant diverses sources d'informations. *"Design a mystery requires one to : absorb information from multiple sources; put information together by making inferences or generalizations across several information sources; eliminate false trails that might seem to be likely answers at first but which fall apart under closer examination."*

- **Journalistic Tasks** : se comporter comme des journalistes pour travailler sur un sujet spécifique. *"The task involves gathering facts and organizing them into an account within the usual genres of news and feature writing. In evaluating how they do, accuracy is important and creativity is not."*
- **Design Tasks** : se comporter comme des designers. *"A WebQuest design task requires learners to create a product or plan of action that accomplishes a pre-determined goal and works within specified constraints."*
- **Creative Product Tasks** : Faire des recherches sur un style artistique dans un domaine donné et faire une production artistique qui respecte ce style. *"Like engineers and designers, creative artists work within the constraints of their particular genre. Creative WebQuest tasks lead to the production of something within a given format (e.g. painting, play, skit, poster, game, simulated diary or song) but they are much more open-ended and unpredictable than design tasks. The evaluation criteria for these tasks would emphasize **creativity** and **self-expression**, as well as criteria specific to the chosen genre."*
- **Consensus Building Tasks** : faire des recherches sur des opinions divergentes autour d' un thème donné.
- **Persuasion Tasks** : argumenter. *"A persuasion task goes beyond a simple retelling by requiring students to develop **a convincing case** that is based on what they've learned. Persuasion tasks might include presenting at a mock city council hearing or a trial, writing a letter, editorial or press release, or producing a poster or videotaped ad designed to sway opinions."*
- **Self-Knowledge Tasks** : des enquêtes pour mieux se connaître. Par exemple, un WebQuest **"What Will I Be When I Get Big?"** amène les élèves à formuler leurs objectifs, à développer un plan de carrière à travers l'exploration de ressources adéquates.
- **Analytical Tasks** : aborder l'information de façon analytique. Comparer en dégagant les ressemblances et les différences, dégager des variables, expliquer.
- **Judgment Tasks** : évaluer, mettre en place des critères d'évaluation. *"Judgment tasks present a number of items to the learner and ask them to rank or rate them, or to make an informed decision among a limited number of choices."*
- **Scientific Tasks** : faire une recherche scientifique. Traiter scientifiquement des données.

Exemples de WebQuest en mathématiques

- Un enquête pour les 9-12 ans sur le thème des maths et de l'art : activité de design (création d'un cours pour la classe) et également "Retelling Tasks"/ Compilation task". <http://u2.lvcm.com/esullivan/webquest.html>

MATHART, Connecting geometry and art.
<p style="text-align: center;">Introduction :</p> <p>I must go out of town for the last two weeks of the semester. You are going to be the teacher! Research, design and then teach a lesson to help review for the semester exam. Think about what you've learned about basic geometric figures, congruence, similarity, polygons, and transformations. It's time to get creative with math - integrate it with art. Make your lesson fun, relevant and/or unusual. Devise a lesson for your classmates to create works of art. You will be making new connections between math and art utilizing a hands on approach. Choose one of the following topics : cartography, technical drawing, tessellations, fractals, tangrams, the golden rectangle, wycinanki, or origami. "</p> <p>"Your task is to design and present a lesson that integrates art and geometry. Research material from a variety of online web resources. Utilize these as a starting point to expand on previously learned geometric concepts. Include the historical background and significance of the art form. Plan for a hands on, creative art project that demonstrates the art form. Instruct the class to complete the project.</p> <p style="text-align: center;">Your presentation must include:</p> <p>Research on the history of this topic : What mathematician and/or artist has used this type of mathematics and in what way?</p> <p>A summary of how this topic relates to the units studied this semester. What mathematical skills do you need to understand the art?</p> <p>A lesson plan for the class that uses the topic. What new geometry or art skills are being employed or applied? "</p>

- Pour les 9-12 ans sur l'évaluation de jeux vidéo éducatifs en mathématiques (Judgment Tasks). <http://students.itec.sfsu.edu/itec815/loosli/studentpage.html>

Evaluating Math Games

Introduction :

Shall we play a game? A math game, that is. **We are going to explore the vast world of games (educational) on the net.** In fact, there is so much fun out there that we need to be a little selective.

Your group will be playing "educational" math games and deciding which ones are worth recommending and which ones are just junk. Now, of course, people have different opinions on what makes a game "fun" or "boring" or "educational" or "worthwhile" so you will be evaluating the games from several perspectives. One of you will take the roll of teacher, looking for the math content, difficulty level, and appropriateness of the game. Another will take the roll of parent concerned with the general educational content and challenging "why not just use a book?" The final role is of a student concentrating primarily on the graphics and actual enjoyment of the game. After playing around a bit you will compile your observations and make a recommendation.

3.3.3 Mars Exploration

Le scénario "Mars Exploration" exploite les possibilités de Internet pour mettre les élèves en contact avec des "vrais" scientifiques. Il fait partie des scénarios "Inquiry-based learning" parce que l'apprentissage est centré autour d'enquêtes. Dans le cas des scénarios pour l'apprentissage des sciences (expérimentales), on peut traduire "inquiry" par "recherche" : l'objectif est que les élèves apprennent la science en la pratiquant dans un contexte authentique. Ils doivent se comporter comme des chercheurs scientifiques. "*Students need to participate in the process and thrill of scientific discovery, **they need to learn science by doing science.***"

Les élèves travaillent en partenariat avec des scientifiques de la Nasa qui font partie du projet "The Mars Exploration program".

Le sujet d'étude est motivant puisqu'il s'agit de la planète Mars et de la recherche de la vie sur cette planète. Les scientifiques recherchent des preuves d'une vie passée ou actuelle sur Mars, ils essayent de trouver des traces d'eau et de retracer l'histoire climatique et météorologique de Mars. Ils cherchent également à recenser les ressources de la planète pour une exploitation dans de futures missions.

Le projet pédagogique se fait en deux temps : d'abord, les élèves travaillent sur des modules autour de Mars, de l'Astronomie, l'analyse d'images scientifiques et les techniques d'exploration des planètes. L'approche est déjà constructiviste (*hands-on approach*) : exploration et analyse de données et d'images récoltées dans des missions précédentes. Ensuite, le partenariat avec les scientifiques de la Nasa commence. Les élèves travaillent pour la future mission de l'unité de recherche.

Voici des exemples d'activités où le travail des élèves peut être utile pour les chercheurs :

- Les élèves analysent les photos prises par la caméra "en orbite" : ils fournissent aux chercheurs un premier tri de ces photos ("*an early warning system*").
- Ils peuvent "vulgariser" certains textes scientifiques, décrire pour le grand public des photos intéressantes de Mars, faire des annonces de résultats (sous contrôle). Les scientifiques y gagnent le fait d'être plus connus du grand public, et plus soutenus, et les étudiants acquièrent des connaissances (selon le principe du learning by teaching) et des compétences communicationnelles.

- Les élèves font partie d'équipe regroupant des chercheurs et des enseignants dont l'objectif est de faire des recommandations sur le façon dont pourront être menées les futures recherches de la Nasa en collaboration avec les étudiants. Les chercheurs sont en contact avec des idées "neuves" et les étudiants sont en contact avec des chercheurs très connus dans leur domaine.

Les **technologies** sont prépondérantes dans ce genre de projet :

- Les **robots** envoyés sur Mars sont construits à partir des technologies les plus pointues.
- Les **photos et les données** sont transmises en **temps réel** sur Internet. L'accès par Internet à des données authentiques est très important pour permettre à un projet comme Mars Exploration d'exister.
- Des **outils de visualisation** pour l'analyse d'images sont utilisés. Les élèves peuvent tester ces outils et fournir des indications sur leur ergonomie.
- Des **outils pour la collaboration** : le mail, le téléphone et Internet.

Ainsi, dans ce projet, les **ingrédients** sont :

- **Inquiry based learning** : les élèves formulent des questions et trouvent les réponses en analysant des données.
- **Engagement dans une science "authentique" (real science)** : les élèves explorent des questions à la pointe des recherches du moment et travaillent comme des "petits scientifiques".
- **Usage des technologies** : pour l'accès aux images et aux données en temps réel et pour la communication entre étudiants et étudiants, et, étudiants et scientifiques.
- **Apprentissages transdisciplinaires** : les recherches demandent des connaissances en astronomie, en géologie, en météorologie, en biologie, en hydrologie...

4. Les scénarios "socio-constructivistes"

"Knowledge is commonly socially constructed, through collaborative efforts toward shared objectives or by dialogues and challenges brought about by differences in persons' perspectives." Roy Pea (citation prise sur le portail Tecfaseed)

Je présente dans cette partie différentes approches centrées autour de cette réalité **sociale, collaborative** de l'apprentissage...

Les autres approches présentées prennent en compte la dimension sociale de l'apprentissage, mais, peut-être de façon moins affirmée que les approches **socio-constructivistes** qui donnent une place importante, voire centrale, à l'aspect collaboratif.

La démarche de recherche de Edelson, Pea et Gomez peut résumer le "passage" des environnements constructivistes aux environnements socio-constructivistes : *"Great attention has been paid recently to the capabilities of computers to provide environments in which active learners can construct their own understanding through open-ended interaction. Yet discussion of constructivist learning environments has commonly focused on the learner as an individual, learning in isolation from other learners."*[...] *"In our research, we start with a constructivist belief in the importance of an active learner interacting with a variety of resources, developing his or her own understanding through a mixture of experimentation, experience, and expert guidance. However, **we supplement this constructivist outlook with a sociocultural commitment to the importance of communication and collaboration with other learners throughout the knowledge construction process.**"* (Edelson, Pea et Gomez, 1995).

Je présente dans cette partie l'approche socio-constructiviste générale de TecfaSeed ("Modern construction-based-teaching"), puis brièvement l'approche socio-constructiviste des constructionnistes ("Distributed Constructionism"), et je finis en présentant des approches que je regroupe sous l'expression "Collaborative Discovery Learning", en présentant en particuliers le projet CoVis.

4.1 L'approche Tecfaseed

TecfaSeed fait partie du projet Seed dont l'objectif est le suivant : *"To design **innovative activities** supporting a **social mode of learning** in a **collaborative setting**, an **augmented awareness of learning processes** and **meaning construction** and **autonomy and responsibility** for learning"*

4.1.1 Approches

Généralités

Daniel Schneider (2003) définit de cette façon l'approche socio-constructiviste de Tecfaseed : *"We define "socio-constructivist learning" in a **very broad sense**. First of all as an understanding of learning that stresses the importance of **knowledge construction** based on **previous knowledge** and interaction with the **social environment**, e.g. theories that have grown out of constructionism (Piaget) and socio-culturalism (Vygotsky). Second as **a set of pedagogies that use strategies like project, problem, case-based learning and/or working within authentic contexts**. We can therefore call these new pedagogies "**construction-based**" **teaching**, since both internal meaning and artefacts are to be constructed."*

On peut remarquer que cette approche n'est pas uniquement caractérisée par le focus sur l'aspect social de l'apprentissage et que c'est une approche plus globale et intégratrice.

L'objectif est de fournir des stratégies de design pédagogique (Workflow, project-based learning, rôle de l'enseignant...) et de proposer l'usage d'outils "Internet" pour soutenir les scénarios pédagogiques socio-constructivistes envisagés : *"**Open-ended, creative and active pedagogies** can get support from almost any **Internet technology**, as long as students can also be **producers** (not just readers and exercise but-ton pushers). Besides traditional tools like HTML pages and forums, there exist quite a number of interesting tools nowadays like **participatory content management systems**, collaborative hypertexts in various forms, e.g. **Wikis**."* (Schneider, 2003)

Modèles de scénarios

Le modèle du workflow est le suivant : "Nous définissons un scénario pédagogique comme **une séquence de phases** dans lesquelles les apprenants ont **des tâches à effectuer** et **des rôles spécifiques** à jouer. L'archétype d'un scénario comprend plusieurs boucles composées d'éléments "**faire - déposer - regarder - discuter**" (dans cet ordre ou dans un autre). Des ressources et des outils associés servent notamment à produire des nouvelles ressources qui rentrent à leur tour dans le système."

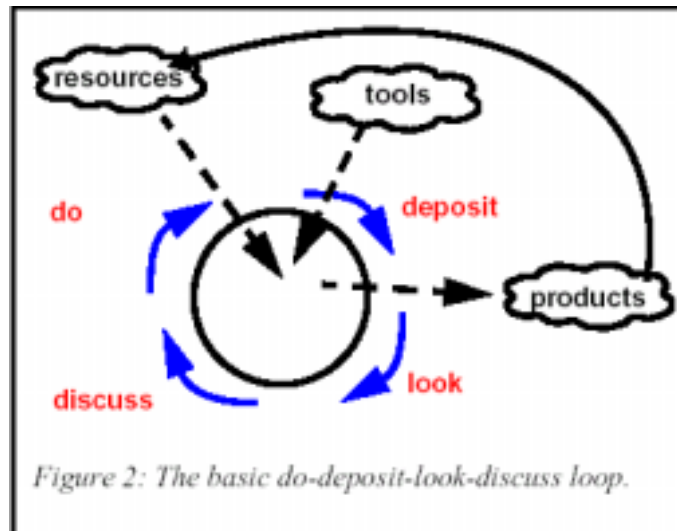


Figure 5 : Modèle du Workflow.

L'enseignant joue un rôle de **manager** (il veille à la productivité des activités en terme de production concrète, en terme d'apprentissage, de pensées réflexives, de qualité des échanges), un rôle de **facilitateur** (il aide les élèves dans la réalisation de leur tâche) et un rôle d'**orchestreur** (il fait jouer la partition-le scénario- avec une part d'improvisation...impro jazz ☺).

Schneider propose trois niveaux d'implémentation des pédagogies socio-constructivistes : "Active, collaborative, and construction-based pedagogies can be implemented at three levels: (1) **the micro-level**, i.e. smaller pedagogical scenarios or projects which can be components for larger projects, (2) **long term projects**, i.e. project-based classes and (3) **the general study environment** favoring student initiative and community building. While micro activities (lasting only over a single or a few lessons) can not reach the same goals as true project-based teaching can, they can nicely complement traditional instruction and are often the only realistic alternative in today's organization of the school and university system. "

Les **portails** permettent en particuliers d'envisager des activités pour les trois niveaux d'implémentation : activités ponctuelles et **C3MS brick** ("We use the term "C3MS brick" for a component that takes care of a specific task, can be easily separated from others, can be configured and administered, can be combined and orchestrated with others and all this through the main portal"), gestion de projets, gestion d'une communauté...

En complément de la notion de *Workflow*, on peut présenter la définition d'un *Script* proposée par Dillenbourg (2003).

"Un script est une séquence de phases :

- A chaque phase, les étudiants ont une **tâche** précise à faire :
 - délimitée par une échéance
 - un produit à rendre (upload)
- Spécification de **rôles** :
 - similaires, complémentaires (JIGSAW), hiérarchiques...
 - fixes ou en rotation
- Diverses formes de **groupement** :
 - solo, groupe, collectif
 - homogènes ou conflictuels"

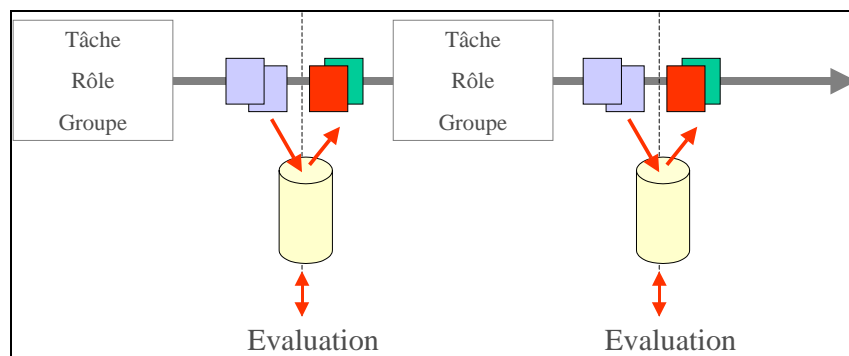


Figure 6 : C3MS Script.

Aspects collaboratifs

Trois degrés de collaboration sont définis :

1. In "**Collaborative work**" partners work together on the same task, either synchronously or in frequent asynchronous interaction.
2. In "**Cooperative work**" partners split the work, solve sub-tasks individually and then assemble the partial results into the final output.

3. In **“Collective work”** each works alone on his task, but shares results and problems with the others, and therefore shares inspiration, exchanges help and so forth.

Le design de tâches collaboratives est complexe (*"Situations are difficult to achieve where peers are more or less at the same level, can perform the same actions, have a common goal and work together"* (Dillenbourg, 1999). La mise en place d'un travail coopératif est intéressant s'il permet de motiver le travail individuel (*"benefit is only interesting if the global task - i.e. building a common artefact like a encyclopedia about certain topic or physical object like a solar vehicle - stimulates individual work"*). L'aspect collectif peut être généré par la mise en place d' une communauté d'apprentissage et instaure une "ambiance sociale" stimulante. *“Collective work” can be added on top of each other strategy in order to boost individual (cooperative) or group (collaborative) performance."*

On peut dire que la mise en place d'un *travail collectif* fait partie du design du *general study environment* cité plus haut. Celui-ci correspond à la mise en place d'une communauté d'apprentissage.

Une communauté peut se définir de cette façon : *"We can define communities as networks, made up of individuals as well as public and private institutions. They share a **certain amount of practices, common goals and common language.** They do have a **social organization** including formal or informal hierarchies and some idea of **“social service”** (members helping each over)." (Schneider, 2003)*

La classe est considérée comme une communauté d'apprenants, "supportée", "augmentée" par les technologies (portails communautaires, ici). *"In our case, the core of a learning community is the class and such communities can **quite easily be enhanced to with the help of collaboration and information systems** because social interactions **can be mirrored and reified** (there are traces left that can be inspected) and students also can meet synchronously or asynchronously when they are not in class. In addition to support **the class-as-community**, we suggest to open portals to **the outside world** and to let profit other classes from the resources and work produce, to show other teacher's how "you did it".(Schneider, 2003)*

4.1.2 Exemples de scénarios

Exemples d'activités à un niveau micro... :

Les élèves peuvent créer et alimenter une FAQ sur un thème donné dans le portail de leur communauté.

Dillenbourg (Dillenbourg, Synteta et Schneider, 2002) propose différents modèles de *scripts* où l'apprentissage est collaboratif et supporté par les technologies ("A framework for authoring CSCL scenarios").

Un scénario plus long intégrant l'usage d'un Wiki

Schneider (2003) présente un scénario mis en place par François Lombard en biologie. Je présente les grandes lignes dans le tableau ci-dessous et montre qu'il peut être facilement retranscrit en mathématiques sur une notion mathématique à étudier..(en oubliant les difficultés dues à l'usage des symboles et figures mathématiques)

Scénario en Biologie	Scénario pour une notion mathématique
1. Observations sur le terrain ou au laboratoire, enregistrement des questions qui apparaissent	1. Observation d'un phénomène géométrique dans un environnement de géométrie dynamique ou problème ouvert posé par l'enseignant.et enregistrement des questions qui apparaissent
2. Recherches dans les livres / internet ou observations supplémentaires pour trouver des réponses	2. Recherches dans les livres / internet ou observations supplémentaires pour trouver des réponses
3. Rédaction d'un document de synthèse et exposé au groupe entier.	3. Rédaction d'un document de synthèse et exposé au groupe entier.

Tableau 1 : Scénarios intégrant l'usage d'un wiki en biologie ou en mathématiques.

C'est un scénario d'inspiration socio-constructiviste qui ne cherche pas à rentrer dans l'aspect cognitif des activités collaboratives mais qui met en place un environnement propice aux interactions, aux pratiques de formulations : il organise l'apprentissage pour qu'il soit social et collaboratif, ouvert, productif, actif.

Exemple de projet sur du long terme

Le portail est un support pour des projets sur des temps assez longs : un outil de gestion pour la classe et l'enseignant qui est en plus l'occasion de nombreuses activités collaboratives

Le projet Pangea est un exemple de projet sur une longue période. (<http://tecfa.unige.ch/proj/pangea/science/presentation.html>)

4.2 Distributed Constructionism

Chez les constructionistes, Resnick propose le modèle du "**Distributed Constructionism**" (Resnick, 1996).

Le "distributed constructionism" est un prolongement du constructionisme et s'intéresse aux communautés de apprenants-constructeurs...Ce modèle s'appuie sur les recherches de la "cognition distribuée" (Salomon, 1994). Un moyen particulièrement efficace de former des communautés, et de les faire grandir, est d'asseoir leur existence autour d'activités de design et de construction d'objets "chargés de sens" (meaningfull artefacts). *"When some people look at the Internet, they see it as a new way to deliver instruction. When other people look at it, they see a huge database for student to explore. When I look at the Internet, I see a new medium for construction, a new opportunity for students to **discuss, share and collaborate** on constructions."* (Resnick). Ou encore : "learners will build understandings throught **the collaborative construction of an artefact or shareable product.**" (Papert)

Des projets comme LogoWEb, Cocoa et NetWork Clubhouse sont fondés sur ces principes. Le micromonde AquaMoose que j'ai présenté plus haut inclut un chat et permet d'avoir conscience de la présence des autres grâce aux avatars personnalisés. Permettre la programmation de l'environnement par les élèves pour la création de jeux doit faciliter la création d'une communauté autour d'Aquamoose. (*"In our current design, we attempt to create a community of learners by allowing students to create mathematical challenges for one another and share them in a built-in BBS-like interface".*)

4.3 Collaborative Discovery Learning

4.3.1 Approches

Cette approche n'est pas spécifique de l'apprentissage des sciences mais des **domaines complexes**. En particuliers, un courant de recherche s'est développé autour de l'apprentissage des **systèmes dynamiques**. Milrad, Spector et Davidsen (nd) développent des modèles d'environnements d'apprentissage, où les élèves résolvent des problèmes complexes dans des domaines riches, "ill-defined"...C'est une approche qui va plus loin que le "problem-based learning" parce qu'elle intègre des outils puissants (des technologies riches)-des **mindtools** comme les simulations-, parce que les apprenants à la fois **utilisent et construisent** des modèles et des simulations, et parce que l'apprentissage **collaboratif** est au centre. D'où le terme de "**collaborative mindtools**" ou de "**collaborative computational object**".

*"Milrad, Spector and Davidsen (in press) suggest that **learning by modeling and learning with models** should be combined for the design of **meaningful learning activities to support complex learning**. From a design perspective, interactive learning environments can be designed to provide learners with **symbolic elements** that allows them to develop **a common background** within their discourse. These symbols become something specific they talk about. Furthermore, activities in these learning environments can engage learners in processes that **involve authentic scientific investigation, such as inferring, making predictions, observations, assessing and explanations that give a solid background that support their communication.**" (Milrad, 2002)*

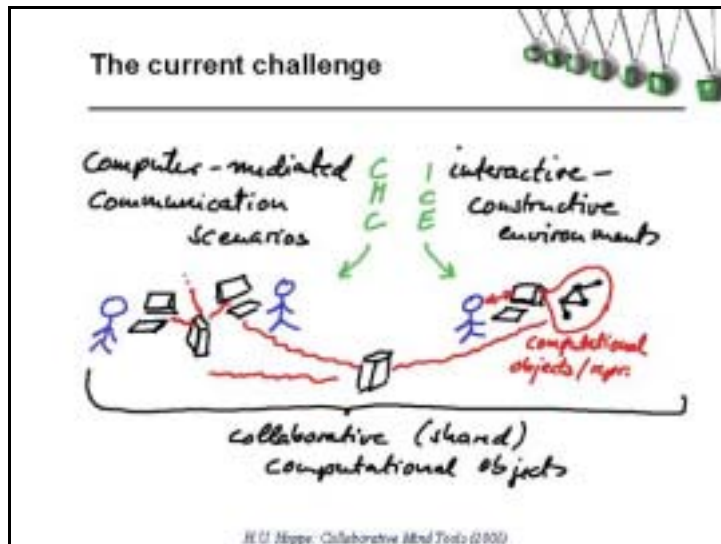


Figure 7 : Schéma⁷ illustrant le "challenge" actuel d'associer "CME" et "ICE".

Le schéma ci-dessus, présenté par Hoppe, résume l'objectif d'intégrer dans un même environnement d'apprentissage les approches "Computer-mediated Communication Scenario" (ou CSCL, je suppose) et les approches "Interactive constructive environments" (proches de l'esprit des lego logo).

"**Model Facilitated Learning**" est un modèle pédagogique socio-constructiviste "socially-situated learning experiences threads throughout elaborated learning sequences". (Milrad, Spector and Davidsen) et "**Collaborative Discovery Learning**" concerne spécifiquement la modélisation : "Here the notion of socially-situated learning experiences extends to the idea of **collaborative modeling**". Je ne détaille pas ce modèle développé par Milrad, Spector and Davidsen (voir article Model Facilitated Learning, draft version). L'image suivante illustre le type d'activités caractéristiques de leurs environnements d'apprentissage : "This figure shows results obtained at different learning stages while learning by modeling and with models in the particular domain of water quality."

⁷ http://www.collide.info/Projects/seed/lcce2001_presentation/sld008.htm

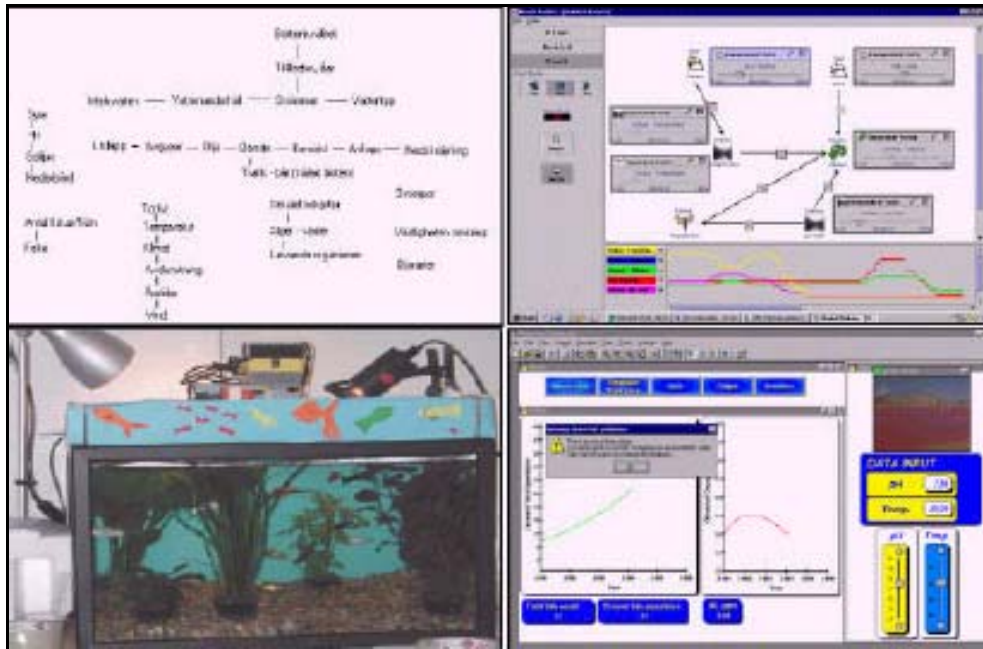


Figure 8"From a concept map to a system dynamic simulation through modeling and construction."

4.3.2 Exemples de scénarios

Un exemple en mathématiques...

Dans le projet Seed, des scénarios ont été implémentés pour l'apprentissage des probabilités : ils intègrent l'usage de **Cool Modes**. "*Cool Modes, COllaborative Open Learning and MODEling System, is a collaborative tool framework designed to support discussions and cooperative modeling processes.*"

Un exemple de projet en sciences : CoLDEx (<http://www.coldex.info/>)

*"CoLDEx aims at developing and using new IT approaches and computational tools to foster **scientific experimentation, modelling and simulation in distributed collaborative settings in an inter-cultural (European-Latin American) community of learners.** Our efforts will result in the creation of innovative pedagogical scenarios. A common denominator for the learning domain is the study of **visual and other perceptual phenomena**, including astronomical and seismic measurements, from both a scientific and a subjective experiential perspective. The project will start with **local learning communities** sharing a rich **everyday context**. The target groups will range from higher secondary education to academic beginners. **Computer-mediated collaboration tools will contribute to forming integrated synchronous/asynchronous access to a "group memory" on different levels.**"*

CoVis

*"**The Learning Through Collaborative Visualization (CoVis) Project** is thousands of students, over a hundred teachers, and dozens of researchers and scientists working to improve science education in middle and high schools. They do this by approaching the learning of science more like the **doing of science**, and by employing a broad range of communication and collaboration technologies." (Edelson, 1997)*

Dans le projet CoVis, on vise l'authenticité des pratiques scientifiques. Il faut s'intéresser aux outils et techniques mais aussi aux attitudes d'un chercheur et à la collaboration scientifique (interaction sociale). Il faut donc adapter des outils professionnels (pour la récolte des données en météo, par exemple) *ET* fournir des outils pour la collaboration et la mise en place d'une communauté de pratique.

La collaboration et la mise en place de communautés sont centrales parce que dans les pratiques scientifiques en général, la communication, la collaboration, les échanges sont prépondérants. Elles répondent à un besoin d'authenticité. "**L'authenticité est au cœur des besoins de l'innovation pédagogique.**" (Edelson, 1997)

David Edelson affirme que les théories actuelles plebiscitent le fait que les activités d'apprentissage authentiques sont la clé pour le développement de connaissances qui serviront au delà des salles de classe. *"Current theories hold that authentic learning activities are the key to developing understanding that will serve learners beyond the classroom."* Ceci est justifié avec des théories comme la théorie de **l'apprentissage situé**. Les contextes d'apprentissage doivent être les contextes dans lesquels les connaissances et les compétences à acquérir seront utiles.

Ceci implique une recherche "épistémologique" pour définir ce qu'est l'authenticité des pratiques scientifiques, pour définir ce qui caractérise l'attitude d'un chercheur.

La stratégie pédagogique des scénarios CoVis est "project-based", "project-enhanced", "problem-based". *"Their curriculum structures typically take the form of activities that are oriented **around one or a cluster of open-ended questions.**"*

On peut noter un principe intéressant, qui est suivi également dans le projet CoLDEx : *"Two important themes in the curriculum activities of current projects are: 1) a focus on local phenomena and 2) activities conducted in multi-school communities."* (Edelson, 1997). Les élèves travaillent dans des contextes locaux (étude de la météo locale, par exemple) puis s'ouvrent "à l'extérieur" en échangeant avec des élèves d'autres régions ou pays.

5. Les scénarios des didacticiens

La didactique des sciences et des mathématiques fournit des éléments pour la conception d'activités constructivistes. Il ne s'agit plus ici d'approches "techno-pédagogiques" mais d'approches "techno-didactiques", s'il s'agit de regarder l'usage des technologies proposées par les didacticiens. Je présente l'approche des didacticiens français.

5.1 Ce qu'est la didactique

Johsua et Dupin (1993) proposent la définition suivante de la didactique : "*La didactique d'une discipline est la science qui étudie, pour un domaine particulier, les phénomènes d'enseignement, les conditions de la transmission de la "culture" propre à une institution et les **conditions de l'acquisition de connaissances par un apprenant**. Le point d'entrée dans cette problématique, c'est la réflexion sur les savoirs*" (p2 livre Johsua, Dupin).

Ainsi, l'intérêt "naturel" de la didactique est l'étude des connaissances construites par les élèves (études des conceptions). Elle prête particulièrement attention au "sens" du contenu à transmettre : quelles sont les conditions qui permettront aux apprenants de construire les "bonnes connaissances", celles proches du sens "épistémologique"?

"*Dans l'étude des processus d'acquisition, le didacticien a un point de vue **centré sur les contenus des connaissances** et sur les contextes dans lesquels elles sont transmises. L'objet d'étude de la didactique se confond donc en partie avec celui de **l'épistémologie** dans la mesure où le didacticien s'intéresse en premier lieu aux rapports qu'entretient un individu ou une communauté et la transmission des savoirs savants (Balacheff, 1994). Cette approche revient à approfondir la question du **sens** qu'une connaissance a pour un sujet, la question de son origine et de son évolution au cours de l'histoire individuelle ou collective. La méthode de référence des didacticiens est donc basée, d'une part, sur **l'analyse historico-critique des connaissances construites** et, d'autre part, sur **l'observation des sujets apprenants et des situations explicitement dédiées à la transmission des connaissances**.*" (Mendelshon, Jermann, 1991)

5.2 Didactique et situations constructivistes

L'objectif premier de la didactique des mathématiques n'est pas de fournir des méthodes d'enseignement et d'apprentissage. Mais puisqu'elle questionne l'enseignement des sciences et des mathématiques et les conditions de leur apprentissage, elle donne des éléments (des fondements théoriques) pour la mise en place de scénarios d'enseignement/apprentissage en mathématiques.

D'autre part, parce que les travaux actuels des didacticiens se nourrissent des théories de l'apprentissage constructiviste, on peut s'attendre à trouver des éléments pour la conception (ou au moins l'analyse à priori) d'environnement d'apprentissage constructiviste en mathématiques.

La didactique des sciences et des mathématiques, fondée sur les perspectives constructivistes, s'est centrée sur le **changement de conception** et le **dépassement d'obstacles** : *"Les références constructivistes du point de vue des mécanismes d'apprentissage, comme les références épistémologiques correspondantes, conduisent à présenter le travail d'élaboration scientifique comme le franchissement d'obstacles. L'option constructiviste en didactique consiste à étendre cette référence aux conditions de classe. Le travail de l'élève devrait, au moins en partie, **reproduire des caractéristiques constitutives du travail scientifique** proprement dit, comme garant d'une **construction effective de connaissances pertinentes**".* (p260 livre Johsua, Dupin).

Pour donner à l'élève l'occasion de pratiquer de façon authentique la science, le travail des didacticiens est de construire des situations artificielles pertinentes : *"Le travail de la didactique consiste à construire des situations artificielles, dans le cadre de contraintes didactiques bien définies."* (p260 livre Johsua, Dupin)

La préoccupation fondamentale est la question du *sens*. Mais le sens ne peut s'enseigner "directement". La théorie des situations didactiques de Guy Brousseau aborde le problème de la construction du sens initial avec la notion de **situation fondamentale**. Je vais présenter des éléments de cette théorie qui est une approche systémique des questions didactiques.

Guy Brousseau (1986) propose la définition suivante d'une "situation fondamentale" :
*"C'est un schéma de situation capable d'engendrer par le jeu des variables didactiques qui la déterminent, **l'ensemble des situations correspondant à un savoir déterminé**. Une telle situation, lorsqu'on peut l'identifier, offre des possibilités d'enseignement mais surtout **une représentation du savoir par les problèmes où il intervient permettant de restituer le sens du savoir à enseigner.**"*

Une définition en appelle une autre...: *"Les conditions d'une des utilisations particulières d'une connaissance mathématique sont considérées comme formant un système appelé « situation »."*

Ainsi, "la situation fondamentale" d'un savoir nous donne les clés pour la construction d'un ensemble de **problèmes** qui ne peuvent se résoudre qu'avec ce savoir. Ces problèmes sont à la base des **"situations didactiques"** construites par les didacticiens : *"La conception moderne de l'enseignement demande au maître de provoquer chez l'élève les adaptations souhaitées, par un choix judicieux, des "problèmes" qu'il lui propose."* (Brousseau)

La théorie des situations didactiques est un exemple de la façon dont la didactique des mathématiques peut aider ou éclairer la conception d'activités constructivistes en mathématiques : *"La recherche et l'invention des **situations caractéristiques** des diverses connaissances mathématiques enseignées dans la scolarité, l'étude et la classification de leurs **variantes**, la détermination de **leurs effets sur les conceptions des élèves**, la segmentation des notions et leur organisation en processus d'apprentissages longs, constituent la matière de la didactique des mathématiques et le terrain auquel la théorie des situations fournit des concepts et des méthodes d'étude."* (Brousseau)

Dans la recherche d'une situation fondamentale, on se pose les questions suivantes : *"Quelle doit-être l'activité du sujet élève ou étudiant au moment de l'introduction extraordinaire à une forme de pensée nouvelle ?" Quelles conséquences nos choix initiaux de mathématiciens et de professeurs peuvent-ils avoir sur la suite ? En quoi ces choix initiaux peuvent-ils avoir une incidence sur la compréhension "finale" de l'élève ?"* (Legrand, 1997).

Le travail des didacticiens est donc de chercher et de créer les "situations caractéristiques" de connaissances mathématiques. Pour aller plus loin, voici la modélisation d'une situation par Guy Brousseau :

"Une situation modélise les relations et les interactions d'un ou plusieurs actants avec un milieu (un environnement). Le modèle comprend une représentation :

- *des états du milieu, et des changements que les actants peuvent lui faire subir,*
- *l'enjeu de l'action, généralement un état final du milieu et l'intérêt qui lui est attaché par l'actant,*
- *et l'inventaire des choix permis par des règles.*

Une connaissance est pertinente dans cette situation si elle est le moyen de mettre en œuvre une stratégie ou une tactique dans le cadre des choix permis à chaque instant. Parmi les connaissances pertinentes - elles déterminent des choix -, certaines sont adéquates : elles permettent d'obtenir l'état final souhaité, et parmi celles-ci, certaines sont plus efficaces, plus fiables ou plus économiques que d'autres."

Il propose une typologie des différentes situations :

- **Les situations d'action** : l'élève prend des décisions, produit, agit sur l'environnement sans expliciter les raisons de son action.
- **Les situations de formulation** : l'élève explicite les raisons de ses actions et communique. *"Le savoir a une fonction de justification des actions et de contrôle"*.
- **Les situations de validation** : la communauté des élèves s'attache à démontrer, à prouver. *"Le savoir a pour fonction d'établir ces preuves, de les contester ou de les rejeter"*.
- **Les situations d'institutionnalisation** : l'enseignant et les élèves reconnaissent les connaissances "construites" comme les connaissances d'une "institution", l'institution mathématique. Ils pourront désormais utiliser ces connaissances pour d'autres situations didactiques sans avoir à les justifier. Elles font partie des connaissances communes et "officielles". Exemple : la résolution d'un problème, si elle déclarée typique peut devenir une méthode ou un théorème. Avant l'institutionnalisation, l'élève ne peut pas se référer à ce problème qu'il sait résoudre : devant un problème semblable, il doit produire à nouveau la démonstration. Au contraire après l'institutionnalisation, il peut utiliser le théorème sans en redonner la démonstration ou la méthode sans la justifier.

Sur cette base, un "scénario typique" fondé sur la théorie des situations s'élabore entre les deux temps suivants :

- **Un temps de dévolution**⁸: " *La dévolution consiste pour l'enseignant, non seulement, à proposer à l'élève une situation qui doit susciter chez lui une activité non convenue, mais aussi à faire en sorte qu'il se sente responsable de l'obtention du résultat proposé, et qu'il accepte l'idée que la solution ne dépend que de l'exercice des connaissances qu'il possède déjà.*" Dans cette phase, il s'agit de convertir un savoir à enseigner en une connaissance chez l'élève, *personnalisée, contextualisée et temporalisée.*
- **Un temps d'institutionnalisation** : Dans toute situation didactique, il faut conclure par des phases d'institutionnalisation définies ci-dessus. Dans cette phase, il s'agit de convertir une connaissance chez l'élève en un savoir *dépersonnalisé, décontextualisé et détemporalisé.*

⁸ Dans une situation didactique, l'enseignant doit mettre en place une situation "adidactique" : l'élève agit et "utilise" ses connaissances comme si la situation était non didactique, quand le savoir s'élabore "comme un moyen économique d'action".

Au cœur de la création de situations didactique, on trouve la volonté de dépasser des **obstacles**. On peut distinguer trois types d'obstacles :

- **Les obstacles d'origine ontogénique** sont ceux qui surviennent du fait des limitations (neurophysiologiques entre autres) du sujet à un moment de son développement: il développe des connaissances appropriées à ses moyens et à ses buts à cet âge là.
- **Les obstacles d'origine didactique** sont ceux qui semblent ne dépendre que d'un choix ou d'un projet du système éducatif. Par exemple, la présentation actuelle des décimaux au niveau élémentaire est le résultat d'une longue évolution dans le cadre d'un choix didactique fait par les encyclopédistes puis par la Convention: compte tenu de leur utilité, les décimaux allaient être enseignés à tout le monde le plus tôt possible, associés à un système de mesure, et en se référant aux techniques d'opération dans les entiers. Ainsi, aujourd'hui, les décimaux sont, pour les élèves, "des entiers naturels avec un changement d'unité", donc des "naturels" (avec une virgule) et des mesures.
- **Les obstacles d'origine épistémologique** sont ceux auxquels on ne peut, ni ne doit échapper, du fait même de leur rôle constitutif dans la connaissance visée. On peut les retrouver dans l'histoire des concepts eux-mêmes. "

En résumé, si on désire "s'inspirer" de la théorie des situations didactique pour la conception d'un scénario d'apprentissage des mathématiques, il faut se centrer sur un thème mathématique "porteur" et construire un environnement où l'apprenant pourra "dépasser" des obstacles épistémologiques. Il faut concevoir des problèmes et mettre en place un milieu "adidactique", il faut varier les situations (d'action, de formulation, de validation) et toujours "fixer" par une situation d'institutionnalisation.

Il faut s'assurer que les situations didactiques sont *pertinentes* par rapport au savoir en jeu, il faut maîtriser le sens que ces situations donnent au savoir. L'hypothèse "épistémologique" de Guy Brousseau est "*qu'il existe pour tout savoir une famille de situations susceptibles de lui donner un sens correct*". Toute la question est de savoir ce que veut dire ce terme "correct"...Correct par rapport à l'histoire du concept à enseigner, par rapport au contexte social, par rapport à la communauté scientifique...C'est un des objets d'étude de la didactique.

5.3 Exemples de scénarios

5.3.1 La course à 20

La course à 20 est un exemple de situation d'apprentissage et de "scénario constructiviste" pour l'apprentissage de la division. Elle date des années 70 !

La course à 20 a été étudiée par Brousseau et observée à de nombreuses reprises par une équipe de l'IREM (Institut de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques) de Bordeaux.

La situation s'organise autour d'un jeu qui est la course à 20. Le jeu comporte deux adversaires qui disent un nombre tour à tour. Il s'agit pour chacun des adversaires de réussir à dire 20 le premier. Le premier qui joue a le droit de dire 1 ou 2. On ne peut dire un nombre que s'il s'obtient en ajoutant 1 ou 2 au nombre que l'adversaire vient de dire.

La base du scénario se résume en quatre phases :

- Explication de la procédure.
- Jeu à 1 contre 1 (**Situation d'action**): *"Au cours de cette dialectique de l'action, l'enfant organise ses stratégies, construit une représentation de la situation qui lui sert de modèle et de guide pour prendre ses décisions. Cet ensemble de relations [...] peut rester tout à fait implicite : l'enfant joue selon ce modèle avant d'être capable de le formuler."*
- Jeu à une équipe contre une équipe, chacune des deux équipes est représentée par un élève, l'équipe discute de la stratégie que doit appliquer son représentant. (**Situation de formulation**) : *"Pour gagner, il ne suffit pas qu'un élève sache jouer (c'est à dire qu'il ait un modèle implicite) mais il doit indiquer à ses coéquipiers quelle stratégie il propose [...]. Son seul moyen d'action est de formuler ces stratégies."*
- Jeu de la découverte (**situation de validation**) : les enfants énoncent des propositions qui sont discutées. "on est sûr de gagner si on peut dire 17 ", " Je ne suis pas d'accord, il y a des fois où on a joué 17 et on n'a pas gagné".

La solution est la suivante : gagne celui qui joue le premier en disant 2, puis 5, 8, 11, 14, 17, 20 (qu'il peut dire quoi que dise l'adversaire). Très vite on "sait" que celui qui dit 17 a gagné : la course à 20 devient la course à 17. On peut donc réitérer le raisonnement. En fait la suite gagnante se trouve "en descendant" : 20, 17, 14 etc.

On peut faire des raisonnements similaires pour d'autres courses :

- Par exemple la course à 24 avec comme règle le fait de commencer avec un entier non nul inférieur ou égal à 3 et de pouvoir ajouter un entier non nul inférieur ou égal à 3 au nombre que l'adversaire vient de dire. Dans ce cas, la suite gagnante est : il faut commencer en deuxième pour pouvoir dire 4, ensuite la suite gagnante est 4, 8, 12, 16, 20, 24.
- Ou encore : la course 5929 ! avec les mêmes règles que la course à 20. Le jeu se transforme en : qui gagne ? faut-il commencer ou jouer en second ? en disant quel nombre ? Si on commence à raisonner comme dans les jeux précédents, on cherche le dernier nombre que l'on doit dire pour dire le premier 5929. Ce dernier nombre est 5926 qui est à la "bonne" distance de 5929, c'est à dire à la distance 3 : si mon adversaire ajoute 1, j'ajoute 2 (et je dis le premier 5929) - s'il ajoute 2, j'ajoute 1 (et je dis encore le premier 5929). Le jeu de la course à 5929, devient le jeu à 5926. 5929, 5926, 5923 ... : cette liste s'obtient par soustractions réitérées de 3...et on arrive au nombre 1. Il faut jouer le premier et dire le nombre 1.

Si on modélise les jeux de "la course à n" par une situation générale, **on obtient une situation fondamentale de la division euclidienne dont le sens est celui de la soustraction réitérée.**

On peut modéliser la situation de cette façon :

1. Le jeu comporte deux adversaires qui disent un nombre tour à tour. Il s'agit pour chacun des adversaires de réussir à dire n le premier.
2. Le premier qui joue a le droit de dire un entier non nul inférieur à p . On ne peut dire un nombre que s'il s'obtient en ajoutant un entier non nul inférieur à p , au nombre que l'adversaire vient de dire. [n et p sont des entiers naturels avec $n > p$]
3. Le problème se résout avec la division euclidienne de n par l'entier $(p+1)$: on obtient $n = (p+1)q + r$. Le nombre de soustractions répétées pour arriver au plus petit entier est le quotient de cette division, le plus petit entier auquel on arrive, est le reste. Le nombre $(p+1)$ que l'on soustrait de façon répétée est le diviseur.
4. La solution modélisée est la suivante : Si n n'est pas multiple de $(p+1)$ il faut commencer et la suite gagnante est une suite arithmétique de raison $(p+1)$ et de premier terme le reste. Si n est multiple de $(p+1)$, il ne faut pas commencer et la suite gagnante est une suite géométrique de raison $(p+1)$.

L'intérêt de ce genre de scénario ne sert pas uniquement pour l'étude de la division euclidienne, il permet également de créer une situation où les élèves peuvent faire des conjectures, énoncer des propriétés, se comporter comme une **communauté de scientifiques**.

Ce genre de scénario me fait penser à la "géométrie tortue" de Papert : le langage Logo permet d'être en contact avec des notions géométriques comme le jeu de la course à 20 permet d'être en contact avec la notion de division euclidienne (le quotient, le reste; le diviseur). La situation de Logo est une situation de programmation et de production (de création) tandis que la situation de la course à 20 est une situation de pratique de la démarche scientifique (énoncer des conjectures, argumenter, prouver...) et de jeu. De plus, l'idée de départ vient de "l'exploitation" et de la "reformulation" de notions mathématiques. Dit de façon très globale, la géométrie Logo permet de reformuler en langage informatique la géométrie et la course à 20 est une traduction sous forme de problème/jeu/situation des propriétés de la division euclidienne.

5.3.2 Le débat scientifique en classe de mathématiques.

Ce type de scénario est proposé entre autre par Marc Legrand, chercheur en didactique des mathématiques à Grenoble et directeur des IREM. Je tiens à aborder ce genre de "scénario constructiviste" (socio-constructiviste). En effet, au cours de mes études supérieures, j'ai pu vivre en tant "qu' apprenante" cette démarche pédagogique pour l'enseignement des mathématiques et je la trouve particulièrement efficace et facile à mettre en place en terme d'infrastructure. Par contre les difficultés concernent les compétences des enseignants (comment gérer ce genre de cours...) et la création de problèmes et de situations intéressantes et pertinentes.

Le débat scientifique est une situation didactique qui doit permettre "*la dévolution par les élèves d'une responsabilité scientifique*", autrement dit qui doit amener les élèves à "*assumer une part de responsabilité sur le sens, la vérité et la pertinence.*"

Ainsi, les activités principales de cette démarche pédagogique sont : émettre et résoudre des conjectures, débattre, argumenter, prouver.

Par exemple : "L'aire d'un polygone varie dans le même sens que son périmètre" est une conjecture. "*Résoudre une conjecture, c'est se persuader avec des raisons acceptées par tous qu'elle est vraie (elle devient alors une propriété, un lemme, un théorème, etc.) ou qu'elle est fausse.*" (Legrand, 1993)

Un élève ou l'enseignant formule une conjecture : elle est écrite au tableau. Pendant un certain temps, les élèves travaillent en groupe ou en individuel pour se faire "une opinion" sur cette conjecture. Puis on comptabilise le nombre des élèves qui pensent que la conjecture est "vraie", "fausse " et ceux qui n'ont pas d'opinion. Ensuite vient le débat scientifique animé (géré) par l'enseignant.

"Dans le contrat du "débat scientifique", personne ne prétend que les conjectures transcrites au tableau par le professeur sont des théorèmes, ni que les preuves proposées sont valides. Dans un premier temps, personne ne demande au professeur de trancher sur la vérité ou la pertinence des propos ; **le rôle de ce dernier est de faciliter l'expression des idées et de permettre aux oppositions de se manifester avec clarté.** Au cours du débat chacun doit donc défendre ses idées avec ténacité tant qu'elles lui semblent plus raisonnables que les explications concurrentes ou contradictoires, et (contrairement au débat polémique) les abandonner, en disant pour quelles raisons, quand il a été persuadé du contraire. Dans ce "débat d'idées et d'explications", chacun sait qu'il gagne non pas principalement si le débat lui donne raison, mais plutôt si l'explicitation des convictions des uns et des autres l'éclaire et éclaire les autres, **fait avancer le groupe dans la compréhension profonde de la situation.**"

"Dans ce débat, **le professeur se porte garant de la scientificité globale du débat** mais non de la vérité ou de la pertinence des arguments et résultats proposés au fur et à mesure. C'est à la fin seulement qu'il institutionnalise les résultats vrais et conformes (les définitions et théorèmes du cours), qu'il identifie les résultats faux quoique bien séduisants (les erreurs récurrentes contre lesquelles il faudra continuer à se battre), qu'il met en exergue les procédures qui ont été productrices d'idées ou qui ont permis de séparer le vrai du faux (**le "métier" de scientifique**)."

On peut noter que la conjecture présentée ci-dessus est un exemple de conjecture destinée à faire dépasser des conceptions fausses sur les polygones : "On pense que la conjecture est vraie tant qu'on a une conception très étroite des polygones et de la façon de les déformer (agrandissement - réduction type photocopie). Montrer qu'elle est fausse oblige les élèves à élargir leur conception des polygones (non nécessairement convexes) et leur façon de les déformer (par exemple aplatissement d'un parallélogramme)."

Le débat scientifique en classe de mathématique cherche à faire vivre une communauté de mathématiciens et de créer des conditions dans lesquelles la preuve mathématique est "authentiquement" nécessaire (pour que la communauté puisse s'accorder sur la véracité d'une connaissance et l'institutionnaliser) : "*Cette démarche pédagogique cherche à faire entrer véritablement les élèves dans une démarche scientifique : modéliser, faire des conjectures, entrer dans un débat de pertinence et de preuve. Ce n'est pas facile, mais il apparaît néanmoins qu'à partir de bonnes situations (situation-problème, problèmes ouverts, à construire ensemble) et d'une méthode de travail éprouvée, "le débat scientifique", beaucoup d'élèves dès la sixième - et pas seulement les traditionnellement "bons" - peuvent entrer dans un authentique jeu scientifique et y développer leur créativité tout en s'assujettissant à une réelle forme de rigueur.* (Irem, <http://www.ac-grenoble.fr/irem/themes.html>, Quelques thèmes de réflexion en prise sur l'enseignement actuel).

Je pense que c'est une réponse à la nécessité exprimée par les théories de l'apprentissage situé de faire apprendre des savoirs dans les contextes où ils sont utiles et dans les contextes où ils seront utilisés, dans la "vraie vie". D'autre part, encore une fois, ce type de démarche pédagogique s'appuie sur des "situation-problème", des situations "ouvertes". Elle ne s'inscrit pas dans les scénarios de "projet" où il faut "produire" quelque chose dans un temps déterminé. Elle n'est pas non plus très proche des scénarios d'"investigation" comme ceux proposés par les créateurs de la série "Jasper" : l'enseignant mène les cours et il n'y a pas de temps de recherche dans des ressources papier ou numérique, ou des "cas résolus" à étudier desquels on peut s'inspirer pour trouver les solutions. Il ne s'agit pas d'ailleurs de trouver des solutions. Il s'agit de résoudre des conjectures. Toute la classe est impliquée dans un même mouvement, sur quelques heures. Il est important par la suite que les élèves tiennent un "carnet de bord", où ils peuvent raconter les débats scientifiques et consigner les connaissances "institutionnalisées".

5.4 Didactique et usage des technologies

Généralités

Les didacticiens (des mathématiques) se sont impliqués dans la conception d'environnements d'apprentissage. En général, on peut qualifier les technologies utilisées comme des "technologies didactiques" ou plutôt "**technologies disciplinaires**". Les environnements analysés et/ou conçus par les didacticiens (en collaboration avec des développeurs, des informaticiens) sont des environnements conçus très spécifiquement pour les mathématiques et même pour une partie des mathématiques particulières (l'algèbre, les fonctions, la géométrie, l'apprentissage de la démonstration...). Par exemple, les logiciels de géométrie dynamique comme le logiciel Cabri ou les calculatrices graphiques et de calcul formel sont des logiciels pour les disciplines scientifiques.

Les didacticiens s'intéressent aux problèmes posés par **la transposition des savoirs savants sur ces nouveau support**. "*Les didacticiens jouent en général un rôle de contrôle sur la validité épistémologique des contenus véhiculés par les logiciels. Ils peuvent aussi contribuer à évaluer les biais cognitifs induits par la généralisation des techniques dites " de manipulation directe " dans la conception des logiciels éducatifs.*" (Patrick Mendelshon, Patrick Jermann p40...)

Par exemple, Nicolas Balacheff (1994) (qui a inventé le concept de *transposition informatique*) a étudié le "domaine de validité épistémologique" des logiciels Logo et Cabri.

Les logiciels de géométrie dynamique.

Je propose de regarder le logiciel de géométrie dynamique "Cabri-géomètre".

Colette Laborde (1999) le définit de la façon suivante : "*Cabri-géomètre est un micromonde qui offre un grand nombre d'outils permettant à l'utilisateur de créer des objets géométriques et d'exécuter sur ces objets un grand nombre d'opérations géométriques (constructions d'objets géométriques, de transformés par des transformations usuelles...). Le domaine conceptuel couvert est large, de la géométrie des configurations à la géométrie vectorielle ou analytique. Une caractéristique fondamentale est la manipulation directe des objets à l'écran qui préserve les relations géométriques qui ont servi à la construction des objets ou qui découlent de ces dernières. On peut voir à l'écran le comportement des objets dans le déplacement.*"

Le terme de "géométrie dynamique" montre bien que le logiciel Cabri est imbriqué avec la géométrie et surtout qu'il contribue à son "prolongement". Le mariage avec l'informatique était naturel et a créé ce nouvel "**objet mathématico-informatique**" qu'est la géométrie dynamique. C'est le même concept que la "Géométrie Tortue" de Papert : *"La géométrie Tortue est un style de géométrie différent des autres, tout comme le style axiomatique d'Euclide et le style analytique de Descartes étaient eux aussi différents l'un de l'autre. le style d' Euclide est logique, celui de Descartes algébrique. La géométrie Tortue est un style de géométrie qu'on pourrait qualifier d'informatique, c'est à dire à base de calculs. (p 75, Editions flammariion du livre "Mindstorm..").*

On peut mettre en place divers types d'activités avec un logiciel de géométrie dynamique (Laborde, 1999) :

- **Des tâches de reproduction** : il s'agit de reproduire un objet donné à l'écran que l'on peut ensuite explorer en le déplaçant et en se livrant à des expérimentations sur l'objet grâce aux divers outils.
- **Des tâches de prédictions** : les élèves doivent faire des conjectures (prédictions sur le comportement d'objets selon certaines actions) puis valider ces conjectures à l'aide du logiciel.
- **Des tâches d'explication du comportement** : expliquer le comportement de "phénomènes" à l'écran qui surprennent.

Dans toutes ces activités, les phénomènes sont à interpréter par les élèves en termes de géométrie et leurs connaissances en géométrie jouent un rôle important dans la nature des interprétations réalisées. Ce sont aussi leurs connaissances géométriques qui sont à l'origine de leurs "décisions d'action" sur le logiciel.

On peut se livrer à des activités d'un type nouveau en géométrie : par exemple, on peut mettre en place des "**expérimentations**", des études de configurations et de comportement comme en biologie avec l'observation au microscope des molécules...ou la dissection des souris...

Les logiciels de géométrie dynamique facilitent la diversité des expérimentations, des études de **cas "exotiques"**...Ils permettent de créer des situations où l'apprenant peut prendre conscience du caractère remarquable de propriétés en observant à quel point elles sont rarement satisfaites.

Les didacticiens se sont posés la question de la *légitimité* des apprentissages impliqués par ces nouvelles activités (toujours le soucis de préserver *le sens*). Ils portent donc leur attention "*sur le contexte d'usage des objets mathématiques, **sur ce qu'il favorise comme signification de l'objet et comme potentialités de relation avec d'autres contextes***". (Laborde, 1999).

Les technologies peuvent servir à illustrer, à problématiser et elles peuvent faire partie prenante de "l'institutionnalisation". Les élèves peuvent écrire dans leur cahier des théorèmes de géométrie dynamique (de "géométrie Cabri", dans le cas de Cabri). Dans ce cas, **les technologies sont totalement intégrées au contenu d'enseignement** : elles sont à la fois des moyens d'enseignement de la géométrie classique et des objets d'enseignement.

Les logiciels de géométrie dynamique peuvent aussi être utilisés comme des outils mathématiques utiles aux mathématiques et utiles aux autres sciences. (en physique en particuliers). J'ai surtout parlé de didactique des mathématiques mais il existe aussi **une didactique des sciences expérimentales** qui est développée (avec des chercheurs comme André Giordan). Son objet est de décrire comment l'apprenant s'approprie les concepts scientifiques. L'apport des technologies est très important dans ce domaine : "*Avec le développement des technologies, les modes d'appréhension de ces concepts autant que le contenu des connaissances techniques transmises ont subi de profondes transformations. Les logiciels de simulation, les dispositifs de mesure et d'expérimentation assistés, les encyclopédies multimédias, entre autres applications, font **des sciences expérimentales des disciplines qui sont maintenant parmi les plus "instrumentées"** de l'enseignement obligatoire*" (Patrick Mendelshon, Patrick Jermann).

6. Synthèse de la première partie

Approche constructiviste	Mots-clés	Exemples (scénarios)		
		Intitulé	Idées	Résumé
Constructionisme	Construction interne/externe, artefact, design, créativité, savoir personnel, affectif, micromonde, connections personnelles et épistémologiques.	Logo	Géométrie Tortue, micromonde.	<ul style="list-style-type: none"> • Micromonde : action sur ce monde par la programmation avec le langage Logo. • Contact avec des "Powerfull ideas" du monde mathématique. • Exemple "canonique" de connections personnelles et épistémologiques. • Exploration libre, créativité, esprit micromonde, années 80, pas de scénarisation.
		ISDP : Instructional Softawe Design Studio"	Design de logiciels éducatifs, outils de production pour les enfants.	<ul style="list-style-type: none"> • "Learning through complex, integrative, and messy design projects". • Design de logiciels éducatifs : learning by teaching, by producing. Contexte "professionnel". Tenue d'un "Personnal Designer Notebook". • Approche transdisciplinaire : programmation logo, fractions, design. Compétences transversales : métacognition, résolution de problème, gestion de projet de design. "integrate learning". • Autonomie des élèves. Responsabilité. "Fully in charge of their own learning" • Etude qualitative riche de Idit harel.

		<p>"Inventor's Workshop"</p> <p>Inventions, ingéniering, robots, tools kit.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Approche "engineering" de la science. • Inventions, brevets d'inventions. Tenue d'un cahier d'invention sur le modèle des cahiers professionnels. • Approche transdisciplinaire : maths, sciences, design, lecture, écriture, rédaction, engineering (feedback, contrôle). • Construction de liens personnels et épistémologiques forts pendant l'invention et la création de systèmes. • Approche bénéfique aux élèves peu scolaires. • Importance de l'autonomie des élèves, de l'expression des différences individuelles et de la création d'une communauté d'apprenants. • Notion de région de confort.
		<p>The architectural design studio.</p> <p>Maths et art. Expression. Modèle du studio de design.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • "Pedagogy of design learning" : environnement pédagogique indentique aux environnements d'apprentissage en architecture, design. "desk crits", "pin ups"... • Productions artistiques et créatives. "mathematics learning in an expressive context". • Usage d'un logiciel de géométrie dynamique et de logiciels de traitement d'images, scanners, etc. Effet motivant du rendu obtenu avec ces outils professionnels. • Importance de l'autonomie des élèves, de la collaboration, de l'expression et des outils utilisés.
		<p>Aquamoose</p> <p>Micromonde 3D.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Un "Logo 3D" mais prise en compte des difficultés de transfert : manipulation de formules identiques aux formules scolaires. • Activités de jeu et de création. • Démotivation des élèves due 1) au design de l'environnement et au manque de puissance en comparaison avec les jeux vidéos, 2) à la difficulté des jeux. • Motivation pour la création de courbes esthétiques et mystérieuses.

Problem-based, Inquiry based learning.	Moteur des activités= résolution de problème, ressources, case-based, mindtools, contexte, authenticité.	Jasper	Vidéos pour "poser le contexte" et pour voir l'expert au travail.	<ul style="list-style-type: none"> • Anchored instruction. • Vidéos pour la mise en situation (contexte authentique) et pour les ressources (observation d'un expert, related case...notion de modelage). • Importance de la collaboration (aussi pour la motivation : "les enfants aiment travailler en groupe"). • Prise en compte de la tenacité des conceptions initiales : usage de "cognitive tools", représentations variées. • Formulation de projets personnels de grande qualité sur la base des compétences acquises pendant le "challenge".
		WebQuest	Internet, ressource principale.	<ul style="list-style-type: none"> • "Active learning on the World Wide Web". • Développement de compétences de haut niveau. "critical thinking". • "Taskonomie" de Bernie Dodge : "Retelling, Compilation, Mystery, Journalistic, Design, Creative Product, Consensus Building, Persuasion, Self-Knowledge, Analytical, Judgment, Scientific Tasks" !
		Mars Exploration	Collaboration avec des scientifiques.	<ul style="list-style-type: none"> • Pratique d'une science authentique : collaboration effective avec de "vrais chercheurs", recherches sur des thèmes motivants et récents (vie sur Mars). • Apprentissages transdisciplinaires : astronomie, géologie, météorologie, biologie, hydrologie... • Usages des technologies : Internet, logiciels d'analyse d'images scientifiques, outils de communication.

Approche socio-constructiviste tecfaseed	Activités ouvertes, collaboratives, constructions, production, workflow, Internet=outil de travail, "Community, Content and Collaboration Management Systems" (C3MS), communautés virtuelles.	Micro-activités	Usage des "C3MS brick".	<ul style="list-style-type: none"> FAQ
		Wiki en biologie	Outil Wiki, "light CSCL"	<ul style="list-style-type: none"> Mémoire collective des activités
		Pangea	Projet interdisciplinaire	<ul style="list-style-type: none"> Projet interdisciplinaire sur une longue période Participation de plusieurs classes Support des technologies (mel, web, video-conference, Moo...) Support d'un portail
Collaborative discovery learning	CSCL; systèmes dynamiques, complexes, collaborative mindtools, constructions de simulations, de modèles, résolution de problèmes.	Projet sur les statistiques avec CoolModes.	Usage de CoolModes, "open-ended, active, collaborative" pédagogie en mathématiques.	<ul style="list-style-type: none"> Maths « expérimentales » : statistiques.
		CoLDex		

		CoVis	Elèves ="petits scientifiques". Communauté de "petits scientifiques".	<ul style="list-style-type: none"> • Pratique d'une science authentique et focus sur la réalité d'une communauté scientifique. • Articulation du local et du global
Approche des didacticiens	Obstacles épistémologiques, situations fondamentales, géométrie dynamique.	Situation de la course à 20.	Jeu de la course à 20.	<ul style="list-style-type: none"> • Situation fondamentale pour la division euclidienne. • Situation socio-constructiviste, activité ludique. • Action, formulation, validation
		Le débat scientifique	Communauté de "petits mathématiciens" en débat.	<ul style="list-style-type: none"> • Débat scientifique orchestré par l'enseignant. • Situation où le besoin de démontrer est authentique. • "Responsabilité des élèves sur le sens, la vérité et la pertinence." Enseignant garant de la scientificité globale du débat, rôle d'institutionnalisation. • Créativité, résolution de conjectures dans une démarche scientifique authentique.
		Usages de Cabri	La géométrie dynamique.	<ul style="list-style-type: none"> • Intégration de l'usage du logiciel dans des activités de <i>reproduction</i>, de <i>prédictions</i>, d'<i>explications de comportement</i>. • Approche expérimentale des mathématiques, études de cas exotiques. • Cabri peut faire partie prenante de l'institutionnalisation (cas d'intégration "totale" au contenu d'enseignement).

Deuxième partie : convergences et divergences
des approches constructivistes présentées dans
la première partie.

1. Préambule

Définition des approches constructivistes par rapport aux approches instructivistes...

Tout d'abord, les approches abordées dans la première partie sont "constructivistes"...Je prends ce terme dans un **sens large**. Ce qui m'intéresse c'est moins le fait que les approches soient constructivistes que le fait qu'elles soient **plébiscitées** pour l'enseignement actuellement.

Par exemple, Tardif (1998) a proposé un cadre pédagogique pour l'intégration des technologies et a défini un paradigme pédagogique qui est le paradigme d'apprentissage en opposition au paradigme de l'enseignement.

Il le résume dans le tableau suivant :

	Paradigme d'apprentissage	Paradigme d'enseignement
Convergences en enseignement	<ul style="list-style-type: none"> • Développement de compétences. • Réponses à des questions complexes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acquisition de connaissances. • Développement d'automatismes.
Conception de l'apprentissage	<ul style="list-style-type: none"> • Transformation d'informations et de savoirs en connaissances viables et transférables. • Intégration des connaissances dans des schémas cognitifs. • Création de relations. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mémorisation. • Accumulation de connaissances. • Association des connaissances les unes aux autres.
Activités de la classe	<ul style="list-style-type: none"> • À partir de l'élève. • À partir de projets, de recherches ou de situations problématiques. • Relations interactives. 	<ul style="list-style-type: none"> • À partir de l'enseignant. • Fréquence élevée d'activités d'exercitation. • Relations didactiques et verticales.
Modes d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> • En référence aux compétences développées. • Portfolios. 	<ul style="list-style-type: none"> • En référence aux connaissances. • Tests exigeant des réponses brèves.

Preuves De réussite	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité de la compréhension. • Qualité des compétences développées. • Qualité des connaissances construites. • Transférabilité des apprentissages. 	<ul style="list-style-type: none"> • Quantité d'informations retenues. • Parfois la quantité de connaissances acquises.
Rôles de l'enseignant	<ul style="list-style-type: none"> • Axés sur l'étayage et le désétayage. • Parfois un apprenant. 	<ul style="list-style-type: none"> • Un expert. • Un transmetteur d'informations.
Rôles de l'élève	<ul style="list-style-type: none"> • Un constructeur actif. • Un collaborateur. • Parfois un expert. 	<ul style="list-style-type: none"> • Un récepteur passif. • Un apprenant en situation d'interlocuteur.
Attitudes et relations attendues de la part des élèves.	<ul style="list-style-type: none"> • Entraide. • Relations d'interdépendance. 	<ul style="list-style-type: none"> • Individualisme. • Relations de compétition.

Tableau 2 : Comparaison des paradigmes d'apprentissage et d'enseignement (Tardif, 1998)

Toutes les approches font partie de ce "paradigme d'apprentissage".

Une autre façon, complémentaire, de caractériser les approches constructivistes par rapport à des approches instructivistes peut se faire à partir de l'étude menée dans le cadre du projet Récré@sup "WP2 – Conception, mise en œuvre, analyse et évaluation de scénarios pédagogiques recourant à l'usage des Technologies de l'Information et de la Communication".⁹ (voir également Brassard et Daele, 2003)

Les auteurs ont travaillé à partir de l'échelle développée par Reeves et proposent dix-sept axes d'analyse qu'ils regroupent en quatre catégories :

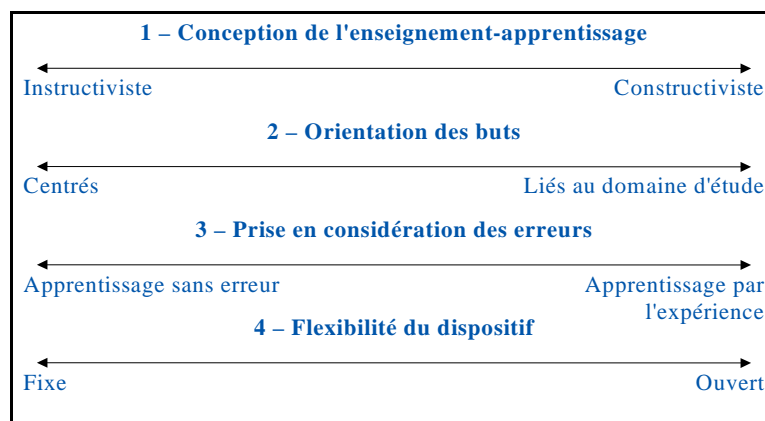
- *Orientation et choix pédagogiques de départ* : Les quatre dimensions de cette catégorie relèvent de "choix généraux pris au départ du processus de design du scénario pédagogique. Elles orientent en général les choix pédagogiques des autres dimensions."

⁹ <http://tecfa.unige.ch/proj/recreasup/rapport/WP2.pdf>

- *Acteurs et rôles* : Les cinq dimensions de cette catégorie concernent "les personnes impliquées dans les scénarios pédagogiques et considérées individuellement ou en groupe. Elles touchent à leurs différences individuelles et culturelles mais aussi à ce qu'elles ont en commun au-delà du simple fait de participer ensemble aux mêmes activités."
- *Activités (d'apprentissage)* : Les quatre dimensions de cette catégorie concernent "la conception, la mise en œuvre et l'évaluation des activités d'apprentissage. Il s'agit des dimensions centrales du scénario du point de vue des apprenants."
- *Outils et processus* : Les quatre dimensions de cette catégorie concernent "les outils de travail conçus pour les enseignants et les apprenants, les processus et procédures mis en œuvre pour organiser de façon systématique les activités d'apprentissage et leur encadrement."

Les dix-sept axes proposés sont les suivants :

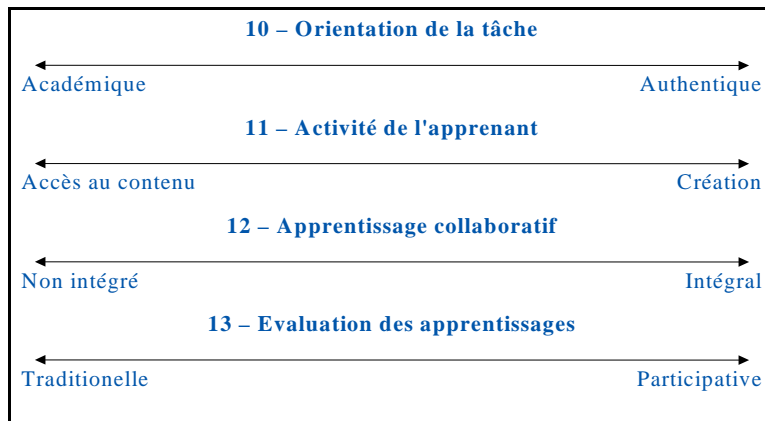
- Orientation et choix pédagogiques de départ



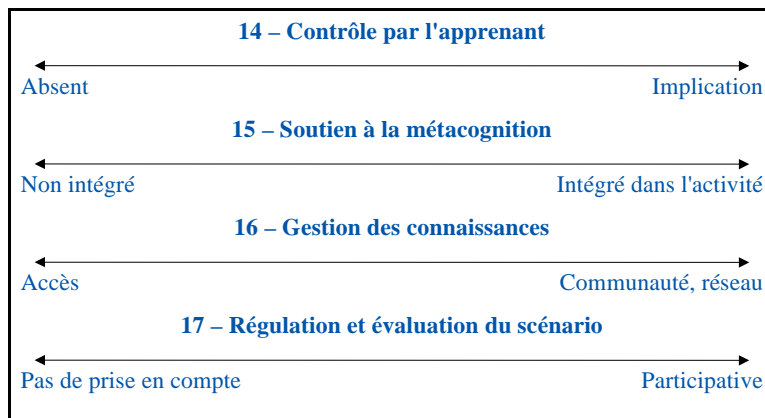
- Acteurs et rôles



- Activités (d'apprentissage)



- Outils et processus



A quelques détails près, toutes les approches techno-pédagogiques présentées peuvent se décrire de cette façon ("à l'extrémité droite des flèches") :

- fondées sur des théories de l'apprentissage constructivistes,
- des buts liés au domaine d'étude (les buts sont généraux, font référence un domaine "vaste", à des processus cognitifs de haut niveau.),
- une prise en considération des erreurs qui font partie du processus d'apprentissage,
- un dispositif ouvert (flexibilité dans la gestion par l'apprenant et par l'enseignant, possibilité de temps à distance, de temps asynchrones),
- un enseignant facilitateur qui agit comme un guide accompagnant les processus d'apprentissage des apprenants,
- une motivation des apprenants intrinsèque,
- une prise en compte des différences individuelles et une sensibilité aux différences culturelles,
- une communauté de pratique intégrée,
- des tâches authentiques,
- un apprenant créateur (actif),
- un apprentissage collaboratif "intégral" plus exactement intégré car tous les scénarios ne sont pas uniquement collaboratifs,
- une évaluation des apprentissages participative,
- un contrôle par l'apprenant,
- un soutien à la métacognition intégré aux activités,
- une gestion des connaissances (partage et circulation des connaissances prévues),
- une régulation et une évaluation du scénario participative (élèves impliqués, responsables de l'environnement d'apprentissage).

Classement des scénarios ...

Pour comparer les scénarios, je propose de discuter selon quatre approches : les approches didactiques, constructionnistes, pédagogiques et collaboratives.

Approche didactique	Approche constructionniste	Approche pédagogique	Approche collaborative
---------------------	----------------------------	----------------------	------------------------

- *Approche didactique* : approche des didacticiens...approches fondée sur les aspects du contenu à enseigner.
- *Approche constructionniste* : approche des constructionnistes...fondée sur les aspects du contenu à enseigner et sur des valeurs "techno-psycho-pédagogiques" (faire construire).
- *Approche pédagogique* : approche générale ("indépendante du contenu") et "techno-psycho-pédagogique" de scénarios comme les scénarios "project-based learning", les scénarios socio-constructivistes de TecfaSeed.
- *Approche collaborative* : approche "complémentaire". Prise en compte des aspects collaboratifs.

Les scénarios "Inquiry-based learning", "Collaborative Inquiry-based learning" et "Problem-based learning" ont des points communs avec toutes ces approches.

NB : J'ai essayé de faire ce classement pour préparer et structurer la discussion sur les scénarios : je n'ai pas cherché à faire quelque chose de "totalement vrai" et "totalement justifié", "précis" (classification rigoureuse selon un seul ou plusieurs critères bien définis).

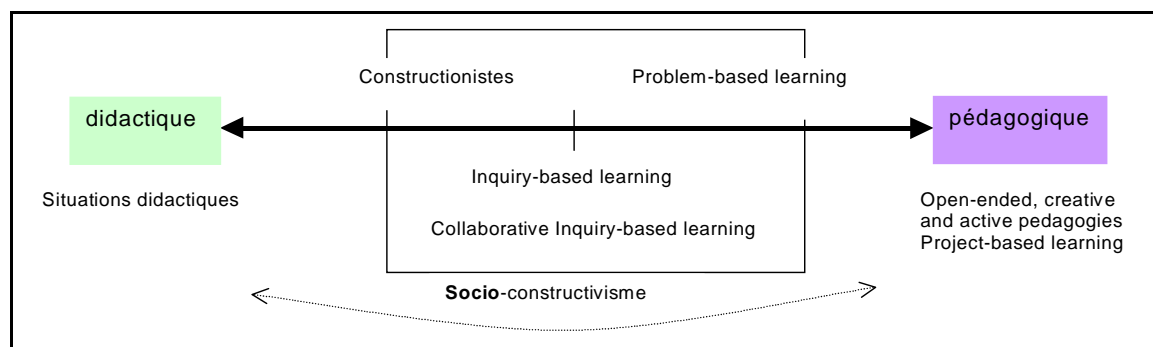


Figure 9 : Position des scénarios entre deux pôles didactiques et pédagogiques.

2. Discussion articulée autour de mots clés...

2.1 Les mots clés

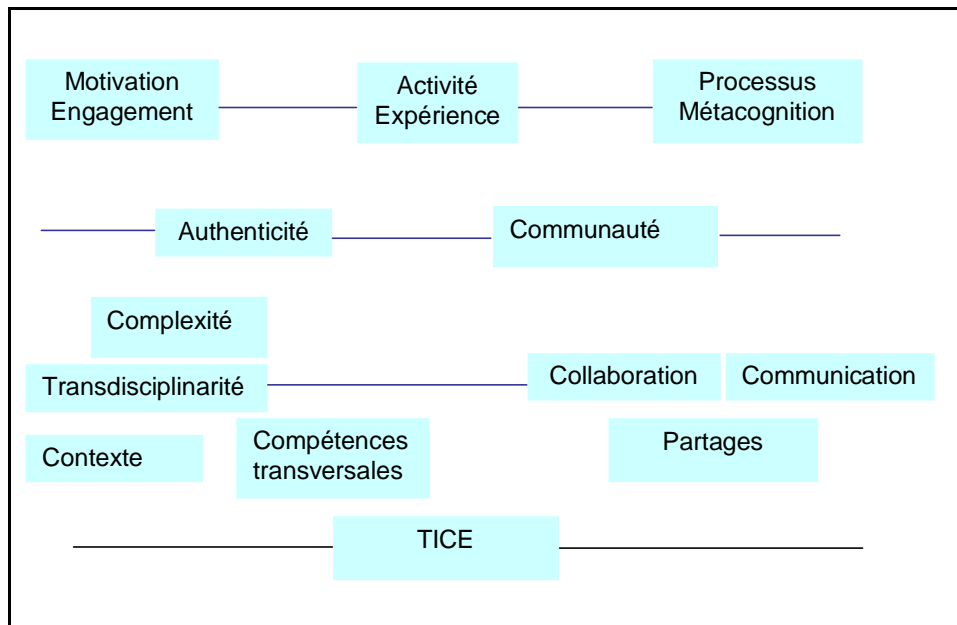


Figure 10 : Points de centration des approches constructivistes.

Je propose de discuter des "convergences et différences" autour de mot clés qui sont associés aux environnements constructivistes : ils représentent les points de centration des environnement d'apprentissage constructivistes. (A quoi doit s'attacher un concepteur de scénario constructiviste ? Sur quoi doit-il porter son attention ?)

Linard propose cette définition de l'apprentissage : « *L'apprentissage est une activité d'auto-transformation mentale par des sujets intentionnels, incarnés, motivés et situés.* »

Cette définition illustre l'importance des processus cognitifs (« *une activité d'auto-transformation mentale* »), la place fondamentale de l'engagement de l'apprenant dans la tâche d'apprentissage (il est un sujet « *intentionnel, incarné, motivé* ») et enfin, le caractère situé de l'apprentissage, situé dans les expériences, les activités vécues.

On pourrait donc commencer de cette façon : pour concevoir un environnement d'apprentissage constructiviste, il faut nécessairement :

- Considérer la **motivation**, l'engagement comme les moteurs fondamentaux du système.
- Se centrer sur la conceptions d' **activités** qui seront les situations dans lesquelles l'apprenant vivra des expériences et construira ses connaissances (Quelles seront les expériences vécues ?).
- S' intéresser aux **processus** d'apprentissage et envisager le soutien et le contrôle des processus d'apprentissage, favoriser les pratiques réflexives (métacognition).

Ainsi, je choisis comme mots clés "initiaux" : **motivation-engagement, activité-experience, processus-métacognition**. Ensuite, l' **authenticité** et la **communauté d'apprentissage** sont des ingrédients récurrents des scénarios constructivistes. A l'authenticité, je peux lier les mots "**complexité**", "**transdisciplinarité**", "**contexte**" et "**compétences transversales**". A l'expression "communauté d'apprentissage", j'associe "**collaboration**", "**partages**", "**communication**". Enfin, les scénarios constructivistes auxquels je m'intéresse intègrent l'**usage des technologies** dans les activités.

2.2 Discussion

2.2.1 La motivation

La motivation ...

Un apprentissage "signifiant" ne peut avoir lieu que si l'apprenant est engagé dans son apprentissage. Ce n'est pas la seule condition mais c'est une condition nécessaire. Pour que l'apprenant s'engage dans un effort d'apprentissage, il faut une motivation, autrement dit un "objectif d'action"... "*All human behavior is goal directed*" (Schank, 1994).

Mais, toutes les sources de motivation ne sont pas intéressantes et elles n'impliquent pas le même style d'engagement et la même qualité d'apprentissage. Une distinction classique est la distinction entre les sources de motivation **extrinsèques** et **intrinsèques**. Une source de motivation extrinsèque est "extérieure" à l'apprenant et celui-ci est influencé par les renforcements, les rétroactions ou les récompenses reçues. Une source intrinsèque se trouve "à l'intérieur de la personne" et les actions dans lesquelles les apprenants s'engagent répondent à des besoins, des intérêts, des goûts personnels. Dans un cadre scolaire, il n'y a peut-être pas de motivation liée uniquement à des sources extrinsèques ou intrinsèques, c'est certainement un mélange...mais c'est la motivation intrinsèque qui est recherchée dans un environnement constructiviste. « *Un apprentissage s'effectue quand un individu prend de l'information dans son environnement en fonction d'un projet personnel* » (Meirieu).

Tardif (1992) définit la motivation scolaire comme **l'engagement, la participation et la persistance de l'élève à la tâche.**

La motivation scolaire dépend, d'après Tardif, de :

- **La conception des buts de l'école** : il est nécessaire que l'apprenant perçoive l'environnement d'apprentissage comme un lieu d'apprentissage et non comme un lieu d'évaluation.
- **La conception de l'intelligence** : *"la seule conception qui conduise l'élève à participer activement à des démarches d'acquisition de connaissances en classe est celle qui estime que l'intelligence, au lieu d'être une entité stable, est au contraire composée d'un ensemble de connaissances et de stratégies cognitives et métacognitives, fondamentalement évolutives et susceptibles d'être apprises."* L'élève doit être conscient qu'il peut développer ses capacités et ses compétences en appliquant des stratégies d'apprentissage.
- **La perception de la valeur de la tâche d'apprentissage** : l'élève doit attribuer de la valeur à l'activité d'apprentissage. Il doit pouvoir envisager des retombées personnelles et/ou sociales et/ou professionnelles. L'enseignant doit toujours faire la "promotion" des activités.
- **La perception des exigences de la tâche** : pour s'engager dans la tâche et être persistant, l'élève doit pouvoir envisager les stratégies nécessaires à mettre en place, les connaissances et savoir-faire à mobiliser. Il doit connaître également les critères d'évaluation. Il doit pouvoir "mesurer" ce qu'il aura à faire.
- **La perception de la contrôlabilité de la tâche** : l'élève doit sentir qu'il a le contrôle sur sa performance, qu'il peut agir sur sa réussite de la tâche.

Dans les facteurs de motivation scolaire définis par Tardif, les notions de plaisir, de satisfaction ne sont pas présentes (en tout cas, elles ne sont pas abordées explicitement). Ainsi, pour finir cette partie sur la motivation, je reprends l'idée de "**pédagogie intense**": *"D'après Lloyd P. Rieber (1998), c'est en rendant le processus d'apprentissage intéressant en lui-même- non pas le seul résultat - que l'on peut obtenir le plus de motivation chez l'apprenant."* (Schneider, 2003)

Si l'élève est motivé dans le sens où Tardif définit la motivation, il va peut-être trouver du plaisir dans le processus d'apprentissage. Mais on peut dire également que le plaisir peut être lié à la réalisation des activités, en oubliant la situation d'apprentissage : *"Rieber appelle **“serious play”** (parfois aussi appelé **“hard fun”**) le type d'expériences d'apprentissage intense dans lesquelles les enfants autant que les adultes s'engagent et consacrent volontairement des **quantités énormes d'énergie et de temps** et dont ils retirent en même temps **un grand plaisir**. Le **“flow”**, identifié par Mihaly Csikszentmihalyi en 1990 comme aspect spécifique de l'activité de jeu ou de la création artistique, fournit une explication de cet état de **bonheur** et de **satisfaction** que l'on expérimente lorsque l'on se sent **“porté”** par une activité qui est à la fois automatique et spontanée."* (Schneider, 2003)

Discussion sur les scénarios.

Le tableau ci-dessous présente les facteurs de motivation dans les différentes approches.

	Approche didactique	Approche constructionniste	Approche pédagogique	+ Approche collaborative
Perception de la valeur de la tâche pour l'apprenant.	Retombées personnelles	Retombées personnelles et sociales	Retombées professionnelles (et personnelles)	+Retombées sociales
Moteur de l'activité...	Conflit cognitif	La création, la production personnelle.	La résolution d'un problème, la curiosité, un projet personnel.	+L'envie de s'intégrer. +Conflit socio-cognitif
...Plaisir pendant les tâches.	La responsabilité Plaisir intellectuel (plaisir du mathématicien)	L'autonomie Expérimenter la puissance des "idées productrices". "hard fun"	L'autonomie La variété des tâches "serious play"	+Communiquer, partager, +Co-apprendre

Tableau 3 : Eléments favorisant la motivation dans les différents scénarios.

Je propose de discuter autour de la "promotion" des activités vis à vis des élèves : pourquoi peuvent-ils développer une perception positive de la valeur des tâches à effectuer (et plus généralement de la valeur du "scénario" ou de l'environnement) ?

- Pour les activités constructionnistes, l'accent est mis sur les retombées personnelles et sociales : l'environnement est ouvert et permet de faire des projets de création personnels. Il permet l'expression personnelle. Par exemple, avec les lego-logo, les élèves peuvent décider de construire quelque chose en lien avec leur intérêt personnel...un camion ou un robot, une alarme pour cahier intime..etc. *"Our LEGO/Logo classes have been most successful when children formulate their own designs and experiments, and work on projects that they care about personally."* (Resnick) . D'autre part, leur production va leur permettre d'exister socialement, d'être valorisés (par rapport à l'enseignant, par rapport à la classe, par rapport à leur famille). *" In some cases, LEGO/Logo experiences have had a profound effect **on how students view themselves as learners** (and on their subsequent performance in other classroom activities)."* (Resnick, 1991).
- Dans des scénarios basés sur la résolution de problème ou des scénarios de projet, l'apprenant peut percevoir des retombées professionnelles parce que les activités sont ancrées dans des contextes authentiques, parce qu'elles cherchent à développer des compétences et des savoir-faire. Il peut avoir le sentiment de faire des efforts utiles qui lui permettront d'agir dans le monde extérieur à l'école. Par exemple, un projet qui permet de traiter des données avec des outils professionnels développe des compétences qui seront plus facilement transférables et utilisées dans un futur métier.
- Dans les scénarios centrés sur la collaboration, on vise une "émulation sociale"...en participant aux activités, l'apprenant va faire partie d'une communauté.
- Enfin, les situations didactiques peuvent être perçues positivement si l'élève sent qu'il peut avoir des idées, qu'il peut "penser", faire des propositions. (Par exemple, dans le débat scientifique).
- Les "moteurs " des activités constructionnistes sont **l'imagination** et la **créativité** : l'élève va faire l'effort d'apprendre Logo pour aller au bout de son idée et dessiner une maison, par exemple.
- C'est un **challenge**, un défi à relever, une **curiosité**, un **conflit cognitif** qui doit permettre de "pousser" les élèves à réaliser les tâches de résolution de problème, d'aller au bout de projets.

- Dans une situation d'apprentissage didactique, c'est le **conflit cognitif** le moteur principal.
- Au sein d'une communauté d'apprentissage, l'élève a envie de **s'intégrer** et de partager. Pendant des activités de collaboration, la confrontation avec ses pairs, le stimulent. (**conflit socio-cognitif**).

Pour Tardif (1998), le "déséquilibre cognitif" est une des caractéristiques d'un environnement d'apprentissage cohérent avec le paradigme d'apprentissage (cf. préambule) : "*le déséquilibre cognitif influe sur le degré de motivation des élèves parce que les apprentissages correspondent alors à des questions qu'ils se posent ou à des impasses qu'ils rencontrent*". Dans ce cas, il faut prendre en compte les connaissances préalables des apprenants, leurs représentations initiales, pour créer des problèmes ou des situations qui les stimulent et sur lesquelles ils ont prise. "*Gathering information about students' prior knowledge helps teachers in two ways: They can capitalize on students' interests, and they can structure learning problems that effectively challenge and build on students' knowledge and experience*" (Brooks and Brooks, 1993; Duit, 1995; Wheatley, 1991 cité dans Boethel et Dimock, 1999).

En quoi le processus d'apprentissage est-il intéressant pour les élèves ? Quel est le plaisir de réaliser les activités ?

Tout d'abord, la "perception de la contrôlabilité de la tâche" semble jouer un rôle important : "*They were found to be strongly **motivated** and fully **in charge of their own learning***" (Harel, 1991). Chez les didacticiens, l'élève doit se sentir responsable de ses apprentissages mais il est moins libre dans le choix de ses activités par exemple.

D'autre part, Papert (2002) a discuté de la notion de "hard fun" : les apprenants peuvent construire des produits très "fun" (comme des dessins animés en pâtes à modeler) et s'impliquer avec beaucoup d'effort dans leur fabrication. D'autre part ce qui est "fun" c'est de découvrir "***la puissance des idées productrices***"...c'est le plaisir d'appliquer ses idées intellectuelles et **d'avoir un feedback, de voir que ça fonctionne** (exemple : programmer un robot). "It's hard, it's fun, it's Logo"...

La notion de "serious play" peut caractériser les activités de résolution de problème ou de projets...les élèves sont **autonomes** et réalisent des tâches variées en "jouant" à se comporter comme des professionnels. Ils jouent sérieusement à être des "grands" : à faire des rapports, à utiliser des portails... Ils jouent sérieusement à la "communauté scientifique"...

Si on prend l'angle des activités collaboratives, le plaisir est peut-être le plaisir de communiquer, de "co-apprendre", de partager "les problèmes".

Chez certains didacticiens, ce qui est recherché c'est que l'apprenant ait un "plaisir de mathématicien" pendant les activités...On cherche les situations qui feront "palper" à l'élève le plaisir de faire des mathématiques.

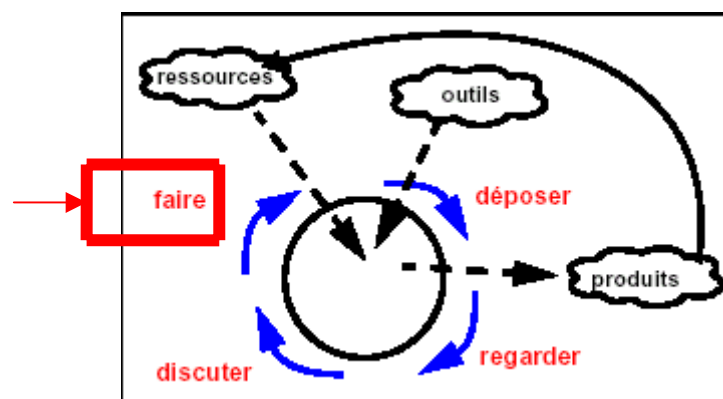
2.2.2 Activité, expérience...Apprendre en faisant

Faire faire

Concevoir un environnement d'apprentissage constructiviste, c'est concevoir des activités d'apprentissage. Il faut "penser au carré" (Dillenbourg) : il faut penser à "faire faire".

Il ne suffit pas de donner l'information aux élèves : il faut créer des occasions, des expériences où ils peuvent s'appropriier les connaissances et construire des compétences. Une des expressions les plus connues qui illustre cette caractéristique des environnements constructivistes est l'expression "learning by doing" de John Dewey. Tout apprentissage se fait par celui qui apprend et se réalise par le faire, par l'action. "*Les hommes, pour découvrir quelque chose, doivent agir sur les choses, ils doivent modifier certaines conditions.*" (Dewey, 1916)

Dans cette partie, je discute des activités "d'action" : c'est à dire, en reprenant l'idée du "workflow pédagogique", que je m'intéresse aux phases "faire" du workflow (voir dessin ci-dessous).



Discussion sur les scénarios

Dans les différents scénarios, que font les apprenants et quels sont les arguments pour dire qu'ils apprennent des sciences ou des mathématiques en réalisant les tâches des scénarios ?

	Approche didactique	Approche constructionniste	Approche pédagogique	+ Approche collaborative
Tâches à effectuer	Faire des conjectures. Argumenter Prouver Explorer un micromonde.	Design, construction d'artéfacts externes. Explorer un micromonde.	Tâches variées pour résoudre un problème et/ou mener à bien un projet. Explorer et traiter des ressources.	+Tâches variées collaboratives.
Arguments "Où sont les maths ?"	Enseignant expert. Usage de logiciels spécifiques.	Mathématiques sous-jacentes aux outils utilisés. Learning by teaching : connaissances préalables, enseignant, ressources.	Modelage ("les maths sont dans les <i>related case</i> ") Traitement de l'information (interactive et multimedia). ("les maths sont dans les ressources")	+Connaissances et compétences des pairs.
"Qui" donne les feedbacks?	L'enseignant, les logiciels.	Le micromonde et l'enseignant en guidant.	Outils de simulations (logiciels, applet Java)... Pages interactives (QCM, activités en ligne...) Professionnels (chercheurs..etc) Enseignant manager et facilitateur.	+Les pairs

Tableau 4 : Les activités des scénarios.

Les constructionnistes privilégient les **tâches de construction** : construction virtuelle dans le micromonde de la géométrie tortue ou construction réelle avec les "lego minstorm" ou la programmation de robots. Les mathématiques (ou d'autres notions scientifiques) sont "sous-jacentes" aux outils utilisés. Il y a vraiment l'idée de micromonde : l'apprenant est en interaction avec un monde qui "réagit", donne des feedbacks en fonction de règles mathématiques (ou scientifiques, ou informatiques...). L'idée de construction est maintenant intégrée par les pédagogies socio-constructivistes modernes.

Dans le cas du scénario de Idit Harel, les élèves apprennent en construisant des cours pour les élèves du niveau inférieur : ils reformulent et "médiatisent" ce qu'ils comprennent du contenu à apprendre. Ce genre d'activité peut se retrouver dans les scénarios socio-constructivistes de TecfaSeed, par exemple (c'est une stratégie pédagogique connue, une *formule pédagogique*).

Dans le cas de scénarios comme la série Jasper, le contenu mathématique, les savoir-faire à acquérir se trouvent dans les vidéos : les élèves doivent explorer les vidéos et y trouver l'information dont ils ont besoin pour résoudre les problèmes. Ils "traitent" de **l'information mathématiques**. C'est le cas de tous les scénarios où les élèves doivent explorer des sites Internet, collecter de l'information et la résumer ou l'assimiler pour résoudre des problèmes ou des enquêtes. Les mathématiques se trouvent dans les ressources fournies par l'environnement d'apprentissage. Par exemple, Jonassen inclut dans l'environnement d'apprentissage les études de cas (*Related Cases*). Les élèves résolvent des problèmes par "modelage" en imitant des experts dans le cas des vidéos Jasper, en adaptant les solutions de problèmes déjà résolus. L'accent est mis sur les ressources : elles doivent être riches et facilement accessibles. (*rich and learner-selectable information just in time*).

Pour certains domaines des mathématiques, il est possible d'adopter **des démarches de sciences expérimentales**. C'est le cas en particulier pour les probabilités et les statistiques. L'usage de CoolNodes est un cas représentatif. Les élèves récoltent des données, puis les traitent avec des outils mathématiques et les interprètent : les mathématiques sont plutôt des outils intellectuels au service des autres sciences. Tous les scénarios innovants pour l'enseignement des sciences par projet et intégrant les technologies se retrouvent dans ces modèles "socio-constructivistes" et "transdisciplinaires" (je parle plus loin de la transdisciplinarité).

Il y a un mouvement pour que les mathématiques soient considérées sous plusieurs angles et en particulier sous l'angle d'autres disciplines scientifiques. La thématique suivante revient dans tous les rapports de la Commission de réflexion sur l'enseignement des mathématiques en France :

*"La vision des mathématiques s'est considérablement modifiée depuis cinquante ans. La mathématique semblait alors avoir retrouvé son unité sur la base d'une solide construction des fondements et des structures. **Mais elle s'était appauvrie.** Puis les mathématiques appliquées ont fait une percée.*

*Actuellement, le mouvement des mathématiques fait apparaître **une multitude de sources et de retombées**, en même temps qu'un travail au sein des mathématiques constituées. Les mathématiques s'enrichissent de problèmes, de méthodes et de concepts venant des autres sciences et pratiques, créent de nouveaux concepts et de nouvelles théories, et fournissent matière à des applications parfois imprévues. Les modèles mathématiques, permettant les simulations sont partout. [...] Ainsi **les mathématiques sont loin d'être l'affaire des seuls mathématiciens**. Dans les processus de pompage, de distillation et d'irrigation qu'elles représentent aujourd'hui, on doit compter l'activité mathématique de mécaniciens, d'informaticiens, d'ingénieurs, de biologistes, d'économistes, de chimistes, en même temps que celle des mathématiciens au sens strict. Il est bon de ne plus raisonner seulement en termes de "mathématiques", "mathématiques pures et mathématiques appliquées", mais de **considérer l'ensemble des "sciences mathématiques"** dans la variété de leurs acteurs et de leurs utilisateurs." (Rapport au ministère de l'Education nationale, 2002).*

Cette approche est renforcée par l'usage possible des technologies et de simulations en applet Java entre autre. C'est par exemple ce que plebiscite le NCTM américain.

On plébiscite d'une part les **activités d'explorations, d'enquêtes, de recherche** et d'autre part les activités de **modélisation**. Tout le monde s'accorde sur le bienfait de **faire faire des modélisation (et de faire construire des simulations)** aux élèves. On retrouve l'esprit des constructionistes pour ce genre d'activité et leurs arguments. Les outils utilisés sont des logiciels professionnels adaptés et je pense que c'est assez proche de ce qui se fait maintenant au MIT. (C'est le cas des scénarios inquiry-based learning" et "collaborative inquiry-based learning").

Certains didacticiens travaillent à créer des situations intéressantes où les élèves peuvent modéliser et donner du sens à certaines notions mathématiques. D'autres restent focalisés sur "**les mathématiques des mathématiciens**" : c'est le fait de connaître profondément les mathématiques dans leur spécificité qui est intéressant pour se faire une idée des différences dans les approches scientifiques et pour utiliser les mathématiques en connaissance de cause. Les situations proposées cherchent aussi à "faire faire" : **faire faire des conjectures, faire faire des preuves**...C'est l'enseignant qui reste la ressource principale. C'est lui qui "institutionnalise" les connaissances à la fin d'une séance.

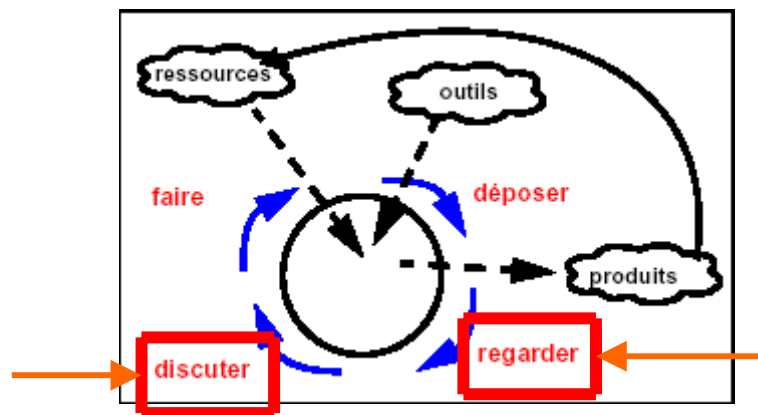
Les outils comme les logiciels de géométrie dynamique peuvent être utilisés pour "faire faire" des vérifications, des explorations de configurations...

2.2.3 Processus, métacognition

"Constructivist teaching practices help learners to internalize and reshape, or transform new information" (Brooks & Brooks, 1993 cité dans dans Boethel&Dimock, 1999).

Généralités...

Dans cette partie je suis plutôt dans les phases "regarder" et "discuter" du Workflow pédagogique...



Si les "tâches d'action" peuvent être différentes, toutes les approches insistent sur les stratégies cognitives d'apprentissage. Il faut "faire faire" et il faut "faire réfléchir", gérer l'apprentissage.

Dans un environnement constructiviste, l'apprenant *construit* ses connaissances. Une facette de cette construction est le fait de "faire marcher" les processus cognitifs : intégration des nouvelles connaissances aux connaissances antérieures, "processus d'accommodation"¹⁰.

¹⁰ Christian Depover explique de la façon suivante ce qu'est le processus d'accommodation (et préalablement la notion d'assimilation) :

"Pour Piaget, l'apprentissage c'est-à-dire le développement de schèmes opératoires est le résultat d'un processus dynamique de recherche d'équilibre entre le sujet et son environnement :

- L'assimilation correspond à l'incorporation d'un objet ou d'une situation à la structure d'accueil du sujet (structure d'assimilation) sans modifier cette structure mais avec transformation progressive de l'objet ou de la situation à assimiler. Le sujet transforme les éléments provenant de son environnement pour pouvoir les incorporer à sa structure d'accueil.

Jonassen (1992) décrit l'activité d'un élève qui construit ses connaissances et souligne l'importance de soutenir ses processus d'apprentissage : *"Learners integrate new ideas with prior knowledge in order to make sense or make meaning or reconcile a discrepancy, curiosity, or puzzlement. They construct their own meaning for different phenomena. The models that they build to explain things are simple and unsophisticated at first, but with experience, support, and reflection, they become increasingly complex. As we explained earlier, we believe that it is impossible for learners to know what the teacher knows. They can only know what they know, so they should be supported in the process of coming to know."* (Constructive learning)

Il faut donc prévoir des activités d'objectivation/métacognition individuelles et collectives.

"Learners should be required by technology-based learning to articulate what they are doing, the decisions they make, the strategies they use, and the answers that they found. When they articulate what they have learned and reflect on the processes and decisions that were entailed by the process, they understand more and are better able to use the knowledge that they have constructed in new situations." (Reflective learning, Jonassen 1992)

L'enseignant a un rôle très important à jouer pour permettre à l'élève d'articuler ses connaissances. Il dirige l'attention des élèves sur les compétences et les connaissances qu'ils ont développées ainsi que sur leurs stratégies d'acquisition de ces compétences et de ces connaissances.

Il doit savoir reconnaître les conceptions initiales, savoir identifier les connaissances et les croyances des élèves. *"Teachers probe students' current understandings in depth by structuring activities that bring those understandings to light, by providing numerous opportunities for students to express their understandings, and by listening to students' explanations of their reasons and problem-solving strategies as well as to their answers."* (Boethel et Dimock, 1999)

-
- L'accommodation : lorsque l'objet ou la situation résistent, le mécanisme d'accommodation intervient en entraînant une modification de la structure d'accueil de l'individu de manière à permettre l'incorporation des éléments qui font l'objet de l'apprentissage. Dans ce cas, le sujet est transformé par son environnement."

Ce travail "stratégique" d'apprentissage permet de construire des savoirs plus "profondément", des savoirs qui seront "transférables" et agit sur la motivation : comme je l'ai vue précédemment, les élèves ont besoin de percevoir les exigences de la tâche et de poser régulièrement leurs objectifs (*apprentissage intentionnel*), d'avoir également le sentiment qu'ils ont le contrôle de leur réussite.

Discussion sur les scénarios

	Approche didactique	Approche constructionniste	Approche pédagogique	+ Approche collaborative
Activité réflexives	Carnet de bord Formulation, argumentation	Carnet de bord	Carnet de bord (Rapports) Cartes conceptuelles...	Mémoire du groupe (wiki, portails...) Formulation, négociation

Tableau 5 : Les activités réflexives des scénarios.

Les activités réflexives peuvent prendre des formes variées : dialogue enseignant-élève ou élève-élève, écriture de carnet de bord, création de cartes conceptuelles...

Dans toutes les approches techno-pédagogiques, la création d'un carnet de bord est prévue : carnet du designer, de l'inventeur, du chercheur.

Dans le modèle de Jonassen (1998), il est prévu l'usage d' *outils cognitifs* : il s'agit des outils de visualisation, de modélisation mais aussi, par exemple, des outils pour représenter ses connaissances d'un domaine (cartes conceptuelles). C'est encore d'autres formes de tâches métacognitives. Dans les projets transdisciplinaires, les ressources sont riches et l'apprenant rencontre de multiples représentations d'une même notion. Si les technologies permettent de faciliter la création de liens entre des phénomènes (physiques et mathématiques, par exemple), il faut que l'apprenant les construise, les réalise et des outils cognitifs, collaboratifs, assistent l'apprenant dans ce genre de processus d'apprentissage.

Dans les scénarios didactiques ou basés sur la résolution de problèmes, on fait attention à prendre en compte la difficulté des élèves à dépasser leurs conceptions initiales. (il faut "*prendre en compte la résistance au changement*").

Dans les scénarios "ouverts", l'enseignant doit être encore plus vigilant car il ne dirige pas tout à fait les apprentissages des apprenants. Il doit savoir poser les bonnes questions. Il faut poser plusieurs problèmes parce que les élèves peuvent ne pas se rendre compte des contradictions qui semblent évidentes pour l'enseignant. C'est d'ailleurs un dilemme : la contradiction saute aux yeux de l'enseignant parce qu'il sait, parce qu'il a assimilé l'information profondément. Si l'élève ne sait pas, il ne voit pas de contradiction...

*"The girl believes that the ice will melt first if it is covered by wool. Her argument is that wool is warm, and therefore it will make the ice warm. Of course, her ice block covered with aluminum foil melts first. But this empirical event does not shake her conviction that she holds the right view. She thinks that some sort of condition of the experiment is responsible for the unexpected outcome. **One single piece of empirical counter evidence will usually not change students' conceptions, but many such pieces of evidence are necessary and a new conceptual framework has to be provided in which the correspondence may be explained.**"* (Duit cité dans Boethel et Dimock, 1999)

Dans les scénarios socio-constructivistes comme les scénarios du projet Seed, il me semble qu'il y a moins de focalisation sur le fait de dépasser les "obstacles cognitifs" peut-être parce que l'objectif n'est pas de dépasser un ou plusieurs obstacles cognitifs définis à l'avance. Les activités sont plus ouvertes et les élèves se spécialisent en fonction des projets qu'ils ont choisis (cf. la "fragmentation du savoir"). On met les élèves dans un milieu riche, on leur fait faire des activités et on les fait discuter sur leurs stratégies et sur les connaissances et compétences acquises. Une facette de l'apprentissage par projet est *"un apprentissage dont les buts sont identifiés et formulés mais par rapport auxquels les enjeux et les résultats des processus d'acquisition des connaissances ne sont ni prédéterminés, ni entièrement prévisibles."* (Synteta cité dans Schneider 2003)

J'aborde ici brièvement la question de l'évaluation. L'évaluation dans les environnements constructivistes est une évaluation formative. Elle doit être intégrée aux processus d'apprentissage ; elle ne doit pas constituer une rupture avec la situation d'apprentissage. Elle se fait notamment en intégrant l'usage des carnets de bord qui reflètent la qualité des apprentissages et le degré de "méta-réflexion" des apprenants.

2.2.4 L'authenticité

Autour de l'authenticité

Dans les dimensions de l'évaluation des scénarios, présentées dans le préambule de la deuxième partie, un axe est consacré à "l'orientation de la tâche" : académique ou authentique. L'authenticité est un mot récurrent dans les définitions, descriptions des environnements d'apprentissage constructivistes. L'authenticité agit sur la motivation des élèves (cf. partie sur la motivation), donne du sens aux connaissances à acquérir et permet le transfert des apprentissages. On peut lier cette notion à la notion de complexité, de transdisciplinarité et à la nécessité de contextualiser.

L'authenticité est peut-être une réaction au phénomène scolaire suivant : "*L'histoire de l'école est l'histoire d'une **mise à l'écart** : mise à l'écart des enfants par rapport aux adultes, mise à l'écart de la préparation à la vie par rapport à la vie elle-même, mise à l'écart de l'apprentissage par rapport aux activités productives*" (Rey, 1996 cité dans Tardif 1998).

❖ "**Apprentissage authentique**"

Pour commencer, je peux aborder l'authenticité en parlant d' "**apprentissage authentique**". Il faut essayer de ne pas "tordre" la nature de l'apprentissage...si on suppose qu'elle est "constructiviste", "socio-constructiviste"...il faut créer des conditions où l'élève apprend "naturellement"...de la même façon qu'il faut entraîner un sportif en respectant son physique...faire mal du sport c'est s'abîmer...apprendre mal c'est sûrement aussi s'abîmer...

Une autre facette moins "méta-physique" d'un apprentissage "authentique" est l'apprentissage "de tous les jours", "de la rue"...: "***In natural learning situations, learners and performers of all ages, without the intervention of formal instruction, can acquire sophisticated skills and advanced knowledge about what they are learning. For instance, before playing sandlot baseball, do kids subject themselves to lectures and multiple choice examinations about the theory of games, the aerodynamics of orbs, and vector forces. No! They start swinging the bat and chasing fly balls, and they negotiate the rules as they play the game. Through formal and informal apprenticeships and communities and play and work, learners develop skills and knowledge which they then share with other members of those communities with whom they learned and practiced those skills. In all of these situations, learners are actively manipulating the objects and tools of the trade and learning by reflecting on what they have done.***" (Active learning, Jonassen 1992)...On voit que des élèves peuvent apprendre de façon "idéale" dans certaines situations non scolaires avec énergie et intelligence...il faut faire en sorte que l'école ne les incite pas à se comporter autrement, "scolairement"...même dans le cas où le contenu est plus académique. Pour cela, il faut certainement enlever les murs qui mettent l'école à l'écart de la réalité.

❖ **Authenticité : lien avec la réalité des élèves.**

On peut parler d'authenticité quand il s'agit de créer des liens entre le contenu à faire apprendre et le vie des élèves, leur réalité. On peut alors rapprocher la notion avec le recours au "concret". Par exemple, en histoire, l'enseignant peut demander aux élèves d'interviewer les personnes âgées de leur entourage ou il peut leur faire commenter l'actualité en la comparant avec des évènements historiques. En mathématiques, il peut introduire les triangles en expliquant que c'est la structure que l'on retrouve partout (dans les vélos et dans les charpentes parce que c'est du "solide" contrairement aux parallélogrammes qui s'effondrent...). L'authenticité sert dans ces situations d'"accroches" pour la motivation pour éviter que les savoirs soient décontextualisés, dépersonnalisés et sans intérêt.

C'est une part des objectifs des "problèmes authentiques" (ça inclut les plus "ringards" comme les problèmes de robinets qui coulent ou de commerçants qui rendent la monnaie et d'autres beaucoup plus passionnants et complexes), des scénarios par projet autour d'un thème où les élèves choisissent leur sujet en fonction de leurs intérêts...etc.

❖ **Authenticité et modernité de l'école...**

Une autre facette de l'authenticité est de veiller à ce que l'école soit "moderne" et "digne de confiance" (cf. motivation). D'une part, les contenus et les objectifs d'apprentissage doivent "s'actualiser". D'autre part, l'environnement d'apprentissage doit inclure l'usage d'outils modernes. On peut écrire avec un éditeur de texte, utiliser les calculatrices ; on peut travailler avec Internet, utiliser les portails pour la gestion des connaissances, la mise en place d'une communauté...etc. Célestin Freinet a utilisé l'imprimerie dans ses classes dans le même ordre d'idée.

❖ **Authenticité des pratiques**

Pour une discipline donnée, le souci de l'authenticité peut être le souci de faire faire des tâches représentatives de **pratiques authentiques** : pratiques d'un spécialiste de la discipline ou pratiques de spécialistes ou de professionnels qui utilisent (et nourrissent) la discipline.

Dans le projet CoVis, il s'agit de faire faire aux élèves des tâches caractéristiques d'un chercheur en sciences expérimentales et de le mettre dans un contexte de recherche scientifique authentique. Pour faire faire des mathématiques, on peut choisir un contexte authentique en biologie : les élèves devront se comporter comme des biologistes et utiliseront les mathématiques dans le contexte des biologistes (exemple : usage des statistiques pour faire des hypothèses sur la façon dont peut se propager un virus ☺).

Ceci amène certainement à des questions d'ordre épistémologique...pour définir les pratiques d'un biologiste ou d'un mathématicien...C'est le cas dans le projet CoVis : on définit ce qu'est faire de la recherche en science.

On peut chercher l'authenticité de pratiques plus "transversales" (pour les scénarios basés sur des projets, en particuliers)...comme pratiquer la gestion de projet et avoir des notions de "work packages" et de "deadlines"...ou encore savoir travailler en groupe avec l'aide des technologies comme dans les entreprises par exemple...Ce dernier cas rejoint le besoin de "moderniser" l'école et d'y introduire à la fois des contenus, des outils et des pratiques actuels (comme les pratiques de production).

❖ Authenticité du contenu

La notion de transposition de Yves Chevallard (1985) souligne la transformation des "savoirs savants" en "savoirs scolaires" : *"Au delà de sa légitimité sociale et culturelle, chaque savoir enseigné se justifie en droit par sa correspondance à un savoir extra-scolaire -un savoir savant- qui le précède et qui le fonde culturellement et scientifiquement. Or, nécessairement, dans ce passage du savoir savant au savoir enseigné, un écart se creuse, une transposition s'opère, qui adapte, remanie, et parfois **dénature** les éléments empruntés à la sphère des pratiques savantes de la connaissance."*

On peut chercher à "effacer" cet effet de transposition scolaire pour que l'apprenant construise ses connaissances en interaction avec un contenu (des ressources) "authentiques". Peut-être cela revient-il justement à se tourner du côté des compétences et des pratiques authentiques. Dans un environnement constructiviste, on cherche à contourner ce problème des "savoirs scolaires", "dénaturés". Mais si l'élève fait des recherches sur Internet (comme dans les WebQuest, par exemple), il peut trouver des informations sur des sites éducatifs où le contenu sera "transposé" : ce sera du contenu scolaire "en ligne".

Dans les scénarios constructivistes des didacticiens, tout tourne autour "d'obstacles épistémologiques"...et le travail d'authenticité est bien un travail sur l'authenticité du contenu : comment le définir à partir de situations problèmes que l'élèves aura à résoudre ? Tout le contrôle est dans le fait de pouvoir faire construire un sens "acceptable" par rapport au sens "authentique"/"intrinsèque"...

Mais je suis consciente que les frontières sont très floues et je préfère terminer sur cette citation de Phillippe Meirieu qui exprime le souci de "l'authenticité du contenu" : *"Trop souvent les disciplines scolaires ne retiennent que quelques morceaux fossilisés, dégagés de ce qui leur donnait du sens, isolés des questions fondatrices dans lesquelles ils s'inscrivaient. [...] Les disciplines scolaires sont devenues en réalité, au fil du temps, des bribes de connaissances extirpées de traités savants et compilées dans des manuels. Elles ne sont plus habitées par ce qui pourrait vraiment leur donner vie, par **l'interrogation fondatrice** qui permettrait à des êtres qui entrent dans le monde de se les approprier et de grandir [...]"*. (Meirieu cité dans Tardif 1998)

Authenticité et complexité

Le besoin d'authenticité amène à la nécessité de la "complexité"...

*"The greatest intellectual sin that we teachers commit is to **oversimplify** most ideas in order to make them more easily transmittable to learners. In addition to stripping ideas out of their normal contexts, we distill ideas to their simplest form so that students will more readily learn them. But what are they learning ?; **that the world is a reliable and simple place**. However, the world is not a reliable and simple place. Problems are multiple components and multiple perspectives and cannot be solved in predictable ways like the canned problems at the end of textbook chapters. We need to engage students in **solving complex and ill-structured problems** as well as simple problems. Unless learners are required to engage in higher order thinking, they will develop oversimplified views of the world."* (**Complex learning**, Jonassen 1992)

Il ne faut pas donner une fausse image de la connaissance et de la vie : les problèmes sont généralement complexes, mal définis, il n'y a pas de vérité absolue...il y a peu de certitudes et il faut savoir gérer de nombreuses variables dépendantes...C'est une approche très générale qui concerne "l'image de la réalité"...Les conséquences pour l'enseignement sont liées aux compétences transversales : devenir compétent à gérer la complexité au lieu de devenir un élève compétent dans la résolution de problèmes scolaires.

Resnick présente le même argument quand il justifie la nécessité de "produire" en apprenant : *"schools should be simulating more of the productive learning that occurs out-of-school in order to prepare students for successful performance in **unpredictable and unforeseen situations***. (Resnick, 1987).

Authenticité et transdisciplinarité

L'authenticité amène également à la notion de transdisciplinarité avec le même raisonnement qui amène au besoin de complexité. La réalité est complexe et "transdisciplinaire" : il faut donc enseigner sans cloisonner les disciplines : *"For me, the purpose of education is to make you more effective in life, and life doesn't come packaged in disciplines"* (Chris Dede 1995 cité dans Tardif 1998)

Je cite un long passage qui définit les termes "pluridisciplinarité", "interdisciplinarité" et "transdisciplinarité" (Référence : <http://perso.club-internet.fr/nicol/ciret/locarno/locarno4.htm>)

La **pluridisciplinarité** concerne l'étude d'un objet d'une seule et même discipline par plusieurs disciplines à la fois. Par exemple, un tableau de Giotto peut être étudié par le regard de l'histoire de l'art croisé avec celui de la physique, la chimie, l'histoire des religions, l'histoire de l'Europe et la géométrie. Ou bien, la philosophie marxiste peut être étudiée par le regard croisé de la philosophie avec la physique, l'économie, la psychanalyse ou la littérature. L'objet en question sortira ainsi enrichi du croisement de plusieurs disciplines. La connaissance de l'objet dans sa propre discipline est approfondie par un apport pluridisciplinaire fécond. La recherche pluridisciplinaire apporte un plus à la discipline en question (l'histoire de l'art ou la philosophie, dans nos exemples), mais ce "plus" est au service exclusif de cette même discipline. Autrement dit, la démarche pluridisciplinaire déborde les disciplines mais sa finalité reste inscrite dans le cadre de la recherche disciplinaire.

L'interdisciplinarité a une ambition différente de celle de la pluridisciplinarité. Elle concerne le transfert des méthodes d'une discipline à l'autre. On peut distinguer trois degrés de l'interdisciplinarité :

a) un degré d'application. Par exemple, les méthodes de la physique nucléaire transférées à la médecine conduisent à l'apparition de nouveaux traitements du cancer ;

b) un degré épistémologique. Par exemple, le transfert des méthodes de la logique formelle dans le domaine du droit génère des analyses intéressantes dans l'épistémologie du droit ;

c) un degré d'engendrement de nouvelles disciplines. Par exemple, le transfert des méthodes de la mathématique dans le domaine de la physique a engendré la physique mathématique, de la physique des particules à l'astrophysique - la cosmologie quantique, de la mathématique aux phénomènes météorologiques ou ceux de la bourse - la théorie du chaos, de l'informatique dans l'art - l'art informatique. Comme la pluridisciplinarité, l'interdisciplinarité déborde les disciplines mais sa finalité reste aussi inscrite dans la recherche disciplinaire. Par son troisième degré, l'interdisciplinarité contribue même au big bang disciplinaire.

La transdisciplinarité concerne, comme le préfixe "trans" l'indique, ce qui est à la fois **entre** les disciplines, **à travers** les différentes disciplines et **au delà** de toute discipline. Sa finalité est la **compréhension du monde présent**, dont un des impératifs est l'unité de la connaissance.

La disciplinarité, la pluridisciplinarité, l'interdisciplinarité et la transdisciplinarité sont les quatre flèches d'un seul et même arc : celui de la connaissance."

Authenticité et contexte

"L'authenticité contribue à ce que les apprentissages réalisés en milieu scolaire soient fortement contextualisés et à ce qu'il soient transférables dans des contextes en dehors de l'école [...] Sans contextualisation, sans aucune référence à un contexte particuliers, tout apprentissage constituerait une pure abstraction." (Tardif 1998)

Les environnements d'apprentissage "authentiques" créent un contexte qui a du sens intellectuellement et affectivement pour les élèves. En effet, les connaissances à acquérir sont abordées dans des contextes où elles ont du sens, où elles sont utiles, où elles permettent de résoudre des problèmes et d'autre part, ces derniers sont liés à la réalité des apprenants qui vivent des expériences valorisantes, complexes, "professionnelles".

La théorie de l'apprentissage qui s'intéresse particulièrement au contexte d'apprentissage est la théorie de l'apprentissage situé. L'apprentissage situé (Brown, Collins, Seely and Duguid, 1989) est proposé comme une méthode d'apprentissage pour s'assurer que les élèves apprennent des concepts *ancrés* dans le contexte du domaine d'étude. L'idéal est que l'apprenant soit *immergé* dans la *culture* du domaine à étudier. Par exemple, un étudiant en géologie devra comprendre comment un géologue apprend, trouve de l'information et l'intègre pour résoudre des problèmes dans le domaine de la géologie. (authenticité des pratiques). (cf. scénarios Jasper Série)

On peut considérer également la dimension sociale du contexte : j' y reviens dans la partie suivante "Aspects sociaux et collaboratifs".

Discussion

Le tableau ci-dessous situe les différentes approches dans leur soucis de lier les apprentissages et les activités au "contexte de vie" des apprenants ("real-life context"), dans leur soucis de faire vivre des expériences conformes à des pratiques disciplinaires ou transversales, dans leur soucis de modernité, dans leur soucis d'un contenu "puissant" (Big ideas). Enfin, les trois dernières lignes concernent la complexité, les choix "inter-pluri-trans-disciplinaires", et le contexte.

	Approche didactique	Approche constructionniste	Approche pédagogique	+ Approche collaborative
Soucis de raccrocher à la réalité des élèves. "real-life context"	Par des exemples.	Projets ouverts, projets personnels.	Projets ouverts, projets personnels.	
Soucis de pratiques disciplinaires	Oui	Non (à voir)	Non (mais peut s'en inspirer pour trouver des tâches et des scénarios)	Communauté d'apprentissage scientifique.
Soucis de pratiques transversales	Non	Oui...pratiques générales de design, d'ingéniering...	Oui ...résolution de problèmes, production, gestion de projets...	Savoir collaborer, savoir gérer les connaissances collectives...
Soucis de modernité	Contenus d'enseignement à faire évoluer, nouvelles compétences disciplinaires avec les technologies.	Usage des technologies	Usage des technologies et soucis des compétences transversales (cf. pratiques transversales)	Usage des outils modernes de communication et de travail coopératif et collaboratif.
Soucis des "Big ideas".	Cœur des démarches	Cœur des démarches	S'en inspire.	
Complexité	Situations fondamentales complexes	Démarche de "design", problèmes ouverts et mal définis. Systèmes complexes.	Problèmes ouverts, gestion de projets...	Problèmes qui ne peuvent pas se résoudre seul. Complexité de communiquer et de se comprendre.
"inter-pluri-trans" disciplinarité	Interdisciplinarité	Transdisciplinarité	Transdisciplinarité Pluridisciplinarité	
Contexte	Celui du scientifique ou du mathématicien ou relativement scolaire.	Celui d'un designer ou d'un ingénieur.	Projet ou la recherche scientifique	Communauté de pratique et d'apprentissage.

Tableau 6 : Authenticité, complexité, transdisciplinarité dans les différents approches.

- **Authenticité : lien avec la réalité des élèves.** Dans une approche didactique, pendant la phase de mise en situation, pour que les élèves entrent en "dévolution", l'enseignant introduit généralement un problème "concret", authentique. C'est d'ailleurs une démarche typique pour introduire des problématiques de modélisation (modéliser une situation concrète). Dans les autres approches, l'ouverture de l'environnement, l'autonomie des élèves est la clé pour permettre à chaque élève de construire son projet personnel et donc de lier ses "obligations" scolaires à ses intérêts, à sa vie "en dehors de l'école".
- **Authenticité des pratiques.** L'authenticité peut signifier d'une part "*faire des sciences comme des scientifiques*" (se comporter comme un mathématicien, un physicien...c'est le cas des approches didactiques...c'est aussi le cas des "approches situées", quand les apprenants observent les experts résoudre des problèmes dans leur spécialité). D'autre part, l'authenticité peut signifier "*développer des pratiques transversales authentiques*", pratiques de designers, stratégies authentiques de gestion de projets.
- **Authenticité et modernité.** Dans des approches didactiques, le souci de modernité concerne l'actualisation des contenus, l'intégration de technologies spécifiques et l'étude des nouvelles compétences et attitudes qu'elles induisent. Dans les autres approches, la modernité vient de l'usage de technologies comme outils de production, comme outils de gestion, de collaboration et de l'apprentissage de compétences transversales "professionnelles", "actuelles".
- **Authenticité du contenu, Big ideas.** Les didacticiens et les constructionnistes visent la "rencontre" avec un contenu riche (cf. lien personnel et épistémologique : "*A well-designed construction kit makes certain ideas and ways of thinking particularly salient, so that users are likely to connect with those ideas in a very natural way, in the process of designing and creating*" (Resnick, 1991). Les autres approches s'inspirent certainement des travaux sur le contenu pour construire les activités et les challenges.
- **Complexité.** Pour chaque type d'environnement, il existe des problèmes et des tâches complexes à résoudre. Dans le cas des scénarios centrés sur la collaboration, les enseignants peuvent proposer des tâches qui ne peuvent pas être assumées par une seule personne (besoin authentique de coopération ou de collaboration, selon les cas : "*Certains buts ne peuvent pas être atteints seuls. Ce phénomène existe surtout dans la vie active, mais il est utile que les élèves même au niveau de la scolarité obligatoire se voient confrontés à une telle situation.*", Schneider)

- **"Inter-pluri-trans" disciplinarité.** L'approche des didacticiens est interdisciplinaire (faire des liens "épistémologiques entre les disciplines") , celle des constructionnistes est transdisciplinaire (apprentissage intégrés, "*Learning More Can Be Easier Than Learning Less*"). Les approches pédagogiques sont transdisciplinaires ("*Un apprentissage qui incite les apprenants à avoir recours à de nombreuses sources d'information et disciplines afin de résoudre des problèmes.*" (Synteta, 2002) et pluridisciplinaires.
- **Contexte.** Contexte scientifique pour les approches didactiques ou les approches "Inquiry based learning" (Mars exploration), les approches "Collaborative discovery learning" (CoVis, CoolNodes). Contexte de design pour les approches constructionnistes. Contexte de communauté d'apprentissage, de gestion "productive" des apprentissages pour des approches socio-constructivites comme Tecfassed.

2.2.5 Les aspects sociaux et collaboratifs

Approches psycho-pédagogiques

Les **approches socio-culturelles** de l'apprentissage et les **approches de la cognition située et partagée** s'attachent à l'importance des interactions sociales dans l'apprentissage.

Les approches socio-culturelles remontent aux théories de Vygotsky : Vygotsky a abordé l'apprentissage sous l'angle de l'action structurante des nombreuses **interactions** que l'apprenant vit dans **son environnement social**. Pour lui, "*la vraie direction du développement ne va pas de l'individuel au social, mais du **social à l'individuel***" (Vygotsky, in Johsua et Dupin, 1993, p. 106). Le sujet construit dans le dialogue avec un enseignant ou un pair des outils de pensée qu'il peut s'approprier (***intériorisation et assimilation des outils de pensée***). "*Les interactions sociales qu'un individu expérimente modèlent une partie importante de son apprentissage et contribuent au développement par un effet d'échafaudage.*" (Schneider, 2003)

Vygotsky a proposé le concept de "**zone proximale de développement**" : elle renvoie à l'écart entre ce qu'un apprenant est capable de réaliser intellectuellement à un moment de son parcours et ce qu'il serait en mesure de réaliser avec la médiation d'autrui. Par un effet d'échafaudage, l'enseignant lui permet de parcourir cet écart et d'atteindre une nouvelle étape d'apprentissage. Ou encore : la zone proximale de développement inclut "*les fonctions qu'un apprenant peut maîtriser seulement à l'aide d'une autre personne*".

Les approches de la “cognition située” et “partagée” postulent que la cognition et donc l'apprentissage se situent toujours par rapport à un environnement physique et social concret. Autrement dit, les connaissances sont **contextuelles** et **apprendre signifie s'insérer dans une communauté de pratique** en exerçant des activités “réelles”. (Schneider, 2003). Ce sont les théories sur lesquelles un projet comme CoVis est fondé, par exemple.

Plusieurs contextes d'interactions sociales.

Les deux approches "pointent" deux aspects "sociaux" complémentaires : d'une part, la **communication (l'interaction sociale)** et de l'autre la participation à une **communauté d'apprentissage**. On peut dire aussi qu'un aspect social "**local**" est le **dialogue** (à deux personnes ou plus), synchrone ou asynchrone, et qu'un aspect **global** est la **communauté** avec ses pratiques, son langage, sa culture.

D' autre part, on peut distinguer deux types d'interactions sociales : les "**interactions dissymétriques de guidage**", et les interactions entre pairs, "**les interactions symétriques de résolution conjointe**"¹¹ :

*"Le premier pôle concerne plus spécifiquement tout ce qui touche aux différents modes d'étayage ou de tutorat. Gilly (1995) définit ces interactions de guidage par " les interactions dans lesquelles **un sujet naïf est aidé par un sujet expert** (adulte ou enfant plus avancé que le naïf) dans l'acquisition d'un savoir ou d'un savoir-faire " (p. 136). Le deuxième pôle s'intéresse aux interactions caractérisées par **une symétrie des statuts et des rôles entre pairs.**"*

¹¹ http://www.edunet.ch/classes/c9/dubois/didact/theories.htm#_Toc462273627

Le deuxième pôle est actuellement étudié dans les recherches sur l'apprentissage collaboratif. Dillenbourg (1999 cité dans Schneider 2003) précise que ce sont les activités générées pendant les activités collaboratives qui sont à l'origine des apprentissages : "**Collaborative learning is not one single mechanism: if one talks about 'learning from collaboration', one should also talk about 'learning from being alone'. Individual cognitive systems do not learn because they are individual, but because they perform some activities (reading, building, predicting,...) which trigger some learning mechanisms (induction, deduction, compilation,...). Similarly, peers do not learn because they are two, but because they perform some activities which trigger specific learning mechanisms. This includes the activities/mechanisms performed individually, since individual cognition is not suppressed in peer interaction. But, in addition, the interaction among subjects generates extra activities (explanation, disagreement, mutual regulation,...) which trigger extra cognitive mechanisms (knowledge elicitation, internalization, reduced cognitive load,...).**"

Discussion

Scénarios	Dimension sociale et collaborative.	Support des technologies pour les aspects sociaux et collaboratifs.
Logo	Travail collectif. Interactions spontanées entre pairs. Interactions élève-enseignant de guidage .	?
ISDP : Instructional Software Design Studio"	Travail collectif. Interactions spontanées entre pairs. Interactions élève-enseignant de guidage. Notion de " explanatory-based interactive learning environments " (Brown) ...vers une communauté de pratique autour du design de software éducatifs.	?
"Inventor's Workshop"	Travail collectif... ...vers une communauté de pratique autour du design avec " <i>le distributed constructionism</i> ". "To discuss, share et collaborate on constructions"	Intranet pour les discussions, les échanges et des projets de construction coopératifs.
The architectural design studio.	Travail collectif et communauté d'apprenants sur le modèles des communautés d'apprenants en design et architecture.	Portfolios virtuels ? Desk crits= forum.

Aquamoose	Jeux : activités collaboratives. Constructions et programmation de jeux : communauté de pratique autour de Aquamoose.	Environnement 3D : avatar, chat.
Jasper	Travail collectif et tâches collaboratives ou coopératives. Interactions spontanées entre pairs. Interactions élève-enseignant de guidage.	?
WebQuest	Travail de groupe coopératif/collaboratif.	?
Mars Exploration	Tâches coopératives , travail collectif . Communauté autour d'une collaboration classes/scientifiques.	Internet, mail, téléphones
Micro-activités	Tâches collaboratives . Tâches individuelles . Ambiance collective.	C3MS brick (light CSCL)
Wiki en biologie	Tâches collaboratives. Tâches individuelles. Ambiance collective.	Wiki (light CSCL)
Pangea	Communauté d'apprenants autour du projet.	C3MS brick (dont les forums), portail.
Projet sur les statistiques avec CoolModes.	Tâches collaboratives et communauté d'apprenant.	CoolModes (rocket CSCL ☺) Portail ?
CoLDex	Tâches collaboratives et communauté d'apprenant.	"Computer-mediated collaboration tools" Portail
CoVis	Communauté de pratique scientifique : " a scientific learning laboratory that includes students, teachers, scientists, informal science educators, and educational researchers"	CSCL asynchronous collaboration environment, desktop video teleconferencing, Internet tools (e-mail, Usenet, news, Gopher)
Situation de la course à 20.	Travail collectif et collaboratif : interactions entre pairs et interactions élève-enseignant de guidage .	aucun

Le débat scientifique	Communauté de mathématiciens. Travail collaboratif "en plénière". Interactions élève-enseignant de guidage .	aucun
Usages de Cabri	Travail collectif et collaboratif.	aucun
EIAH	Tâches collaboratives.	EIAH, CSCL

Tableau 7 : Approche sociale et collaborative dans les différents scénarios présentés en première partie.

Dans les années 90, les scénarios constructionnistes envisagés prévoient essentiellement un **travail "collectif"** des élèves. (Cf. première partie, scénarios socio-constructivistes : distinction entre travail collaboratif, coopératif et collectif). L'ambiance (en présentiel, en "classe") est **une ambiance de "Workshop"**. On peut imaginer des élèves qui se lèvent, vont voir ce que font leurs pairs, discutent spontanément. *"In LEGO/Logo workshops, we encourage groups to share ideas, designs, and actual constructions--and to critique one another's designs."* (Resnick, 1991). Il est prévu également des échanges en plénière plus structurés (brainstorming, par exemple...desk crit et pin up dans le "architectural design studio").

Dans son modèle d'environnement, Jonassen propose l'usage de "Conversation and Collaboration Tools" : *"Problems are solved when a group works toward developing a common conception of the problem, so their energies can be focused on solving it"*. Dans les scénarios Jasper, dans les WebQuest, les élèves travaillent en groupe. Les tâches sont peut-être collaboratives mais ne sont pas scénarisées. Le travail doit par conséquent ressembler parfois à du "travail collectif". Dans un projet comme Jasper, les outils de support sont les "cognitive tools" qui permettent de visualiser et donc de partager, discuter les conceptions, les représentations, les solutions de chacun.

Les tâches collaboratives sont surtout envisagées dans des scénarios intégrant des outils comme CoolNodes, dans les scénarios comme CoVis, CoLDex ou dans les activités intégrant l'usage des "C3MS brick" des portails. Ce sont d'ailleurs des scénarios plus récents. Les didacticiens ont participé également au développement d'environnement collaboratifs (EIAH).

Un projet comme CoVis vise la mise en place d'une **communauté scientifique** où les pratiques sont celles des chercheurs. Dans l'approche de TecfaSeed, les communautés sont des **communautés d'apprenants** où les pratiques sont celles instaurées par la classe et l'enseignant.

Pour finir, il me semble que dans les approches constructionnistes et didactiques, les situations "d'interactions dissymétriques de guidage" (!), sont plus fréquentes : l'enseignant a le rôle d'un guide "expert du contenu" (il guide bien parce qu'il connaît profondément le contenu à enseigner) tandis que dans des approches pédagogiques plus générales, l'enseignant peut devenir co-apprenant et l'apprenant peut devenir expert.

2.2.6 L'usage des TICE

Tic et scénarios constructivistes

Les technologies et les pédagogies fondées sur les théories constructivistes sont très liées. D'une part les pédagogies modernes appellent les technologies en support et d'autre part les technologies sont l'occasion de nouvelles façons d'apprendre et contribuent à l'évolution de ces pédagogies. *"Many researchers propose that technology—particularly computer-based technology—can become **an essential piece of a new type of K–12 learning environment based on constructivist learning theory** (Bagley and Hunter, 1992; Bransford, Sherwood, Hasselbring, Kinzer, and Williams, 1990; CTGV, 1991; Duffy and Jonassen, 1992; Knuth and Cunningham, 1993; O'Connor, 1992; Perkins, 1992; Riel, 1994; Strommen and Lincoln, 1992). For example, Sandholtz et al. (1997) state: "Technology is **a catalyst for change in classroom processes because it provides a distinct departure, a change in context** that suggests alternative ways of operating. It can drive a shift from a traditional instructional approach toward **a more eclectic set of learning activities** that include knowledge-building situations for students". (Boethel et Dimock, 1999).*

Le titre de mon mémoire, « Scénarios socio-constructivistes pour la classe de mathématiques » ne fait pas allusion directement à l'usage des technologies : le terme « socio-constructiviste » est employé dans le sens de « pédagogies modernes » et ces pédagogies incluent intrinsèquement l'usage des technologies¹². Elles sont d'ailleurs développées en grande partie par les courants des technologies éducatives.

¹² Je suis consciente que c'est un propos très « techno-centré » ☺

Dans les pédagogies (socio)-constructivistes, les technologies sont des outils pour l'apprentissage en opposition à un usage plus instructiviste où elles remplacent l'enseignant dans la transmission des contenus et la correction d'exercices. La citation suivante va dans ce sens et donne différentes fonctions des technologies dans le rôle de **support** des pédagogies modernes.

*“We have seen that when technology is used as **a tool for learning**, rather than the object of instruction or as the instructor, **it can assist teachers** as they strive to :*

- *uncover students' prior knowledge, understanding and beliefs ;*
- *tap into student interests and provide increased motivation for learning ;*
- *base instruction on the posing of problems ;*
- *provide a variety of experiences, experimentation, and negotiation of meaning ;*
- *increase the complexity of the content ;*
- *take on the role of facilitator ;*
- *increase the ability of students to test multiple scenarios*
- *and thus challenge preconceived notions or misconceptions ;*
- *increase the authenticity of the content and context; and,*
- *broaden the circle of social interaction to include students' peers and experts beyond the classroom, the school, the community and even their home country.”*
(Boethel et Dimock, 1999).

Parmi les technologies utilisées dans les scénarios constructivistes, je distingue globalement deux catégories : les technologies conçues spécifiquement pour l'enseignement et les technologies « authentiques » d'usage courant ou professionnel. C'est sur cette distinction que je base la discussion qui suit.

Discussion

Le tableau suivant présente les types de technologies privilégiées par chaque approche.

	Approche didactique	Approche constructionniste	Approche pédagogique	+ Approche collaborative
Technologies	Micromonde Logiciels spécifiques "Content specific tools"	Micromondes Outils de production pour enfants	Internet Mindtools "Context specific tools" "General purpose tool" Outils professionnels adaptés.	Internet Outils de communication Portails Collaborative system.

Tableau 8 : Types de technologies privilégiées par chaque approche.

Parmi les technologies conçues spécifiquement pour l'enseignement, il y a les micromondes comme Cabri ou Logo, les simulations, les vidéos comme celles des Jasper'series, les sites éducatifs multimédia et interactifs. Le NCTM américain propose pour l'enseignement des mathématiques l'usage de « content specific tools » et « context specific tools » : ce sont en particulier des applets Java qui simulent des phénomènes (content specific...Exemple : la courbe de Gauss) ou des situations où se manifestent les concepts scientifiques (context specific...Exemple : variation de l'intensité de la lumière dans les fonds océaniques).

Parmi les technologies d'usage courant ou professionnel, il y a Internet, les outils de communication, de gestion, les technologies de support pour le travail collaboratif, les logiciels d'édition...Le NCTM les nomme les « general purpose tools ».

Il y aussi des outils professionnels plus ou moins adaptés et simplifiés pour l'usage scolaire. Par exemple, dans le projet Covis, les outils professionnels pour l'étude du climat ont été adaptés pour qu'ils puissent être pris en main par des enfants. De même, les outils multimédia (Logo Macromédia) sont des logiciels d'édition multimédia qui reprennent les fonctionnalités des outils professionnels mais qui sont destinés à des enfants.

Les thinking tools ou mindtools ou cognitive tools recoupent plusieurs types de technologies : ils peuvent être des simulations spécifiques d'un contenu ou des outils plus généraux comme le logiciel MindMapping qui est un outil professionnel.

Dans la citation précédente de Martha Boethel et K. Victoria Dimock , l'usage des technologies se réfère surtout à un usage de logiciels spécifiques : pour faire évoluer les conceptions, pour fournir différentes représentations d'un même phénomène, pour introduire des problèmes...Les approches didactiques ou « collaborative discovery learning » s'inscrivent particulièrement dans ce type d'usage. Les approches plus générales comme TecfaSeed intègrent l'usage des outils professionnels et authentiques comme les portails et s'attachent aux technologies comme support de gestion : « *In more general terms, we claims that the computer should be mainly a facilitating struture, a thinking, working & communication tool and not a content transmission device.* » (Schneider, 2003).

Les deux approches ne sont pas incompatibles et au contraire se complètent : les « technologies spécifiques » s'intègrent au contenu d'apprentissage et les TIC s'intègrent aux stratégies d'apprentissage.

Dans tous les cas, les technologies sont des **outils de travail** : pour collecter et consulter des ressources, pour construire et créer, pour soutenir les processus d'apprentissage, pour la communication et la gestion.

Elles sont également **une source de motivation, de dynamisme et de modernité** : “*When technology is used in support of challenging projects, it in turn can contribute to **students’ sense of authenticity** and to the “real-life” quality of the task at hand. As one teacher put it, students need to feel that they are “**using real tools for real purposes.**” Being able to access the tools that are used by professionals for similar tasks allows students to aspire to a level of work and quality of product that more closely reflects what they see and know of the outside world.*” (Edelson, Pea et Gomez, 1996)

3. Résumé entre deux pôles : didactique et pédagogique.

Le tableau suivant présente un résumé des convergences et divergences des différentes approches constructivistes.

	Convergences	Divergences Didactique ↔ Pédagogique
Motivation	Engagement de l'apprenant. Intrinsèque. Processus d'apprentissage intéressant. Facteurs de motivation (Tardif)	Sens ↔ Valeur Plaisir "mathématique" ↔ Intérêt de l'apprenant
Activités	Apprenant actif et producteur.	Intention didactique ↔ Ouverture pédagogique Enseignant expert ↔ Apprenant expert. Notions clés ↔ Ressources riches Contenu transversal ↔ Compétences transversales
Processus et métacognition	Rôle stratégique de l'enseignant. (étayage et désétayage) Apprenant réflexif.	Gérer connaissances antérieures, conflits cognitifs ↔ Rapports, carnets de bord...
Authenticité	Eviter les "savoirs scolaires", un contexte "scolaire" Activités, contexte authentique	Contenu et pratiques scientifiques ↔ Compétences transversales.
Communauté d'apprentissage	Nécessité d'un apprentissage social et collaboratif	Aspect important ↔ Aspect central
Technologies	Usage intégré des technologies	Logiciels spécifiques ↔ Outils de gestion et de production, professionnels Technologies ↔ TIC

Tableau 9 : Résumé des convergences et divergences dans les différentes approches constructivistes.

Comme je le disais en préambule de la deuxième partie, les différentes approches font partie d'un même mouvement, d'un même "paradigme" (Tardif a proposé le *paradigme d'apprentissage*) :

- Apprenant engagé, processus d'apprentissage intéressant.
- Apprenant actif et producteur.
- Apprenant réflexif et stratégique.
- Tâches et contexte authentique.
- Communauté d'apprentissage.
- Intégration des technologies.

Je fais l'hypothèse que l'on peut résumer les "divergences" des approches constructivistes pour l'enseignement des mathématiques (et particulièrement pour les mathématiques¹³) autour de la difficulté de se positionner entre les deux pôles "didactiques" et "pédagogiques" : se positionner entre l'attachement à un contenu spécifique et l'intérêt pour des approches techno-pédagogiques générales (en particuliers, dans mon cas, les approches socio-constructivistes comme l'approche de Tecfaseed).

- Motivation : *Sens* \leftrightarrow *Valeur, Plaisir "mathématique"* \leftrightarrow *Intérêt*.
On peut chercher à motiver les élèves en rendant intéressant le contenu d'apprentissage : l'élève sera engagé dans la construction du sens et c'est un plaisir intellectuel qui va le stimuler. Si un apprenant attribue du sens à un contenu, il trouvera de la valeur aux activités d'apprentissage parce que la construction du sens génère de la satisfaction. On cherche à lui faire ressentir le plaisir "spécifique" de faire des mathématiques. Ou : on cherche à intéresser l'apprenant, à prendre en compte ses préoccupations dans la "vraie vie", on veille à ce qu'il construise une perception de la tâche valorisante (parce qu'elle est "authentique" ou "professionnelle" ou "créative"...), parce qu'elle laisse de l'autonomie (contrôle de l'apprenant).

¹³ Dans ce mémoire, je m'intéresse d'abord à l'enseignement des mathématiques : a priori, je n'aurais pas discuté de ces divergences si je m'étais intéressée à des scénarios pour l'apprentissage du français ou même de la biologie...C'est un point à approfondir.

- Activités :
 - Intention didactique \leftrightarrow Ouverture pédagogique : L'importance donnée au contenu amène à définir des objectifs d'apprentissage très précis et amène à laisser moins de contrôle à l'apprenant. Dans une approche pédagogique les activités sont plus ouvertes même si les objectifs d'apprentissages sont définis également.
 - Enseignant expert \leftrightarrow Apprenant expert : dans une approche didactique, l'enseignant reste expert du contenu (il guide bien parce qu'il connaît profondément le contenu à enseigner) tandis que dans une approche pédagogique, l'apprenant peut devenir expert et l'enseignant co-apprenant (pédagogie de projet).
 - Contenu transversal \leftrightarrow Compétences transversales : dans une approche didactique, les activités sont organisées au sein de "situations fondamentales", pour l'apprentissage autour de notions clés, alors que dans un scénario par projet, par exemple, les apprenants peuvent se spécialiser et apprendre des "détails" (Notions clés \leftrightarrow Ressources riches). En mathématiques, le fait d'apprendre des notions clés peut être bénéfique pour la compréhension du domaine mathématique en général (effet "transversal"...on retrouve des "structures", des raisonnements dans différents sous-domaines). Dans les approches pédagogiques, on vise plutôt l'acquisition de compétences transversales, et c'est souvent ce qui donne l'idée des tâches d'apprentissage.
 - Processus et métacognition : Gestion des conflits cognitifs \leftrightarrow Rapports d'activités. Peut-être une plus grande attention sur les conceptions préalables, sur les conflits cognitifs pour les approches didactiques.
 - Authenticité : Contenu et pratiques scientifiques \leftrightarrow Compétences transversales L'authenticité peut signifier d'un côté "*faire des sciences comme des scientifiques*" (se comporter comme un mathématicien, un physicien...) et de l'autre l'authenticité peut signifier "*développer des stratégies authentiques de gestion de projets*".
 - Communauté d'apprentissage : Il me semble que les approches pédagogiques prêtent plus d'attention aux modalités de mise en place d'activités collaboratives et à la façon de créer des communautés d'apprentissage. C'est le cœur des scénarios socio-constructivistes. Mais actuellement, personne ne met de côté les aspects sociaux et collaboratifs de l'apprentissage.

- Technologies : Logiciels spécifiques \leftrightarrow Outils de gestion et de production
En se focalisant sur les contenus disciplinaires, l'attention va se porter sur les logiciels spécifiques (comme les calculateurs, les logiciels de géométrie dynamique, les simulations) ou la création de micromondes (Logo par exemple). Dans une approche pédagogique, on va utiliser les technologies pour la recherche d'information, la gestion, la production, la communication, la collaboration. Dans ce cas on fait vraiment usage des "TIC", technologie de l'information et de la communication. (Technologies \leftrightarrow TIC)

Un exemple de divergence dans les approches est le cas des IDD (Itinéraires De Découvertes) en France, comme je le disais déjà en introduction. Pour certains didacticiens, il faut faire attention à une "*interdisciplinarité de façade*". Dans une approche pédagogique, même si l'interdisciplinarité est "de façade", elle peut servir de "catalyseur" pour la mise en place d'activités signifiantes pour les élèves, pour la mise en place d'activités collaboratives, de production...pour une "dynamique" dans les apprentissage.

L'idée est d'avoir conscience des pôles, des choix : bien sûr, d'une part, chaque approche peut nourrir l'autre et d'autre part, chaque approche peut perdre beaucoup à ignorer l'autre ...Perdre une forme de modernité et de dynamique pour les approches focalisées sur les disciplines (même passer à côté du "changement" et disparaître...c'est ce que je pense pour l'enseignement des mathématiques...) et passer à côté d'"obstacles" passionnants et transformateurs ("powerfull ideas") pour les approches pédagogiques générales.

4. Lignes directrices retenues

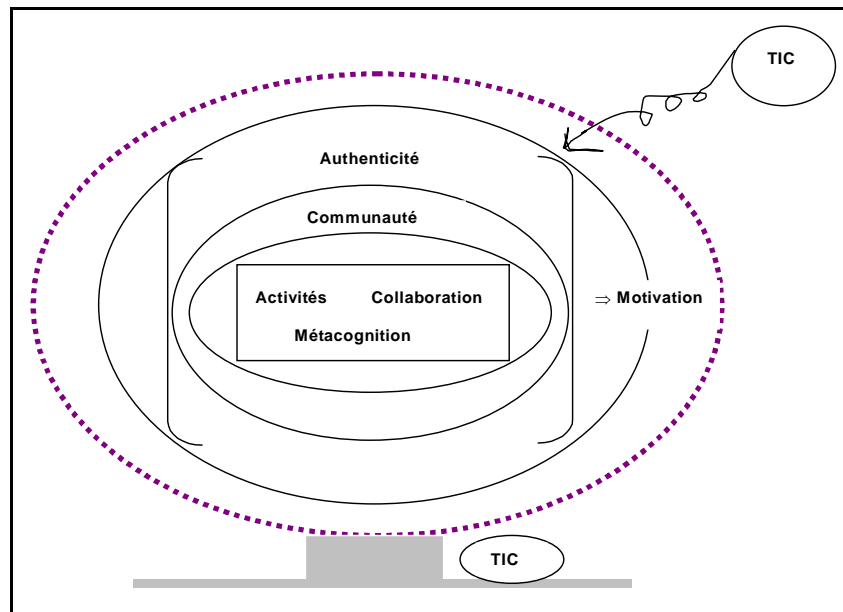


Figure 11 : Présentation des points de centration.

Intentions

- **Pôle pédagogique** : Les mathématiques sont une des matières les plus outillée en terme d'enseignement : outillée conceptuellement par de nombreux pôles de recherches (en psychologie, en didactique, en technologies éducatives) et outillée technologiquement (outils spécifiques, calculatrices, micromondes, simulations, site Internet ludiques, magiques, artistiques, éducatifs...). C'est une matière qui semble particulièrement favoriser une approche didactique de l'enseignement. Or, je pense qu'une approche « techno-psycho-pédagogique » comme celle de TecfaSeed pourrait permettre d'envisager d'autres formes de scénarios socio-constructivistes. Je veux donc proposer des scénarios fondés sur une approche pédagogique « moderne » : « *Open-ended, creative and active pedagogies* ».

- **Faisabilité** : Je voudrais penser les scénarios pour le contexte actuel du système éducatif (comme je connais mieux le système français, je pense particulièrement au système éducatif français). Il faut néanmoins envisager des infrastructures « minimum » : je pense à des contextes comme le cartable électronique où chaque élève possède un portable. En Isère, par exemple, des classes pilotes utilisent le cartable électronique mais une des difficultés est de l'intégrer aux pratiques d'enseignement...de savoir « quoi en faire ». Les scénarios proposés peuvent être un exemple de « quoi faire ».

« Lignes directrices retenues »

Le tableau suivant présente les dix points qui me serviront de lignes directrices pour la conception de scénarios socio-constructivistes pour la classe de mathématiques.

Motivation	1. Autonomie et responsabilité des élèves 2. Promotion des activités et fun
Activités	3. Produire 4. Faire des maths et des sciences (gammes) 5. Et faire « autre chose ». Compétences transversales.
Métacognition	6. Rapports, Carnet de bord
Authenticité	7. Ancrage des activités dans le quotidien et le professionnel 8. Trans-Inter-Pluri-disciplinarité
Aspects sociaux et collaboratifs.	9. Activités collaboratives 10. Communauté d'apprentissage

Tableau 10 : Présentation des dix lignes directrices.

Par rapport à ces dix points, le rôle des technologies :

Rôle des technologies	<ul style="list-style-type: none">• TIC, support et outils des pédagogies modernes• TIC, dynamisant, moderne & fun
-----------------------	---

Tableau 11 : Rôle des technologies dans les scénarios constructivistes.

Motivation

Parmi les points de centration des environnements d'apprentissage constructivistes, la motivation a un statut à part : elle est plus un objectif à atteindre qu'un ingrédient. En effet, pour construire un environnement constructiviste, on ne peut pas viser directement la motivation...Elle est plutôt une conséquence de « quelque chose qui se passe bien ». C'est pour cette raison que le schéma de la figure 9 la place dans une position particulière par rapport aux autres points de centration.

Je retiens les deux éléments suivants :

- Autonomie et responsabilité des élèves. L'autonomie des élèves (« fully in charge of their own learning »), comme je l'ai vu, est un facteur de motivation cité de façon récurrente dans la littérature.
- Promotion des activités et fun. Il faut veiller à faire la promotion des activités aux élèves pour qu'ils puissent construire une représentation positive de ces activités. Ceci peut être lié à l'authenticité, au fait de collaborer, au fait de produire (voir les autres lignes directrices) mais il ne faut pas non plus oublier l'aspect « fun » que peuvent notamment apporter les technologies (aspect « high tech », naturellement motivant).

Activités

J'ai distingué les activités de **constructions** proposées par les constructionnistes (programmer en Logo, inventer un système électronique, construire un robot), les activités d'**enquêtes**, de récolte et **traitement d'information** « mathématique » (Jasper, WebQuest), les activités caractéristiques des **démarches expérimentales** où les mathématiques sont des outils conceptuels pour les autres disciplines (mesures, récoltes des données, traitement des données, rapports, création de modèles et de simulations...comme dans CoVis, scénarios CoolNode, ColDex), les activités de **production** intégrant l'usage des portails (création de FAQ pour un thème donné, création de textes collaboratifs avec un Wiki...), les activités de « **mathématiciens** » (proposer des conjectures, résoudre des conjectures, argumenter, écrire une démonstration...).

Je pense que ces activités constituent un corpus de « formules pédagogiques » qui permettent d'envisager des activités variées dans un esprit socio-constructiviste comme celui de TecfaSeed. D'ailleurs, on peut aussi inclure les activités « instructionnistes » comme l'exposé d'un enseignant en plénière, ou l'entraînement des élèves avec des Quiz. Je vois les activités comme des briques à assembler : le tout est de les assembler dans un « esprit socio-constructiviste ». Si l'enseignant fait un cours en plénière, les élèves peuvent prendre des notes, puis travailler en groupe pour « re-faire » le cours et le reconstituer dans un Wiki, par exemple.

Je propose les trois lignes directrices suivantes :

- Produire.

J'ai vu l'importance de la création d' « artefacts extérieurs », idée constructionniste et intégrée par les pédagogies modernes.

On peut notamment garder en tête l'expression « la puissance des idées productrices » : il faut donner l'occasion aux élèves d'avoir des idées, de les mettre en pratique et de voir que « ça peut marcher », que leurs idées mènent à des productions réelles et intéressantes, qu'elles permettent de résoudre des problèmes.

- Faire des mathématiques et des sciences.

J'inclus dans cette catégorie, les activités liées aux démarches expérimentales (les activités proposées par le NCTM américain, par exemple), les pratiques de débat scientifique en classe de mathématique.

J'inclus également les exercices scolaires en mathématiques et en sciences qui sont dans tous les manuels scolaires, les Cd-Roms et sites Internet éducatifs. D'abord, c'est une préoccupation de « faisabilité » : pour envisager la mise en place de scénarios « innovants », il faut passer par des étapes qui intègrent les exercices classiques et qui permettent aux élèves de réussir les examens officiels. D'autre part, il s'agit de ne pas « jeter le bébé avec l'eau du bain » et les exercices sont de bonnes « gammes » pour acquérir le bagage conceptuel, le langage et certains savoir-faire : l'idée est de donner du sens à ce genre d'exercice.

- Et faire « autre chose »...

Il s'agit de viser l'acquisition de compétences transversales (prise en main des outils Internet, culture Internet, éducation à l'image et aux médias...).

Les activités de WebQuest (comme celles données en exemple dans la première partie), sont, pour moi, des activités qui visent l'acquisition de compétences transversales (rechercher de l'information sur Internet, faire des rapports...etc) et qui ne sont pas « exactement » des activités scientifiques. Ce ne sont pas ces activités qui apprennent à faire une démonstration ou à résoudre une équation.

Il faut donc diminuer la quantité de contenu à apprendre, viser des thèmes essentiels et gagner du temps pour mettre en place ce genre d'activités.

Ceci permet de varier les activités, permettra peut-être de motiver certains élèves qui n'aiment pas les mathématiques et assure au moins que les élèves développent des compétences transversales utiles. D'autre part, je retiens l'idée de Idit Harel : "The "Integrated Learning" principle : Learning More Can Be Easier Than Learning Less “.

Métacognition

Un apprenant doit à la fois faire, construire et réfléchir sur les stratégies développées et les connaissances et compétences acquises. Les pratiques réflexives permettent d'apprendre plus profondément ; elles favorisent le transfert des apprentissages. Parmi les activités réflexives, la rédaction d'un carnet de bord est la plus fréquente. Elle permet à l'apprenant de garder une trace de son cheminement d'apprentissage et d'autre part, elle permet à l'enseignant de suivre l'évolution des ses élèves surtout sur le plan métacognitif. D'ailleurs, le carnet de bord est lié à des pratiques d'évaluation formative, sans rupture avec le processus d'apprentissage.

Je retiens donc la rédaction régulière d'un carnet de bord (d'un carnet d'apprentissage) et la production de rapports comme ligne directrice liée à la métacognition.

Authenticité

J'ai proposé différents éclairages sur la notion d'authenticité. J'ai un peu « étiré » le sens pour discuter, à la fois du besoin de lier les apprentissages aux intérêts des élèves (à leur vie « réelle »), du besoin d'une école « moderne » qui intègre les nouveaux outils et permet de développer des compétences transversales « professionnelles », du besoin de faire vivre des pratiques authentiques en sciences, du besoin d'apprendre un contenu riche (par opposition à un contenu scolaire). Ce terme est également associé à la notion de complexité (qui est reconnue comme caractéristique des problèmes authentiques) et aux notions de pluri-inter-trans-disciplinarité.

Je garde les lignes directrices suivantes :

- Ancrage des activités dans le quotidien et le professionnel. Cette expression permet de résumer l'ensemble des points discutés relatifs à l'authenticité. Elle met particulièrement en avant le besoin de lier les activités à la vie quotidienne des élèves (en particuliers aux intérêts des élèves dans cette vie quotidienne...leurs loisirs, leurs intérêts) et à la vie « professionnelle » extérieure (utiliser des outils professionnels, développer des compétences qui permettront d'agir dans le monde extérieur, travailler sur des ressources authentiques...).
- Pluri-inter-trans-disciplinarité. Le fait d'associer plusieurs disciplines dans un même projet est au moins intéressant pour créer une dynamique. Les enseignants doivent alors travailler en équipe pédagogique. Les élèves développent une vision plus « globale » de leur formation (un apprentissage « transdisciplinaire », justement). Je ne choisis pas entre la pluridisciplinarité ou l'interdisciplinarité ou la transdisciplinarité car les trois sont l'occasion de mêler les disciplines. Je pense en particuliers qu'il ne faut pas se focaliser sur des liens uniquement interdisciplinaires.

Aspects sociaux et collaboratifs

J'ai repris la distinction de Pierre Dillenbourg entre apprentissage collaboratif, coopératif et collectif. J'associe les apprentissages collaboratifs aux aspects sociaux « locaux » de l'apprentissage et les apprentissages collectifs aux aspects « globaux » et à la mise en place de communautés.

Je garde ces deux aspects :

- Les activités collaboratives sont bénéfiques selon certaines conditions et pour les activités spécifiques qu'elles permettent.
- La mise en place d'une communauté d'apprenants participe au contexte d'apprentissage (« the general study environment ») et permet l'effet stimulant du travail collectif. Je préfère la notion de communauté d'apprenants (autour d'une classe en particuliers) à une communauté de « petits scientifiques », par exemple. Il me semble plus intéressant que les élèves ne jouent pas de rôle (sauf momentanément dans des scripts collaboratifs, par exemple) et soit responsable en tant qu'apprenant. Ils peuvent vivre des expériences scientifiques et échanger des résultats mais ils restent des *stagiaires scientifiques*. Ils gardent parallèlement une attitude d'apprenants (attitude réflexive, rapports, échanges entre pairs ou avec un expert, ou avec l'enseignant). Et la communauté se construit sur cette réalité là.

TIC

Les technologies dans les scénarios constructivistes sont des outils de travail et des supports pour l'apprentissage et la gestion des ressources, des projets, des communautés. Elles peuvent être spécifiquement conçues pour l'enseignement ou être des technologies d'usage courant ou professionnel. D'un côté elles s'intègrent au contenu d'apprentissage et de l'autre aux stratégies d'enseignement et d'apprentissage.

Je résume l'usage des TIC selon les deux points suivants :

- Les TIC, support des pédagogies modernes : les technologies de l'information et de la communication peuvent servir à gérer des scénarios constructivistes (gestion de projet, support des activités collaboratives, des évaluations formatives, des échanges et de la communication) et peuvent constituer des outils de travail pour les activités mises en place.
- Les TIC, effet dynamisant, moderne et fun : l'introduction des technologies peut avoir un effet dynamisant (Voir citation de Martha Boethel et K. Victoria Dimock p99 du mémoire : « *Technology is a **catalyst** for change in classroom processes...* », elles sont symbole de modernité et sont l'occasion d'introduire un peu de « fun » dans les activités scolaires et donc de motivation.

Troisième partie : proposition de scénarios pour la classe de mathématiques.

Je présente dans cette troisième partie, un ensemble de scénarios pédagogiques socio-constructivistes pour l'enseignement des mathématiques. Ces scénarios sont imaginés pour des classes de troisième et seconde françaises donc pour des élèves de 13-16 ans.

1. Présentation globale

1.1 Description

Le schéma ci-dessous présente la structure globale de l'ensemble des scénarios envisagés.

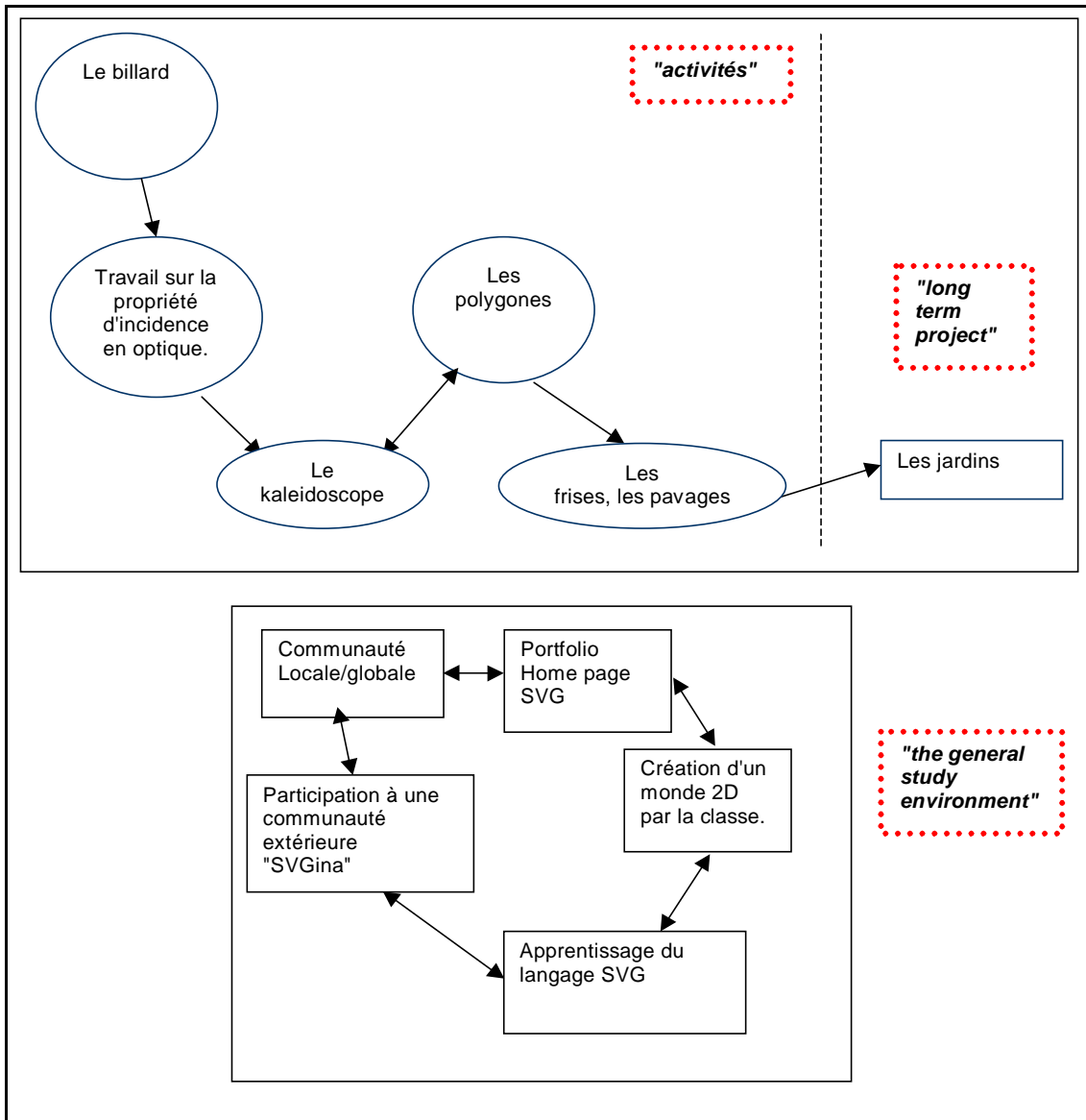


Figure 12 : Structure des scénarios envisagés.

Je prévois :

- Des activités qui pourraient être réalisées sous forme de Travaux Pratiques¹⁴ de quelques heures (séquences de deux heures, quatre heures).
- Un projet de plus long terme qui pourrait être mis en place après avoir réalisé l'ensemble des activités.
- Un cadre général d'apprentissage (« the general study environment »).

Je centre l'ensemble des activités autour d'une **classe**. C'est un projet **pluridisciplinaire** qui implique le travail en équipe des enseignants de la classe. L'objectif principal reste **la classe de mathématiques**. Le **moteur** du projet est l'apprentissage et l'usage, par les élèves et les enseignants, d'un langage Internet : le langage **SVG**.

1.2 Le langage SVG

1.2.1 Présentation

Le langage SVG (Scalable Vector Graphics) est un langage graphique vectoriel standard ouvert. C'est un langage XML, fait pour s'insérer parfaitement au reste des langages du W3C.

Il offre la possibilité d'intégrer le graphisme vectoriel aux sites Web : il est concurrent du langage propriétaire Flash. Il permet de créer des graphiques 2D, d'excellente résolution, zoomables, avec dégradés, polices de caractères intégrées, effets de transparence, animations, effets de filtre, modèles de couleurs sophistiqués...etc...

Les fichiers vectoriels SVG sont très compacts et permettent d'obtenir la même qualité graphique qu'en impression, que ce soit sur le Web, sur imprimantes, ou même sur périphériques portables.

Comme SVG est un langage XML, il offre bien plus de possibilités que la simple édition de graphiques vectoriels 2D :

¹⁴ TP du système scolaire français

- Génération de SVG avec XSLT à partir de données XML
- Future intégration totale dans XHTML, viewers SMIL
- Utilisation de CSS
- Scriptable avec JavaScript via le DOM (standard)

D'autre part, il est possible de partager les codes, de travailler directement avec le format.

Les domaines d'applications de SVG concernent :

- La création de sites Internet
- Les illustrations techniques
- La visualisation de données scientifiques
- Le multimédia et le divertissement
- La cartographie et SIG en ligne ainsi que leurs services
- Les services localisés (LBS), SVG Mobile
- Les catalogue en ligne et E-commerce

Dans le domaine éducatif, SVG peut être utilisé pour la création de ressources numériques illustrées, animées et interactives. Il permet également la création de simulations, de petites applications interactives. Combiné à l'usage de Javascript, il peut remplacer les applets Java pour la construction de « content specific tools » ou de « context specific tools ». Le site SVG Pilat¹⁵ propose beaucoup d'outils dans ce sens. Par exemple, l'auteur du site a créé un petit logiciel¹⁶ de géométrie dynamique en SVG.

Dans ces applications éducatives SVG est un outil de développeur pour la construction d'illustrations et d'applications éducatives. On peut également chercher à ce qu'il devienne un outil de construction pour les élèves. C'est ce que je prévois dans les scénarios proposés.

¹⁵ <http://pilat.free.fr/>

¹⁶ <http://pilat.free.fr/svgeom/geom.htm>

1.2.2 Place de SVG dans les scénarios envisagés

Je propose ici d'argumenter l'usage de SVG par rapport aux lignes directrices définies à la fin de la deuxième partie.

- **N°2. Promotion des activités et fun** : SVG peut être un moyen d'introduire de la dynamique et d'associer la classe de maths à quelque chose qui fait plaisir... En effet, d'une part le rendu de SVG est valorisant : même rendu "brillant et lisse" de Flash, possibilités de zoomer, d'animer, de rajouter de la musique, de créer des liens hypertextes. Et d'autre part, SVG est un langage prometteur et « d'actualité ».
- **N°3. Produire** : SVG est un langage qui permet la construction de dessins 2D, d'animations, d'applications interactives (associées avec le langage Javascript ou php). Il est donc propice à des activités de constructions où il est possible d'avoir de « idées productrices ».
- **N°4. Faire des maths et des sciences (gammes)** : les élèves peuvent travailler sur des simulations construites avec SVG et Javascript (maths expérimentales). D'autre part, le langage est fondé sur les outils de géométrie euclidienne et analytique : coordonnées de points, transformations, formes de bases (ellipses, polygones...). Il permet de créer un contexte pour certains exercices scolaires qui ont très peu de sens en soit et qui rebutent beaucoup d'élèves. Par exemple, en trigonométrie, certains exercices consistent à transformer des radians en degrés. Dans de petites constructions SVG, il est parfois nécessaire de faire ce style d'opérations.
- **N°5. Et faire autre chose...compétences transversales** : l'apprentissage du langage SVG est envisagé. Les élèves acquièrent ainsi une culture des langages Internet et des outils.
- **N°6. Rapports, carnet de bord** : si les élèves créent des éléments SVG, ils seront peut être plus motivés pour tenir un carnet de bord illustré de leurs productions.
- **N°7. Ancrage des activités dans le quotidien et le professionnel** : Le langage SVG n'est pas un langage "construit" pour les élèves mais un langage de "la vie réelle", un langage utilisé par des professionnels sur Internet et qui permet d'agir dans la vie réelle en construisant des éléments visibles sur Internet. De plus, le graphisme 2D vectoriel touche la vie des élèves : le langage SVG doit être le format utilisé pour l'affichage de graphiques sur les écrans de téléphones portables, dans les voitures...etc.

- **N°8. Inter-pluri-trans-disciplinarité** : Le langage SVG permet de faire des liens entre les mathématiques, l'informatique, le design... Il peut également amener à la géographie et la cartographie interactive car il est utilisé pour la construction de cartes interactives sur Internet.
- **N°10. Communauté d'apprentissage** : le langage SVG est un format Internet destiné à être "affiché", "partagé" et donc propice à la mise en place d'une communauté d'apprentissage.

1.3 Usability test (pré-test)

J'ai réalisé deux entretiens avec deux adolescents de 15 ans, Adrien et Eléonore.

Objectifs

Mon objectif principal était de mesurer l'intérêt pour le langage : est-ce qu'il peut apporter de la motivation ? est-ce qu'ils sont curieux de connaître ce langage ? Est-ce qu'ils ont spontanément envie de faire des « choses » avec ? Est-ce qu'ils ont des commentaires positifs ?

Ensuite je voulais également mesurer le niveau de difficulté vis à vis du langage : est-ce qu'ils se sentent perdus ou peuvent-ils envisager tout à fait d'éditer du code ? Comment prennent-ils en main un logiciel comme WebDraw ?

Enfin, je voulais tester quelques activités envisagées : sont-elles faisables ? Qu'est-ce qui fonctionne ? Que faut-il améliorer ?

Déroulement

J'ai d'abord passé deux heures avec Eléonore puis deux heures avec Adrien.

L'entretien s'est déroulé de cette façon :

- ❖ Pour Adrien et Eléonore
- Une phase d'introduction de 30 min où je présente le langage SVG :
 - Présentation d'un ensemble d'exemples SVG : dessins d'art mathématiques (pavages), dessins de design, animations, applications SVG/Javascript, cartes interactives. (Fichier en local sur mon bureau, je n'étais pas connectée à Internet.)

- Discours sur le langage : j'ai insisté sur le fait que c'est un langage « prometteur », qu'on pourra le retrouver sur les téléphones portables, les écrans de voiture...
- J'ai montré également le code : principes de base avec les balises, les formes canoniques (rectangles, ellipses, polygones...), les transformations (rotation, translations...)
- J'ai présenté le logiciel Jasc Webdraw : « Voilà avec quel genre d'outil on peut créer ces dessins ».

❖ Pour Eléonore

- Une séquence « dessin » libre avec Jasc Webdraw de 30 min : J'ai dit que sa « production » serait en ligne sur le site de mon mémoire...
- Une présentation de kaléidoscopes SVG (20 min):
 - Je lui ai montré deux kaléidoscopes.
 - Puis j'ai commenté le code avec elle et nous avons discuté de la propriété des hexagones. Je n'avais pas les moyens de lui faire faire une vraie activité.
- Un survol de l'activité du billard avec Eléonore (20 min) :
 - Manipulation des simulations
 - Explication de la propriété d'incidence
 - Je lui ai montré également le jeu 3D du billard.

❖ Pour Adrien

- 5 min de dessin avec WebDraw...
- Plus d'une heure sur l'activité du billard : test des simulations, travail avec Cabri, travail mathématiques.
- Jeu pendant 1h avec le Billard 3D mais ça n'a plus rien avoir avec l'expérience ☺

❖ Pour Adrien et Eléonore

Je leur ai demandé de me faire un commentaire « final » ...J'ai demandé quelquefois leur avis pendant l'entretien de façon « légère », en faisant attention de ne pas mettre de pression « affective ».

Résultats

❖ Intérêt

Les deux ont été très intéressés : ils ont été très attentifs à ma présentation de SVG. Ils semblaient **curieux** et contents de connaître quelque chose de **in dans les technologies**. Ils posaient des questions. Par exemple, Adrien (qui a réalisé sa page web au collège) : « c'est comme les images jpeg ? ». Ils ponctuaient de « ah ouais ! c'est cool ! ».

Pendant la présentation, leurs **parents** sont venus écouter : ils étaient également curieux et ceci est un moyen pour valoriser les élèves... ils apprennent quelque chose qui intéressent aussi les parents. La **stimulation** est plus grande.

Chacun était intéressé par des exemples différents : design et effet de filtre pour Eléonore, pavages animés pour Adrien. Je n'ai pas pu leur montrer de belles cartes géographiques en SVG mais ils étaient tous les deux très enthousiastes sur la possibilité de parcourir des cartes interactives.

Par contre, ils ne peuvent pas se rendre compte de la « force » du langage SVG car ils n'ont pas assez de culture Internet. Ils voient donc seulement le résultat. Ainsi, ce ne sont pas les exemples de design ou de « multimédia » qui ont le plus enthousiasmé. En effet, ils sont habitués au jeux vidéos et à ce style d'image professionnelle.

Mais Eléonore qui a envie de dessiner avec des logiciels et qui est très attirée (par SVG ou n'importe quel logiciel de dessin ET d'animation) était très enthousiaste sur le fait de pouvoir **produire** du SVG et également de **pouvoir le mettre en ligne** et d'avoir des commentaires de personnes extérieures.

Les **exemples mathématiques** sont ceux qui ont eu le plus de succès...J'ai montré les applications du site Pilat : présentation de la rotation, de la symétrie. Ni Adrien, ni Eléonore n'avaient travaillé auparavant avec des logiciels de géométrie dynamiques ou au moins des figures interactives. Ils ont donc été enthousiastes sur le fait de pouvoir « tirer » sur les points et voir la configuration géométrique bouger en fonction.

❖ Difficultés techniques

Les deux ont une connaissance « moyenne » de l'informatique : Adrien a travaillé sur le langage HTML en informatique mais ne « pratique pas Internet » : il ne surfe pas souvent sur Internet, n'a pas de mail...Eléonore n'a pas non plus l'habitude de travailler avec Internet sauf pour aller chercher des informations (puisqu'elle a Internet à la maison).

J'ai pu voir que les deux savent spontanément manipuler WebDraw pour faire des dessins de base. Eléonore qui a passé plus de temps à dessiner a **très vite « pris en main » le logiciel** et a appliqué des effets de filtres, de couleur, de transparence...

Quand j'expliquais des éléments un peu « techniques » sur les balises, sur les formes de bases et même sur l'existence de Javascript pour l'interaction et l'animation, ils ne comprenaient pas tout mais étaient stimulés.

❖ Sur les activités

Je n'ai pas fait les mêmes activités avec Eléonore et Adrien car ils n'ont pas accroché de la même façon : Eléonore était très attirée par l'aspect créatif et Adrien beaucoup moins. Il m'a fait une remarque importante quand il essayait de dessiner quelques formes en SVG avec WebDraw : **"Mais ça me sert à quoi de faire ça ?"** Adrien aime les mathématiques et est stimulé par la résolution de problèmes ; il faut lui donner des maths à faire sinon il est déçu.

J'ai donc travaillé avec Eléonore sur des aspects plus créatifs et avec Adrien sur l'activité du Billard.

Eléonore n'est pas quelqu'un qui a des difficultés en mathématiques mais elle n'aime pas particulièrement cette matière. Elle a été intéressée par le modèle du kaléidoscope et a été contente de faire un lien avec les propriétés de l'hexagone qu'elle avait étudiées l'année précédente.

Adrien a été stimulé par l'activité du billard et j'ai pu voir que le « problème » fonctionnait. Les simulations permettent une approche intuitive. L'utilisation de Cabri était riche parce qu'elle complétait la simulation et fait passer d'un contexte intuitif à un contexte de résolution mathématique. Ce genre d'activité est une activité de micromonde et demande un grand choix dans les outils et les possibilités de test : Adrien était frustré de ne pas pouvoir tester ou mesurer certains éléments. Si je laisse du temps pour résoudre un problème mathématique et de l'autonomie aux élèves, il faut également leur fournir des outils pour réfléchir.

J'ai évoqué la possibilité de faire un rapport sur l'activité et d'illustrer avec des images des simulations et la réaction fut très favorable.

Enfin, la présentation du billard 3D (jeu disponible sur Internet) a beaucoup enthousiasmé Adrien...ce n'est pas le cas d'Eléonore qui n'aime pas jouer au billard !

Conclusions

- **SVG intéresse les élèves** : ce pré-test est positif sur la curiosité et l'intérêt des élèves (et de leurs parents) pour ce langage. D'abord, parce qu'il est présenté comme un langage actuellement utilisé par des professionnels et voué à un grand avenir. Ensuite parce qu'il permet de réaliser de « belles choses » animées, interactives.
- **Envisager des constructions élaborées** : il faut viser l'apprentissage du langage et la manipulation de logiciels comme WebDraw, il faut prévoir l'apprentissage des animations : une élève comme Eléonore serait déçue et démotivée si elle faisait quelques activités avec SVG sans jamais avoir l'occasion de faire des animations, par exemple.
- **Prendre en compte les différences individuelles** : il ne faut pas projeter sur tous les élèves la motivation du design et l'aspect créatif du langage. Certains seront attirés par les possibilités de design, d'autres ne voudront pas faire ce genre d'activité en classe de mathématiques et pourront avoir la même réaction que celle d'Adrien : « A quoi ça me sert de faire ça ? ». Je pense qu'il faut donc **varier les activités** et permettre des ouvertures selon les goûts de chacun quand c'est possible. SVG a d'ailleurs un peu ces deux facettes : il peut amener à des projets créatifs ou à l'étude (et pourquoi pas à la construction) de simulations (activités scientifiques de modélisation).
- **Viser une collaboration entre les disciplines** : L'apprentissage de SVG ne peut pas être uniquement pris en charge par l'enseignant de mathématiques : il faut au moins une collaboration avec l'enseignant d'informatique. Dans le cadre du cours d'informatique, des élèves comme Adrien accepteront peut-être plus de s'impliquer dans des activités de design et des élèves comme Eléonore pourront aller au bout de leurs projets.

2. "The general study environment"¹⁷

2.1 Infrastructure matérielle

Je donne ici les conditions optimales (raisonnables...) et les conditions minimales en terme d'infrastructure matérielle pour la réalisation des scénarios.

Dans des conditions matérielles optimales :

- Chaque élève possède un portable.
- La classe est « connectée » à l' Intranet de l'établissement et à Internet. Haut débit. Wireless.
- Les élèves ont accès à Internet de chez eux, gratuitement, en ligne haut débit .
- Les portables sont équipés d'un certain nombre de logiciels (FTP, logiciels d'éditeurs...).
- La classe possède « son portail » en ligne.

Dans des conditions matérielles minimales, il faut au moins que la classe puisse aller en salle informatique : les ordinateurs ont un accès Internet et sont équipés des logiciels nécessaires.

2.2 Equipe pédagogique

Les scénarios impliquent la collaboration d'une **équipe pédagogique** : elle concerne au moins les professeurs de **mathématiques**, de **physique**, **d'art plastique** et **d'informatique** de la classe. Dans le cadre du projet long, le professeur d'histoire géographique est aussi impliqué.

¹⁷ "Le cadre général d'apprentissage"

Les enseignants doivent par ailleurs posséder un certain nombre de **compétences en informatiques** : je suppose que seules les bases sont nécessaires, car les outils à utiliser doivent être simples. Ils devront, par exemple, posséder le B2i¹⁸. Il faut tout de même des enseignants qui n'ont pas peur de l'informatique...et qui se sentent capables « d'apprendre » comment éditer un fichier SVG, utiliser FTP, participer à un portail.

L'idéal serait une collaboration avec une structure extérieure (comme les CRDP ou les IUFM en France ou les universités dans le cadre de recherche-action mais c'est un peu différent) : une personne serait chargée de collaborer avec les enseignants pour les aider à la mise en place des activités. Il pourrait animer le portail « global » sur SVG (voir plus loin), être une personne ressource pour les enseignants. Je crois qu'il est prévu la création de poste « d'animateurs multimédias » au sein des établissements scolaires : ils pourraient alors jouer le rôle de cette personne ressource.

Il vaut mieux également que les enseignants soient plutôt favorables aux pédagogies « socio-constructiviste »...

2.3 Communauté d'apprentissage

2.3.1 Portail local

Je propose que la classe de mathématiques possède et gère un portail en ligne qui reflètera le travail de la classe pendant l'année scolaire. Chaque élève de la classe est membre du portail et possède son carnet de bord, ainsi que sa page personnelle avec son portfolio. Il faudrait également que chaque élève possède un espace Internet pour mettre en ligne différents travaux effectués pendant les activités.

Ce portail est l'espace personnel et ouvert de la classe sur Internet. Il peut être l'occasion de diverses activités : mise à jour des FAQ sur les thèmes abordés, rapports de débats scientifiques en classe...Il permet également de renforcer la communauté « réelle » qu'est la classe. Il peut permettre à des élèves de la classe absents de rester en lien avec la classe à distance. Il peut permettre des discussions à distance synchrones ou asynchrones pendant les week-end et les vacances...

¹⁸ Ou le futur B2i pour le lycée et l'enseignement supérieur. Brevet informatique.

*“In our case, the **core of a learning community is the class** and such communities can quite easily be **enhanced** to with the help of collaboration and information systems **because social interactions can be mirrored and reified** (there are traces left that can be inspected) and students also can meet synchronously or asynchronously when they are not in class.” (Schneider, 2003)*

Ce portail est ouvert¹⁹ et permet la communication avec d'autres classes, avec des professionnels, des chercheurs, des enseignants... En fait, le portail local est un peu le « blog » de la classe et on peut imaginer des shoutbox communes, des liens « inter-blogs ».

“In addition to support the class-as-community, we suggest to open portals to the outside world and to let profit other classes from the resources and work produce, to show other teacher's how “you did it”.” (Schneider, 2003)

2.3.2 Portail global

Le portail global envisagé est un portail autour du langage SVG. J'imagine ce portail comme un centre de ressources autour du langage SVG et en particuliers autour des usages pédagogiques possibles de SVG. C'est aussi un lieu de veille sur ce langage et sur ses applications.

¹⁹ Je n'aborde pas tous les problèmes de « sécurité » et le fait que les élèves peuvent poster n'importe quoi, effacer les Wiki...etc. C'est tout à fait envisageable dans le contexte scolaire actuel où certains élèves sont devenus ingérables.

Brièvement voilà comment pourrait se décrire ce portail :

- Public d'enseignants, d'élèves, de parents d'élèves, de développeurs SVG, de designers, de chercheurs...
- Des rubriques par matières.
- Des salles d'exposition des productions en SVG des membres de la communauté.
- Pour les enseignants : pour chaque matière, on peut trouver des liens vers différentes activités. L'enseignant peut lire le scénario de l'activité, peut télécharger des outils, peut lire des rapports d'enseignants ayant réalisé l'activité. Il peut accéder aux productions des élèves, à leur carnet de bord.
- Pour les élèves : c'est un centre de ressources, c'est un lieu avec des personnes extérieures au monde scolaire avec qui ils peuvent avoir des échanges informels, c'est un endroit où ils peuvent exposer leurs productions et avoir des commentaires sur leur travail.
- La participation de la classe est visible sur le portail : le portail de la classe est en lien sur le portail global. Il peut y avoir un « hit » des portails locaux voté par la communauté du portail global. Ceci doit permettre de stimuler le travail collectif de la classe et de renforcer le sentiment de communauté de la classe.

Je finis cette partie avec une remarque sur le nom du portail : j'avais pensé à *SVG@school*. Ce nom indiquait aux internautes extérieurs qu'il s'agit d'un portail d'échange lié à la communauté éducative. Le cœur du portail reste les élèves et les enseignants. Les divers acteurs utilisant SVG peuvent s'intéresser à ce portail parce qu'il fournit des ressources et parce qu'ils peuvent contribuer à l'enrichir, ils peuvent jouer un rôle éducatif en partageant leur connaissance avec les élèves et les enseignants. Le nom anglais permettait une dimension internationale ! L'inconvénient de ce nom est la présence du terme « school », école, qui donne une connotation scolaire (et enfantine) au portail et qui peut démotiver certains élèves réfractaires à tout institution *scolaire*. Finalement j'ai choisi « **SVG IN Activités** », soit « **SVGina** » ...en clin d'œil très humble à EVApm de Vivianne Synteta.

J'ai commencé dans le cadre d'un module du diplôme à configurer un portail qui correspondrait au portail global décrit (avec en particuliers, des wiki pour les échanges entre enseignants) :

<http://tecfa.unige.ch/perso/staf/sierra/portail/html/index.php>

2.3.3 Compétences transversales

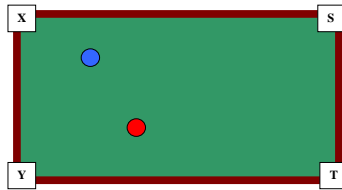
Le fil directeur de l'année ou d'une partie de l'année scolaire peut être l'apprentissage du langage SVG et des outils Internet. Ceci peut faire partie des compétences transversales à acquérir : culture Internet des outils et des langages comme HTML, XML, SVG. Cet apprentissage peut être pris en main en partie par l'enseignant-e d'informatique (structure, connaissance des langages), par l'enseignant-e de dessin (manipulation des logiciels), par l'enseignant-e de mathématiques (outils mathématiques comme les transformations dans SVG). De manière informelle, un animateur qui serait associé à ce projet peut aussi aider les élèves et les former... Enfin, pour les élèves plus intéressés, ils peuvent faire appel à des « spécialistes » sur le portail global ou aller poser des questions dans les forums ou les wiki.

On peut, par exemple, imaginer que la classe construise un monde 2D en SVG au cours de l'année. Elle peut y travailler une heure par semaine pendant le cours d'informatique pendant deux mois. Puis après cette période de prise en main, le monde pourra évoluer en fonction des initiatives et des intérêts de chacun. Les IDD ou les TPE en France peuvent être l'occasion pour certains élèves plus intéressés d'approfondir et de développer le monde. La structure du monde peut être très abstraite et amener à une introduction des modes de représentations des données.

Le monde pourra servir à exposer et assembler les travaux réalisés pendant les activités.

3. Les activités

3.1 Activité 1 : Problème de billard (Maths)



3.1.1 Fiche d'identité du scénario

Public	13-14-15 ans et plus.
Thème	Chapitre des transformations. Equations de droites.
Durée de l'activité	4 heures + 4heures
Objectifs d'apprentissage	<ul style="list-style-type: none">• Manipuler la symétrie axiale, appliquer ses propriétés pour démontrer l'alignement de points.• Résolution de problème• Pratique de la démonstration• Connaissance de la propriété du point d'incidence en physique• Comprendre ce qu'est la modélisation• Equations de droite
Les outils nécessaires	<ul style="list-style-type: none">• Un ordinateur pour chaque élève avec un navigateur avec le plugin SVG, les fichiers SVG ou Internet et accès au site• Outils spécifiques SVG• Un logiciel de géométrie dynamique
Description	Dans un premier temps, les élèves résolvent un problème "de billard" avec leurs connaissances en géométrie et l'observation de simulations. Ils créent un rapport en SVG. Dans un deuxième temps, ils sont amenés à aborder la modélisation analytique de la configuration et à comprendre comment sont construites les simulations. Ils pourront ensuite construire des simulations du phénomène d'incidence dans d'autres contextes (voir activité n°2)
Mots-clés	Symétrie axiale, propriété d'incidence, billard, simulations.

Le scénario complet est disponible à l'adresse suivante : <http://tecfa.unige.ch/staf/staf-g/sierra/stafmemoire/activite1.pdf>

En annexe 1 : Déroulement du scénario sous forme de tableau.

3.1.2 Arguments

Selon les dix lignes directrices

Le tableau suivant situe le scénario vis à vis des dix lignes directrices définies en fin de deuxième partie. J'y donne une indication sur le degré d'adéquation avec ces lignes directrices (- : peu renforcé / + : renforcé/ ++ : très renforcé) et les arguments principaux.

Motivation	1. Autonomie et responsabilité des élèves	+	Phases de recherche et d'exploration en autonomie (mais courtes -1h- car l'activité doit correspondre à un TP). Pratique du débat en plénière.
	2. Promotion des activités et fun	+	Développer des stratégies pour jouer au billard... Prolongement avec le billard 3D.
Activités	3. Produire	-	Résolution de problèmes.
	4. Faire des maths et des sciences (gammes)	++	Activité adaptée d'une exercice scolaire. Maths « expérimentales », modélisation, simulation.
	5. Et faire « autre chose ». Compétences transversales.	+	En lien avec le rapport : création d'un rapport (dans un format HTML) avec « photos » des situations pertinentes...Culture technique.
Méta-cognition	6. Rapports, Carnet de bord	+	Temps en présence et à distance (travail personnel) consacré au récit de l'activité. Mise en ligne sur le portail local.
Authenticité	7. Ancrage des activités dans le quotidien et le professionnel	++	Contexte du jeu de billard. Contexte authentique de modélisation.
	8. Trans-Inter-Pluri-disciplinarité	++	Lien interdisciplinaire entre les mathématiques et la physique (autour de la propriété d'incidence). Pour les plus âgés : lien interdisciplinaire avec la programmation (étude du code des simulations).

Aspects sociaux et collaboratifs.	9. Activités collaboratives	+	Résolution de problèmes en petits groupes (sans scripts précis) et débats ou mise en commun en plénière.
	10. Communauté d'apprentissage	-	Ambiance collective. Pas d'utilisation directe du portail global.

Tableau 12 : Situation du scénario du billard vis à vis des dix lignes directrices.

Usage des technologies

Dans ce scénario, SVG est présent en tant qu'**outil** : il permet la création de petites simulations qui servent à introduire les activités (mise en situation), à renforcer le contexte et à résoudre les problèmes. Elles sont des « **thinking tools** » ou encore des « content and context specific tools ».

Un logiciel de **géométrie dynamique** est utilisé : il permet d'aborder la modélisation de la situation et d'étudier la configuration avec des outils mathématiques.

Je pense que l'**articulation** entre l'usage des **simulations** et un outil plus sophistiqué comme un **logiciel de géométrie dynamique** est intéressante. D'une part, elle permet les va et vient entre deux contextes : un contexte d'observation, encore relativement concret et un contexte d'étude mathématique (modélisation et étude de configurations géométriques). Et, d'autre part, elle génère une dynamique (variétés des activités et des outils).

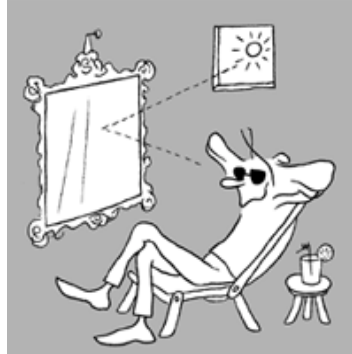
Le fait que les simulations soient construites avec le langage SVG offre plusieurs avantages :

- Comme le format SVG est léger (quand il est compressé), les simulations peuvent être **récupérées** par chaque élève et ils peuvent les insérer dans leur rapport d'activité ou dans leur carnet de bord.
- SVG permet d'envisager des **activités nouvelles** : étude du code des simulations par les élèves plus âgés et même adaptation de ces simulations dans d'autres contextes (voir activité n°2).
- Il permet également aux **enseignants** intéressés d'avoir un accès au code et d'adapter ces simulations. Certains enseignants sont en effet sensibles au fait de pouvoir accommoder les scénarios et les outils proposés. Ils apprécient le fait de pouvoir mettre une « **touche personnelle** », d'avoir quelque chose à faire. (Petits pains pré-cuits, Dillenbourg, Schneider ☺)

Apport du contexte général d'apprentissage

- *Apport du portail local.* Il motive les élèves pour produire leur rapport, pour alimenter leur carnet de bord qui est en ligne et consultable.
- *Apport du portail global.* Les élèves, après avoir réalisé l'activité, peuvent consulter les rapports d'activité des élèves de la classe ou d'élèves de classes extérieures participant au portail SVGina. Ceci peut donner du recul et favoriser une démarche réflexive.
- *Apport de l'apprentissage du langage SVG.* Si les élèves connaissent bien le langage SVG au moment où ils participent à ce scénario, ils travaillent alors avec des outils (simulations) qui sont ré-adaptables et moins neutres. Ceci peut induire une attitude moins consommatrice et permet même une attitude créative et productive (possibilités de modifier le code)

3.2 Activité 2 : "WebQuest" sur la propriété d'incidence (Physique)



3.2.1 Fiche d'identité

Public	13-14-15 ans
Thème	Propriété d'incidence
Durée de l'activité	4 heures + perso +2h
Objectifs d'apprentissage	<ul style="list-style-type: none"> • Recherche et récolte d'information sur Internet • La propriété d'incidence • Présentation écrite et orale
Les outils nécessaires	<ul style="list-style-type: none"> • Internet • Outils d'édition
Description	<p>Les élèves doivent trouver sur Internet d'autres cas d'application de la propriété d'incidence (autre que celle du billard).</p> <p>Puis, ils recherchent et récoltent des ressources (sites éducatifs, applet, animations, vidéos, images, schéma SVG) concernant la lumière et les règles de réfraction de la lumière.</p> <p>Ensuite deux choix selon le goût des élèves :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Faire un cours illustré puis de le présenter à la classe. (« <i>Retelling Tasks</i> ») - Adapter les simulations de l'activité n°1 et les présenter à la classe.
Mots-clés	Propriété d'incidence, réfraction de la lumière, WebQuest

3.2.2 Arguments

Selon les dix lignes directrices

Motivation	11. Autonomie et responsabilité des élèves	++	Caractéristique des WebQuest. On peut envisager cette activité comme un petit projet : 4heures de recherche + travail à distance (travail personnel) + 4heures de présentation de chaque groupes.
	12. Promotion des activités et fun	+	Manipulation de ressources multimédias et utilisation de Internet.
Activités	13. Produire	++	Production d'un cours sur la propriété d'incidence ou construction en SVG d'une illustration (animée ou pas) ou d'une simulation mettant en scène la réflexion de la lumière.
	14. Faire des maths et des sciences (gammes)	+	Récolter des ressources, assimiler de l'information, apprendre en enseignant. La construction d'une illustration ou d'une simulation est une tâche moins « scientifique ».
	15. Et faire « autre chose ». Compétences transversales.	++	Culture technique : recherche sur Internet, récupération de sources de différents format, édition, apprentissage du langage SVG.
Méta-cognition	16. Rapports, Carnet de bord	-	La tâche de présenter par écrit et à l'oral le cours ou la construction peut suffire.
Authenticité	17. Ancrage des activités dans le quotidien et le professionnel	+	Selon les ressources trouvées, les exemples peuvent être plus ou moins abstraits. L'activité de construction d'une illustration permet d'aller puiser dans le quotidien pour trouver une scène.
	18. Trans-Inter-Pluri-disciplinarité	-	Activité essentiellement consacrée à la propriété d'incidence en physique.
Aspects sociaux et collaboratifs.	19. Activités collaboratives	+	Les productions peuvent se faire en petits groupes : sans contrôle, les tâches seront plus ou moins collaboratives ou coopératives.
	20. Communauté d'apprentissage	+	Mise en commun des ressources récoltées pour la construction du cours ou la justification des illustrations/simulations. Mise en ligne des productions sur le portail local.

Tableau 13 : Situation du scénario n°2 vis à vis des dix lignes directrices.

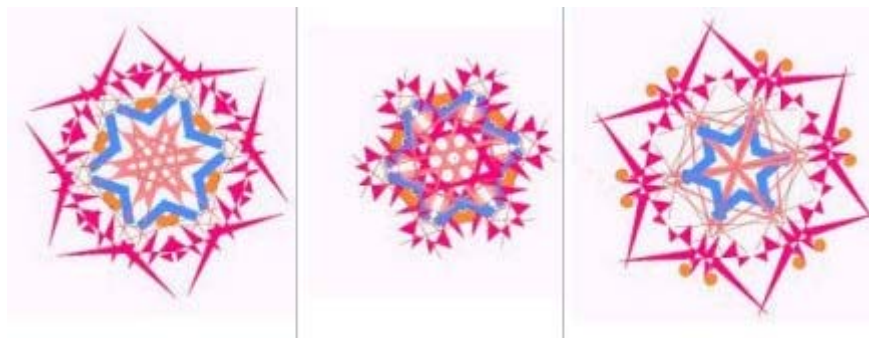
Usage des technologies

- Dans le cas des constructions SVG, les élèves créent des illustrations au lieu de les utiliser.
- Je propose une ouverture selon les goûts des élèves : il faut prévoir plus ou moins d'accroche avec la manipulation du langage SVG et ne pas forcer les élèves à faire du SVG. Ainsi, si les élèves choisissent de faire le cours illustré, cette activité n'a aucun lien direct avec le langage SVG.
- Internet est au cœur de ce genre d'activité : il fournit les outils de recherche et les ressources à exploiter.
- Des outils d'édition sont également nécessaires pour la construction du cours intégrant les ressources et pour la création des illustrations en SVG.

Apport du contexte général d'apprentissage

- *Apport du portail local* : Dans le cas du travail « à distance » (qui signifie ici : travail personnel en dehors des heures de cours...), les outils de communication et d'échanges du portail local peuvent soutenir l'ambiance collective et le travail collaboratif ou coopératif des élèves. D'autre part, l'enseignant reste accessible (au moins de façon asynchrone) pour répondre aux questions et conseiller. Enfin, le portail local remplit les fonctions de motivation déjà discutées : motivation pour les élèves de mettre en ligne leurs productions, d'alimenter leur portfolio.
- *Apport du portail global* : Les meilleures constructions en SVG peuvent être exposées dans le portail global. Si il y a des experts en ligne (c'est le cas si une personne extérieure est chargée de l'animation du portail), ils peuvent aider à la réalisation.
- *Apport de l'apprentissage du langage SVG* : Connaître le langage SVG est important pour pouvoir envisager un petit projet de construction d'illustration ou de simulation (il faudra dans ce cas manipuler également du javascript avec l'aide de l'enseignant d'informatique, par exemple).

3.3 Activité 3 : Les polygones réguliers (Maths)



3.3.1 Fiche d'identité

Public	13-14-15 ans
Thème	Polygones, transformations, trigonométrie.
Durée de l'activité	10 heures (scénario sur plusieurs séances) +perso
Objectifs d'apprentissage	<ul style="list-style-type: none"> • Polygones réguliers • Transformations • Démonstration
Les outils nécessaires	<ul style="list-style-type: none"> • Outils de géométrie • Outils de production SVG • Outils spécifiques (kaléidoscope)
Description	<p>Première phase : travail individuel et collectif sur les quadrilatères.</p> <p>Deuxième phase : travail sur les polygones réguliers (exercices de maths classique et résolution de conjectures)</p> <p>Alimentation de galeries de polygones réguliers et irréguliers. En fonction des âges, plus ou moins de "coloriage".</p> <p>Troisième phase : travaux pratiques autour de kaléidoscopes (avec de vrais miroirs). Puis étude et construction de kaléidoscopes en SVG...°</p>
Mots-clés	Polygones réguliers, constructions de kaléidoscopes SVG.

Voir scénario complet :

<http://tecfa.unige.ch/staf/staf-g/sierra/stafmemoire/activite3.pdf>

En annexe 4 : voir déroulement sous forme de tableau.

3.3.2 Arguments

Motivation	21. Autonomie et responsabilité des élèves	+	Pas de projet très ouvert. Une responsabilité dans le travail collectif : le scénario avance si les élèves sont actifs et participent, argumentent.
	22. Promotion des activités et fun	++	Usage des technologies : voir usage des technologies dans le scénario. Création de kaléidoscopes animés ☺
Activités	23. Produire	++	Constructions géométriques, résolution de conjectures, construction de kaléidoscopes en SVG.
	24. Faire des maths et des sciences (gammes)	++	Résolution d'exercices standards sur les polygone réguliers. Résolution de conjectures, démonstrations. Petite étude expérimentale (expérience concrète avec les miroirs).
	25. Et faire « autre chose ». Compétences transversales.	++	Culture Internet : portail, liens hypertextes, rapport, langage SVG.
Méta-cognition	26. Rapports, Carnet de bord	++	Création de fiches (« d'herbiers ») sur les polygones.
Authenticité	27. Ancrage des activités dans le quotidien et le professionnel	+	Ce n'est point fort du scénario. Cependant la petite séquence expérimentale permet de voir que les formes de polygones réguliers comme les pentagones ou les hexagones se trouvent « dans la nature ». Le kaléidoscope ne fait pas forcément partie des préoccupations d'élèves de 13 ans et plus...mais ils ont connu ce jouet dans leur enfance. (A noter : il existe des communautés de personnes passionnées et collectionneurs de kaléidoscopes sur Internet ☺)

	28. Trans-Inter-Pluri-disciplinarité	+	Géométrie, physique (réflexion dans le miroir), art...prolongement possible en philosophie (sur la notion de beauté, symétries, nombre d'or...). Prolongements possibles avec des matières comme le français : créer des poésies en kaléidoscopes. (caligrammes)
Aspects sociaux et collaboratifs.	29. Activités collaboratives	+	Travail collaboratif en plénière.
	30. Communauté d'apprentissage	+	Mise en ligne des fiches (herbiers de polygones) et des kaléidoscopes. Participation de la classe au portail global : participation à une galerie de polygones réguliers et irréguliers.

Tableau 14 : Situation du scénario sur les polygones selon les dix lignes directrices.

Usage des technologies

- SVG sert à la construction des kaléidoscopes.
- Comme c'est un format Internet, il permet de concevoir des activités où les élèves manipulent et échangent des fichiers (des figures géométriques).
- J'ai pensé à un système où l'enseignant peut récupérer les quadrilatères SVG de chacun et les afficher à l'écran (rétroprojecteur), puis les classer directement...(« light CSCL »). Dans une certaine mesure, les activités conviendraient bien à l'usage de technologies « invisibles » (« Ubiquitous computing » comme dans le projet Nimis). Ce style de technologies est à la fois un support pour la collaboration et, pour quelques années encore, un facteur de motivation (technologies magiques !).
- Pour ce scénario, il faut approfondir la description des outils nécessaires. Je pense qu'il est possible de développer des outils intéressants avec les langages SVG/PHP/MYSQL.

Apport du contexte général d'apprentissage

- *Apport du portail local.* Idem scénarios précédents...Il motive les élèves pour produire leur herbier de polygones, pour alimenter leur carnet de bord qui est en ligne et consultable.
- *Apport du portail global.* J'ai essayé dans ce scénario d'intégrer l'usage du portail global dans les activités (pour l'instant il a servi essentiellement pour les mises en ligne des productions et comme contexte général). Mais c'est encore un peu limité.
- *Apport de l'apprentissage du langage SVG.* Important pour la réalisation des kaléidoscopes.

3.4 Activité 4 : Les frises et les pavages (Maths)



3.4.1 Fiche d'identité

Public	13-14-15 ans
Thème	Transformations, pavages.
Durée de l'activité	x heures selon le scénario à déterminer.
Objectifs d'apprentissage	<ul style="list-style-type: none">• Polygones• Transformations• Pavages, frises
Les outils nécessaires	<ul style="list-style-type: none">• Outils de géométrie• Outils de production SVG
Description	Activité de design avec la construction de pavages en SVG. Activités ludiques et collaboratives : les élèves créent des frises et leurs pairs doivent deviner la nature de la frise créée.
Mots clés	Frises, pavages, transformations, SVG

3.4.2 Pistes et Arguments

Je donne ici quelques pistes pour la mise en place d'activités autour des frises, des pavages et de SVG.

Etudier et dessiner des frises et des pavages en mathématiques est une activité très courante dans l'enseignement des mathématiques. En effet, c'est une des seules activités où les élèves peuvent aborder les mathématiques dans une perspective plus artistique. Les manuels scolaires proposent des activités sur les frises et les pavages, il existe des CD-Rom ou des logiciels pour l'étude et la création de ces éléments.

Le scénario envisagé est donc un scénario « incontournable » dans le contexte d'activités mathématiques intégrant l'usage d'un langage comme SVG.

En effet, SVG permet de créer des dessins 2D et des animations : il peut donc être le format dans lequel les frises et les pavages sont créés. En général, les dessins sont réalisés sur papier (pour que les élèves sachent manipuler les outils de géométrie comme le compas ou l'équerre) puis scannés et mis en ligne dans certains cas.

Plusieurs activités peuvent être envisagées : des activités individuelles de création de frises et pavages, ou des activités plus ludiques collaboratives...

❖ Activités de création

Si les élèves connaissent les bases du langage SVG, ils peuvent créer leurs frises et pavages en trois temps :

- Choisir un motif et définir un projet. Commencer par un dessin papier.
- Dessiner avec un logiciel comme WebDraw le motif et essayer de recréer la frise ou le pavage.
- Editer le code pour faire *exactement* des frises ou des pavages.

Dans ce genre d'activité, les élèves ont besoin de notions en SVG et de notions mathématiques. Ils ne peuvent pas tout faire avec WebDraw, en « Wisiwig », car ce n'est pas assez précis. Ils doivent donc éditer le code en fonction des propriétés mathématiques des frises ou des pavages qu'ils désirent créer.

On peut lier cette activité avec le scénario sur les polygones (scénario précédent) en récupérant les polygones créés et décorés et en les utilisant comme motif de départ.

On peut prévoir un prolongement avec l'animation des pavages.

L'enseignant de dessin peut faire partie de ce projet.

❖ Activités mathématiques ludiques

Les frises peuvent être l'occasion de jeux mathématiques collaboratifs. En effet, il existe sept types de frises (selon la succession des transformations appliquées au motif). On peut imaginer les activités suivantes :

- Un élève envoie un motif, l'autre élève lui répond avec la frise créée à partir du motif et le premier doit deviner quelles opérations ont été effectuées.
- Une variante : Les élèves peuvent faire des frises puis les exposer et faire deviner à leur pair quel est le style de leur frise.

Ce genre d'activité implique la formulation, la manipulation des transformations par les élèves qui dessinent ou qui devinent.

Des outils spécifiques peuvent être créés pour ce genre d'activité : pour permettre la création rapide de frises, pour étudier les frises (dessiner les axes des transformations sur les frises), pour soutenir la communication et le travail collaboratif.

Il serait intéressant d'élaborer des scripts collaboratifs plus précis. Il faudrait également intégrer la collaboration avec des classes extérieures.

3.5 Activité 5 : Vers un projet plus long...(Pluri)

Je présente ici quelques pistes pour la mise en place d'un projet plus long intégrant l'usage de SVG et impliquant différentes disciplines.



3.5.1 Fiche d'identité

Public	13-14-15 ans
Thème	L'architecture des jardins, géographie, histoire, design, français, géométrie...
Durée du projet	Deux mois
Objectifs d'apprentissage	<ul style="list-style-type: none">• Gestion de projet• Etude des différents styles de jardins (actuellement et dans l'histoire...)• Objectifs disciplinaires : en mathématiques, manipulation des transformations, configuration des polygones réguliers...
Les outils nécessaires	Portail pour la gestion du projet, Internet, outils d'éditeurs, logiciel professionnel pour SVG (WebDraw ?)
Description	Projet autour de l'étude des différents styles de jardins existants. Les élèves choisissent le style de jardins qu'ils désirent étudier, après recherche et partage d'information. Ils définissent leur projet de design de plan de jardins. Ils créent ensuite des plans de jardins en SVG. Ils pourront insérer en lien hypertexte les études ou les productions réalisées autour de ce thème : des pavages de mosaïques caractéristiques des styles de jardin, l'histoire du créateur du jardin, des textes plus économiques ou sociaux...des textes dans des langues étrangères en fonction des jardins étudiés (Alambra de Séville ou jardin anglais...)....
Mots-clés	Projet pluridisciplinaire, jardins, SVG.

3.5.2 Pistes

Après un certain temps passé à manipuler SVG et les différents outils (portail, wiki, mail, FTP), on peut envisager des scénarios plus longs, sur un ou deux mois.

Dans ce cas, le portail local est le soutien du projet. Il faut un effet d'annonce : « classe en projet ».

Le portail global sert à faire la promotion du projet des élèves, à trouver les ressources sur SVG.

On peut insérer dans ce projet les frises, les pavages, les kaleidoscopes créés dans les scénarios plus ponctuels.

Le projet s'inscrit encore dans une collaboration entre enseignants de différentes disciplines.

Les mathématiques ne sont pas le centre de ce scénario mais ce scénario crée un contexte pour des activités mathématiques comme la description géométrique des plans, l'étude des styles de frises ou de pavages des sols. La construction en SVG amènera également à manipuler des grandeurs mathématiques (comme la valeur des degré ou des radians).

Les ressources pour l'étude des plans de jardins peuvent être en partie trouvées sur Internet. Par exemple, les illustrations ci-dessus ont été trouvées sur le site du jardin de Versailles²⁰.

²⁰ http://www.chateauversailles.fr/fr/100_Plan_du_Domaine_de_Versailles.php

4. Résumé

J'ai présenté dans cette troisième partie un ensemble de scénarios socio-constructivistes pour la classe de mathématiques.

Le contexte général d'apprentissage repose sur la mise en place d'un portail local, sur l'existence d'un portail extérieur et sur l'apprentissage du langage SVG par les élèves et par les enseignants de la classe (équipe pédagogique pluridisciplinaire).

Le portail local est le portail de la classe et joue un rôle de support des activités, de mémoire des activités de la classe, de prétexte à des activités réflexives (rédaction d'un carnet de bord, portfolio), de motivation (mise en lignes de toutes les constructions et productions des élèves), de support de la communauté constituée par la classe (outils de communications, forum et mémoire du travail effectué).

Le portail global, SVGina, sert de ressource (sur le langage SVG) et permet à la classe de s'ouvrir vers l'extérieur. Le travail collectif doit être stimulé par le fait que le portail local soit en lien sur le portail extérieur, par le fait qu'on puisse exposer les constructions parmi des constructions de professionnels, ou tout simplement de personnes extérieures à l'institution scolaire. Il est également le lien avec d'autres classes réalisant des activités ou des projets autour de SVG.

Les différents scénarios envisagés sont complémentaires vis à vis de l'adéquation aux dix lignes directrices définies.

Le scénario du Billard qui part d'un exercice scolaire permet de faire des mathématiques scolaires et de faire des sciences (pratique de la modélisation). Il s'inscrit dans le quotidien (billard) et le professionnel (modélisation). Il permet de faire des liens entre les mathématiques, la physique et la programmation. SVG est présent dans les « thinking tools » disponibles et permet une appropriation de ces simulations (récupération du fichier SVG par chaque élève et même étude du code et adaptation).

Le scénario sur la propriété d'incidence reprend la structure des WebQuest. L'autonomie des élèves est prise en compte dans un petit projet de création de cours ou de construction d'illustration en SVG (images ou simulations) sur la propriété d'incidence. Les activités de constructions et les compétences transversales sont privilégiées.

Le scénario sur les polygones est le plus long des scénarios : il propose différentes séquences orientées sur la résolution de conjectures ou sur la construction (kaleidoscopes) ou le « coloriage » pour les plus jeunes. Il inclut l'usage du portail extérieur dans les activités.

Le scénario sur les frises et les pavages permet la mise en place d'activités créatives où les notions mathématiques sont indispensables. Pour illustrer la ligne directrice sur le travail collaboratif, il faut envisager des activités collaboratives autour des frises et des pavages.

Le projet envisagé est pluridisciplinaire et vise la création en SVG de plans de jardins « augmentés » par des liens hypertextes vers différents travaux des élèves. La production en SVG est prévue avec des outils d'édition professionnels (et toujours dans le cas où l'enseignant d'informatique enseigne ce langage).

Conclusion

Pour la conclusion de ce mémoire, je propose un résumé des trois parties qui le constituent, puis je donne quelques perspectives d'approfondissement de ce travail.

❖ Première partie

La première partie de ce mémoire fournit un panorama de scénarios constructivistes pour l'enseignement des sciences et en particuliers des mathématiques. Le panorama n'est pas exhaustif et se centre sur les approches les plus célèbres depuis les années 70 jusqu'à nos jours (2003).

Comme je l'indique dès le début de la première partie, le terme « scénario » est pris dans un sens large. Je rappelle qu' il s'agit de présenter les idées de contextes d'apprentissage, d'activités, d'usage des technologies pour l'enseignement/apprentissage des sciences et des mathématiques et de résumer les approches techno-pédagogiques ou didactiques qui les plébiscitent.

Je présente des scénarios fondés sur les approches constructionnistes, développées notamment par Seymour Papert et Mitchel Resnick, dont le symbole reste l'usage de micromonde comme la géométrie tortue (Logo) et qui mettent en avant la créativité et le design d'artefacts extérieurs, affectivement et épistémologiquement signifiants.

J'aborde d'autre part les scénarios centrés sur la résolution de problèmes ou la réalisation d'enquêtes ("Problem-based learning", "Inquiry-based learning"). David Jonassen propose un modèle d'environnement d'apprentissage constructiviste qui caractérise particulièrement bien ce genre de scénarios : un problème général, complexe, mal défini et un environnement d'apprentissage qui fournit aux apprenants des ressources, des cas résolus, des « thinking tools », un support pour la communication et la collaboration. Les exemples célèbres sont les scénarios Jasper (usage de vidéos) ou les WebQuest (usage d'Internet). Les thèmes mathématiques sont nombreux, surtout pour des enfants entre trois et douze ans.

Ensuite j'ai considéré un ensemble de scénarios socio-constructivistes, centrés autour de la réalité sociale et collaborative de l'apprentissage. J'y aborde principalement les approches socio-constructivistes générales de TecfaSeed et les approches fondées sur l'étude collaborative de systèmes complexes (« Collaborative Discovery Learning »). Les approches socio-constructivistes générales sont intégratrices et proposent un usage des technologies comme outil pour des activités de construction et support pour la gestion des ressources, d'une communauté d'apprentissage, de projets d'une classe sur une période longue. Elles proposent des modèles d'activités (catalogue TecfaSeed) pour toutes les disciplines et doivent donc pouvoir nourrir l'enseignement des mathématiques. Les scénarios « Collaborative Discovery Learning » sont proches des scénarios centrés sur la résolution de problèmes mais l'aspect collaboratif est renforcé avec l'usage de technologies comme support à un travail collaboratif. Les activités de constructions viennent également au centre (construction de modèles et de simulations). Un autre ensemble de scénarios est proche de ces modèles : ce sont les scénarios de projet, interdisciplinaires, en sciences expérimentales où les élèves se comportent comme des « petits scientifiques ». C'est le cas du projet CoVis, par exemple.

Enfin, le panorama se termine sur une présentation des approches des didacticiens des mathématiques. La didactique se fonde également sur les théories constructivistes de l'apprentissage et propose des modèles de scénarios constructivistes pour l'apprentissage des sciences et des mathématiques. En particuliers, la théorie des situations de Guy Brousseau, cherche à définir les situations didactiques dans lesquelles les élèves pourront s'appropriier les concepts et construire du sens mathématique. La didactique a contribué au développement de micromondes comme le logiciel de géométrie dynamique Cabri et de systèmes d'apprentissages informatisés (EIAH) pour des contenus spécifiques (algèbre, démonstration...).

❖ Deuxième partie

Dans la deuxième partie du mémoire, je discute des scénarios en les comparant (points de convergence et de divergence). Pour cela, je prends différents angles d'approche : la motivation, les tâches d'apprentissage, la métacognition, l'authenticité, le social et le collaboratif et enfin l'usage des technologies. Je les considère comme les mots-clés principaux permettant de décrire à grands traits l'ensemble des environnements d'apprentissage fondés sur les théories constructivistes.

L'objectif est de savoir ce que recourent ces notions pour chaque type de scénario (d'approche).

Ce travail permet de déboucher sur un résumé des différences autour de deux pôles : didactique et pédagogique. Plaisir de mathématicien ou adéquation avec les intérêts personnels des élèves pour la motivation. Intention didactique très définie ou ouverture pédagogique, enseignant expert ou élève expert, contenu transversal ou compétences transversales pour les expériences d'apprentissage. Gestion des conflits cognitifs ou rapports d'activité pour les pratiques réflexives. Pratiques scientifiques authentiques ou compétences transversales professionnelles pour l'authenticité. Aspect important ou central du social et du collaboratif. Logiciels spécifiques ou outils de gestion et de production pour les technologies.

D'autre part, sur les bases du travail de la première et deuxième partie et selon mes intentions (pôle pédagogique et faisabilité) et mes croyances personnelles, je définis, à la fin de la deuxième partie, dix lignes directrices pour la conception de scénarios socio-constructivistes en mathématiques.

Ces lignes directrices, construites relativement aux points de centration (mots clés) des environnements constructivistes, sont les suivantes : (1) Autonomie et responsabilité des élèves, (2) Promotion des activités et fun, (3) Produire, (4) Faire des maths et des sciences (gammes), (5) Et faire « autre chose ». Compétences transversales, (6) Rapports, Carnet de bord, (7) Ancrage des activités dans le quotidien et le professionnel, (8) Trans-Inter-Pluri-disciplinarité, (9) Activités collaboratives, (10) Communauté d'apprentissage.

Vis à vis de ces lignes directrices, le rôle des technologies peut se résumer en deux points : (1) TIC, support et outils des pédagogies modernes et (2) TIC, dynamisant, moderne & fun.

❖ Troisième partie

La troisième partie propose un ensemble de scénarios socio-constructivistes pour la classe de mathématiques qui prennent en compte les lignes directrices définies.

J'ai ainsi défini **un contexte général** d'apprentissage, des **scénarios** de quelques heures et j'ai envisagé la mise en place d'un projet à plus long terme.

Le scénario global, centré autour de la classe de mathématiques, est **pluridisciplinaire** et implique le travail en équipe des enseignants de la classe. Le **fil directeur** est l'apprentissage et l'usage, par les élèves et les enseignants, du langage **SVG**.

Je propose que la classe possède son portail en ligne (communauté **locale**, autour de la classe). J'imagine également un portail extérieur autour du langage SVG (« SVG In Activités ») qui participe au contexte général d'apprentissage.

Les arguments pour l'usage de SVG peuvent se résumer ainsi : SVG est un moyen d'introduire de la **dynamique** et d'associer la classe de maths à quelque chose qui fait **plaisir**. Il est propice à des activités de **constructions** où il est possible d'avoir de « idées productrices ». Il permet de créer un **contexte** pour certains exercices scolaires qui ont très peu de sens en soit et qui rebutent beaucoup d'élèves. Son apprentissage s'inscrit dans l'acquisition de **compétences transversales (culture des langages Internet et des outils)**. C'est un langage de "la vie réelle", un langage utilisé par des **professionnels** sur Internet. Il permet de faire des **liens** entre les **mathématiques**, **l'informatique**, le **design** et enfin il est destiné à être "**affiché**", "**partagé**" et donc propice à la mise en place d'une **communauté** d'apprentissage.

❖ Perspectives

Les scénarios proposés demandent à être **testés**. Les pré-test m'ont permis de voir que SVG peut être motivant en soit et que son apprentissage, ainsi que la manipulation d'un logiciel comme WebDraw, sont possibles. Mais il faut prendre en compte les différences individuelles et les goûts de chacun. Et il faut également « aller au bout » de SVG et proposer des espaces pour la création de projets élaborés pour les élèves les plus motivés.

Il faudrait en particuliers regarder si les enseignants peuvent facilement s'approprier les outils pour la mise en place des activités, si le temps proposé pour chaque activité est réaliste, si les activités de constructions ne sont pas trop ambitieuses, si les élèves sont intéressés, si tout ceci a des conséquences positives dans leurs apprentissages en mathématiques (dans leur implication également), si la classe est plus dynamique.

Les scénarios sont inscrits dans un contexte général d'apprentissage. Il serait néanmoins déjà intéressant de savoir si un usage ponctuel et local de SVG entraîne de la motivation et du plaisir dans des activités qui demandent également à faire des mathématiques. J'ai fait les pré-test avec deux élèves qui n'ont pas de difficultés en mathématiques : il faudrait en particuliers tester les activités avec des élèves qui n'aiment pas les mathématiques. Mais j'ai conçu ces activités pour une classe de mathématiques dans une moyenne et dans un contexte que je suppose relativement possible à court terme.

Les outils de support aux activités doivent être approfondis. Je propose l'usage de logiciels professionnels mais des outils spécifiques sont également nécessaires pour supporter des activités où le langage SVG permet de créer des dessins ou des figures « en ligne » et des les sauver, les échanger. Toutes les activités de construction de doivent pas impliquer l'édition du code qui demande un effort important et qui peut lasser ou décourager les élèves.

Annexe 1 : Scénario du billard.

Etude de la configuration de la propriété d'incidence.

Temps	Phase (Libellé)	Mode d'organisation de la classe	Production attendue	Ressources et outils	Description activité de l'élève (rôle de l'élève)	Description activité de l'enseignant-e (rôle de l'enseignant-e)
10 m	Présentation de l'activité.	Plénière			Ecouter et accéder aux pages des simulations.	Présentation à la classe de l'activité.
1h30	Simulation n°1					
20 m	Première exploration	Individuel	Des hypothèses	Simulation n°1	Faire plusieurs essais.	----
	Mise en commun	Plénière	Expliciter des stratégies pour placer le curseur.	Simulation n°1 Rétroprojecteur	Participer, expliciter, écouter.	Orchestreur
1h	Première modélisation.	Groupes de 2	Dessiner la configuration. Trouver des indices.	Logiciel de géométrie dynamique	Dessiner la configuration et chercher des propriétés de cette configuration.	Guide
	Indice...	Groupes de 2	Institutionnalisation de la propriété.	Logiciel de géométrie dynamique. Papier/crayon	"Dessiner l'indice" et trouver une démonstration.	Donner l'indice, guide. Mise en commun de la démonstration de la propriété.
10m	Vérification...	Individuel		Simulation_calque	Faire la construction par dessus la simulation et vérifier que ça fonctionne.	
1h30	Simulation n°2					
40 m	Résolution de problème.	Groupe de 2/3	Trouver la solution	Simulations n°2 Calque papier/crayon	Chercher, tâtonner. Négocier, argumenter.	Guide

30m	Rapport	Plénière	Institutionnalisation de la solution et preuve.		Chaque groupe fait un rapport oral de ce qui a été trouvé.	Organiser le rapport de chaque groupe : qui pense avoir trouvé? qui n'a pas trouvé? Etc... Résumer et faire la démonstration.
20m	Vérification	Individuel	Vérifier	Calque (avec animation)	Refaire la construction et animer pour ceux qui ne l'avaient pas déjà fait.	
40m	Portfolio					
+ travail perso	Rapport	Individuel		Option des simulations → produire "photos". Modèles de rapport SVG à éditer.	Faire un rapport (et l'imprimer aussi) Ecrire dans le cahier de cours les propriétés de la symétrie orthogonale qui ont été utiles pour faire cet exercice.	Guide puis "évaluation de ce rapport".

Approche analytique : comprendre comment sont construites les simulations. (modélisation analytique des situations).

Temps	Phase (Libellé)	Mode d'organisation de la classe	Production attendue	Ressources et outils	Description activité de l'élève (rôle de l'élève)	Description activité de l'enseignant-e (rôle de l'enseignant-e)
	Mise en situation... (maths) (approche analytique)					
10 m	Intro	Plénière	Indice...		Participer au débat : proposer des solutions.	Guider... rappeler l'équation d'une droite.
30 m	Recherche pour cas particuliers.	Individuel	Trouver solution (xc,yc) en fonction de (xa,ya) et (xb,yb).	Papier/crayon/ calculatrice Simulation "analytique"	Essayer de trouver (xc,yc) : "modéliser", écrire l'équation de la droite, calculer... Vérifier avec l'application.	
	Secret de simulations... (programmation)					

5 m ou +	Regarder le code des simulations...	Par groupe		Code "brut"	Essayer de "lire"...	
20 m	Exposé	Plénière			Ecouter	Exposer : commenter le code et essayer d'expliquer le fonctionnement.
+ ou -	Projet perso de construction.		Créer une simulation ou une animation du rayon d'incidence dans un contexte différent...	Outils "professionnels"	Chercher sur Internet des idées. Formuler le projet. Dessiner. Faire la programmation en récupérant celle étudiée.	Aider particulièrement pour la programmation.
			Mise en ligne...			

Annexe 2 : Les polygones

Temps	Phase (Libellé)	Mode d'organisation de la classe	Production attendue	Ressources et outils	Description activité de l'élève (rôle de l'élève)	Description activité de l'enseignant (rôle de l'enseignant)
1h	Introduction					
20 m	Brainstorming	Individuel	Obtenir une "collection de quadrilatères".	Outil SVG (fiche interactive)	Dessin des quadrilatères et résolution de l'exercice n°1. Sauvegarde des quadrilatères créés dans son espace.	(Guide)
20 m	Différents types de quadrilatères...	En plénière	Classement des quadrilatères produits. "Institutionnaliser les noms des différentes catégories".	Rétroprojecteur. Application SVG/php/MySQL. Tableau, feutre.	Participer au débat de la classe : proposer des façons de classer les quadrilatères, proposer des noms de catégories.	Orchestreur : il classe les quadrilatères en fonction des propositions des élèves. Il marque les propositions de noms de catégories. Expert : il valide et il "institutionnalise"
20 m	"Coloriage"	Individuel	Collection des quadrilatères de la communauté globale "augmentée".	Portail communauté globale. Internet. Outils de production SVG.	Ils choisissent un de leurs quadrilatères. Ils "l'embellissent", ils lui rajoute un lien vers leur page personnelle. Ils le rangent dans la galerie des quadrilatères de la communauté globale.	(guide). Personne-ressource pour la "technique".

1h	Les quadrilatères réguliers.					
20 min	Conjectures ²¹ ...	En groupes de 3/4.	Résolution de problèmes.	Outil de "brouillon". Fiche	Résolution du problème : essayer, "tatonner" avec l'outil (même principe que logiciel de géométrie dynamique, mais moins d'options).	Guide
20min	...Solutions ²²	Plénière	"institutionnalisation"	Soit système papier/crayon/feutre/tableau. Soit fiches interactives et principe argue-graph.	Participer au débat de la classe et à la mise en commun : argumenter, se positionner, prouver.	Orchestreur et expert.
20min + perso	Création d'une fiche.	Individuel	Fiche dans portfolio.	Outil pour faire fiche. Possibilité de choisir des quadrilatères dans communauté globale ou locale.	Faire fiche personnelle avec les différents types de quadrilatères. Leurs noms. Puis petit feedback sur l'activité.	Regarder les fiches et "corriger". Commentaire.

²¹ Activité qui peut être "étirée" et exploitée pour faire faire des démonstrations. Réviser les théorèmes sur les parallélogrammes, losanges, rectangles...etc

²² Idem

Travail pour $n=3$, $n=5$ ou $n=6$.

(Exemple avec $n=5$. Les pentagones.)

Temps	Phase (Libellé)	Mode d'organisation de la classe	Production attendue	Ressources et outils	Description activité de l'élève (rôle de l'élève)	Description activité de l'enseignant (rôle de l'enseignant)
30 min	Introduction					
10min	Brainstorming	Individuel.	Alimenter une galerie de pentagones "originaux"...	Outil SVG	Imaginer différentes formes de pentagones.	Discours à la fin : définition d'un polygone. Définition d'un polygone réguliers.
20min	5 sommets/ 12 pentagones		Résolution de l'exercice : combien de pentagones différents ?	Outil SVG spécifique	Tâtonner, proposer un "chiffre".	Prolongement en probabilités... (5!/10)
2h	Pentagones					
15 min	Révision	Groupes de 2	Dessiner un triangle équilatéral et un carré : - dont on connaît un côté. - dont on connaît le centre et un sommet. Avec la rotation.	Logiciel de géométrie dynamique. Ressources : livre ou internet.	Essais, formulation de la stratégie à suivre.	Vérifier que tout le monde sait faire.
5 min	Mise en commun	Plénière	-----	-----	Ecouter et noter	Il fait un bilan, donne la solution et annonce le problème suivant.
1h	Construction suite.	Groupes de 2	Les deux constructions.	Logiciel de géométrie dynamique. Ressources : livre ou internet.	Identifier les éléments nécessaires pour résoudre le problème (angle au centre et angle au sommet) Chercher les informations. Faire la construction	Guide.

	Questions subsidiaires...(pour les plus rapides)		Construire un pentagone non régulier ayant ses côtés de même longueur. Construire un pentagone non régulier ayant ses angles de même mesure. Dessinez des polygones réguliers en utilisant aussi la symétrie axiale.			
20min	Suite...	Plénière	Hexagones, octogones....etc.			
30 min + perso	Carnet de bord	Individuel	Raconter la construction dans une fiche "construction des polygones réguliers". A valider ensuite par l'enseignant.			Validation. Feedback personnel.

Kaléidoscopes

Temps	Phase (Libellé)	Mode d'organisation de la classe	Production attendue	Ressources et outils	Description activité de l'élève (rôle de l'élève)	Description activité de l'enseignant (rôle de l'enseignant)
5h	Kaléidoscopes					
1h30	Expérience concrète.	Elèves en autonomie, travail de groupe.	Observations argumentées.	Deux miroirs. Instruments de mesure d'angle.	Recherche, mesures, observations	Orchestreur.
3h30	Etude du modèle SVG (code) et création de kaléidoscopes en SVG.	Travail individuel et collectif	Kaléidoscopes	Outil spécifique SVG. Outils d'éditions.	Etude de codes, constructions.	Guide

Références

Ackermann, E. (2001). Piaget's Constructivism, Papert's Constructionism: What's the difference? Publication in progress. [online]. Available:

http://learning.media.mit.edu/content/publications/EA.Piaget%20_%20Papert.pdf

Balacheff, N., Sutherland, R. (1994). Epistemological domain of validity of microworlds. The case of Logo and Cabri-géomètre. In R. Lewis and P. Mendelsohn (Eds), *Lessons from Learning*, pp. 137-150. Amsterdam: North Holland.

Barstow, D., Cheick, D. (1997). Mars Exploration. Students and Scientists Working Together. In Karen C. Cohen (Eds) *Internet Links for Science Education. Student-Scientist Partnerships*. (pp. 111-131). New York : Plenum Press.

Boethel, M., Dimock, K. (1999). Constructing Knowledge with technology. A Review of the literature. SEDL. <http://www.sedl.org/pubs/tec27/nonflash.html>

Bollen, L., Hoppe, H., Milrad, M. & Pinkwart, N. (2002). Collaborative Modelling in Group Learning Environments. In Pal I. Davidsen, Edoardo Mollona, Vedat G. Diker, Robin S. Langer & Jennifer I. Rowe (Eds), *Proceedings of the XX International Conference of the System Dynamics Society*, Palermo (Italy), July 2002, pp. 53-64.

Brassard, C., Daele, A. (2003). Un outil réflexif pour concevoir un scénario pédagogique intégrant les TIC. <http://www.det.fundp.ac.be/~ada/docs/2003eiah.pdf>

Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La pensée sauvage.

Bruckman, A. (1999). The Day After Net Day: Approaches to Educational Use of the Internet. *Convergence* 5:1, pp. 24-46. [En ligne] Adresse URL :

<http://www.cc.gatech.edu/~asb/papers/convergence-day-after.pdf>

Cherubini, M., Rasmussen, J., Gash, H., McCloughlin, T. (2002). Digital Seed : An interactive toy for children's exploration of plant growth and life cycles. Paper presented as a poster at the conference Interaction Design and Children. International Workshop, August 28-29 2002, Eindhoven University of Technology, The Netherlands.

[En ligne] Adresse URL : <http://www.mle.ie/%7Emauroc/publications/files/DigitalSeed.pdf>

Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique - du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Collaborative Software Lab (2000). A Catalog of CoWeb Uses.

<ftp://ftp.cc.gatech.edu/pub/gvu/tr/2000/00-19.pdf>

Collins, A., Brown, J. S., Seely, J., Duguid, P.(1989). Situated Cognition and the Culture of learning. *Educational Researcher*, Vol. 18, N°1, pp. 32-42. Disponible également en ligne. Adresse URL :

<http://www.ilt.columbia.edu/ilt/papers/JohnBrown.html>

Collins, A., Brown, J. S., Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction : Essays in honor of Robert Glaser*. pp. 453-494.

Commission de réflexion sur l'enseignement des mathématiques (2002). Rapport Au ministre de l'Éducation nationale, sous la direction de JEAN-PIERRE KAHANE. *L'enseignement des sciences mathématiques*,. Centre National de Documentation Pédagogique, Odile Jacob.

Dillenbourg, P. (1999). What do you mean by collaborative learning ? In P. Dillenbourg (Ed) *Collaborative learning : Cognitive and Computational Approaches*. (pp.1-19). Oxford : Elsevier.

Dillenbourg, P., Synteta, V., Schneider, D. (2002). A framework for authoring CSCL scenarios. <http://tecfa.unige.ch/proj/seed/catalog/docs/cscl-catalog.pdf>

Dillenbourg, P. (2003). CSCL Scripts : Comment structurer l'apprentissage collaboratif?.

Dodge, B. (1995). Some thoughts about WebQuests. Online: http://edweb.sdsu.edu/courses/edtec596/about_webquests.html

Dodge, B. (1999). WebQuest Taskonomy: A Taxonomy of Tasks. Online: <http://edweb.sdsu.edu/webquest/taskonomy.html>

Edelson, D., Pea, R., & Gomez, L. (1996). Constructivism in the Collaboratory. In B. G. Wilson (Ed.), *Constructivist learning environments : Case studies in instructional design*, (pp. 151-164). Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications. [En ligne] Adresse URL : <http://www.covis.nwu.edu/info/papers/pdf/edelson-edtech-95.pdf>

Edelson, D. (1997). Realising Authentic Science Learning through the Adaptation of Scientific Practice. To appear in K. Tobin & B. Fraser (Eds.), *International Handbook of Science Education*, Kluwer, Dordrecht,NL. [En ligne] Adresse URL : <http://www.covis.nwu.edu/info/papers/pdf/edelson-handbook-97.pdf>

Elliott, J., Bruckman, A. (2002). Design of a 3D Interactive Math Learning Environment. Design of Interactive Systems, London, UK. [En ligne] Adresse URL : <http://www.cc.gatech.edu/elc/aquamoose/pubs/amdis2002.pdf>

Elliott, J., Adams, L., Bruckman, A.(2002). No Magic Bullet: 3D Video Games in Education. Proceedings of ICLS 2002, International Conference of the Learning Sciences, Seattle, WA, October 23-26,2002. [En ligne] Harel, I. (1991). *Children designers: Interdisciplinary constructions for learning and knowing mathematics in a computer-rich school*. Norwood, NJ: Ablex Publishing. Adresse URL : <http://www.cc.gatech.edu/elc/aquamoose/pubs/amicls2002.pdf>

Frete, C., Synteta, V., Schneider, D. (2002). Un catalogue d'activités d'apprentissage socio-constructiviste. <http://tecfa.unige.ch/proj/seed/catalog/docs/activity-catalog-fr.pdf>

Harel, I. (1991). *Children designers: Interdisciplinary constructions for learning and knowing mathematics in a computer-rich school*. Norwood, NJ: Ablex Publishing.

Johsua, S., Dupin, JJ. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*, PUF, Paris.

- Jonassen, D. (1992). Designing Constructivist Learning Environments (CLEs).
<http://tiger.coe.missouri.edu/~jonassen/courses/CLE/>
- Jonassen, D. (1998). *Designing Constructivist Learning Environments*. In C.M Reigeluth (Ed.), *Instructional theories and models*, 2nd Ed. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Keller, A., Hart, E., Martin, W. (2002). Illuminating NCTM's *Principles and Standards* for School Mathematics. [En ligne] Adresse URL : <http://illuminations.nctm.org/downloads/SSMIllumArticle.pdf>
- Laborde, C. (1999) Vers un usage banalisé de Cabri-géomètre avec la TI 92 en classe de Seconde: analyse des facteurs de l'intégration In D. Guin (ed.), *Calculatrices symboliques et géométriques dans l'enseignement des mathématiques, Actes du colloque francophone européen*. (pp.79-94), Montpellier : Editions IREM de Montpellier.
- Lebrun N. (2001). Des méthodes actives pour une utilisation effective des technologies. [En ligne] Adresse URL : <http://www.ipm.ucl.ac.be/Marcell/TECHPED/MethTech.html>
- Legrand, M. (1993). Débat scientifique en cours de mathématiques. Repère IREM n°10, Topiques Editions.
- Legrand, M. (1997). La problématique des situations fondamentales et l'approche anthropologique. Deux regards sur l'enseignement des mathématiques. Repère IREM n°27, Topiques Editions.
- Marcellus (De), Olivier. (1991). Pédagogie « active » et projets de classe avec LOGOWRITER. In Gurtner J.-L & Retschitzki J. (Eds.). *LOGO et apprentissage*. (pp. 215-228). Neuchâtel, Paris: Delachaux& Niestlé.
- Meirieu, Ph. (1995). *La pédagogie entre le dire et le faire*, Paris, ESF
- Mendelshon, P. (1991). LOGO : qu'est-ce qui se développe ? In Gurtner J.-L & Retschitzki J. (Eds.). *LOGO et apprentissage*. (pp. 50-60). Neuchâtel, Paris: Delachaux& Niestlé.
- Milrad, M. (2002). Using Construction Kits, Modeling Tools and System Dynamics Simulations to Support Collaborative Discovery Learning. *Educational Technology & Society* 5 (4) 2002. [En ligne]. Adresse URL : http://ifets.ieee.org/periodical/vol_4_2002/milrad.html
- Milrad, Spector & Davidsen. (nd). Model Facilitated Learning. DRAFT accepted for publication in a volume edited by Som Naidu entitled eLearning : Technology and the development of teaching and learning. Online : <http://soeweb.syr.edu/faculty/spector/publications/MFL-DRAFT.pdf>
- NCTM. (2002). Principles and standards for school mathematics. [En ligne] Adresse URL : <http://standards.nctm.org/index.htm>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms. Children, Computers and Powerful Ideas*. New York: Basic books.
- Papert, S. (1991). Situating Constructionism. In Idit Harel (ed.). *Constructionism*. Cambridge : Ablex Publishing Corporation. [En ligne]. Adresse URL : <http://www.papert.org/articles/SituatingConstructionism.html>
- Papert, S. (1993). *L'Enfant et la machine à connaître*. Repenser l'école à l'ère de l'ordinateur. Dunod. Paris (traduc 1994).

Papert, S. (2002). Hard Fun. Article for the Bangor Daily News (Bangor, Maine). [En ligne] Adresse URL : <http://www.papert.org/articles/HardFun.html>

Resnick, M., Ocko, S. (1991). LEGO/Logo: Learning Through and About Design. In I. Harel (Ed) *Constructionism*. Norwood, NJ: Ablex Publishing

Resnick, M., et al. (2000). The PIE Network : Promoting Science Inquiry and Engineering through Playful Invention and Exploration with New Digital Technologies. Proposal to the National Science Foundation.

Rieber, Lloyd. P., Smith, L., & Noah, D. (1998). The value of serious play. *Educational Technology*, 38(6), 29-37, [En ligne] Adresse URL : <http://itech1.coe.uga.edu/~lriever/valueofplay.html>

Schneider, D. (2001). Le rôle de Internet dans la formation supérieure: scénarii et technologies, Introduction et essai prepare pour le colloque International "Enseignement des Langues et Multimedia (28-29 a Alger)" et la journee NTICE@INSTAT (27 avril 2001).

Schneider, D., Synteta, P., & Frété, C. (2002). Community, content and collaboration management systems in education : a new chance for socio-constructivist scenarios? Paper presented at the 3rd Congress on "Information and Communication Technologies in Education", Rhodes, Greece.

Schneider, D., Class, B., Frete, C., Girardin, F., Lombard, F., Morand, S., Synteta, P. (2003). Conception et implémentation de scénarios pédagogiques riches avec des portails communautaires. Paper presented at Second Colloque de Guéret, 4-6 juin 2003, "Les communautés virtuelles éducatives, Pour quelle éducation? Pour quelle(s) culture(s) ?"

Schneider, D. (2003). Conception and implementation of rich pedagogical scenarios through collaborative portal sites (DRAFT 1.5). (to appear) in MarioTokoro and Luc Steels (eds.) "A Learning Zone of One's Own Sharing representations and Flow in Collaborative Learning Environments" [working title] "The Future of Learning" series, IOS Press, 2004 URL for Draft: <http://tecfa.unige.ch/proj/seed/catalog/docs/sevilla03-schneider.pdf>

Shaffer, DW. (1996). "Escher's world: learning mathematics through design in a digital studio." Masters' Thesis in Media Arts and Sciences, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA. [En ligne] Adresse URL : <http://www.soemadison.wisc.edu/edpsych/facstaff/dws/papers/msthesis/>

Shaffer, DW. (2002). "Design, collaboration, and computation : the design studio as a model for computer-supported collaboration in mathematics." In Koschmann, T, Miyake, N, and Hall, R, eds. *Compu Tardif, J. avec la collaboration de A. Presseau (1998). Intégrer les nouvelles technologies de l'information. Quel cadre pédagogique?* Paris : Éditions sociales françaises. ter Support for Collaborative Learning 2. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Synteta, P. (2001). EVA_pm: Design and Development of a Scaffolding Environment For Students Projects. Unpublished Master thesis, University of Geneva, Geneva, Switzerland.

Synteta, P.(2002). Project-Based e-Learning: The model and the mehod, the practice and the portal. Unpublished PhD proposal (Accepted oct, 2002), University of Geneva, Geneva, Switzerland.

Tardif, J. (1992). *Pour un enseignement stratégique.L'apport de la psychologie cognitive*. Montréal : Éditions Logiques.

Tardif, J. avec la collaboration de A. Presseau (1998). *Intégrer les nouvelles technologies de l'information. Quel cadre pédagogique?* Paris : Éditions sociales françaises.

Tilman, F., Grootaers, D. (1994). *Les chemins de la pédagogie. Guide des idées sur l'éducation et l'apprentissage*, Chronique sociale, Vie Ouvrière, Bruxelles.

Watt, D. (1998). Mapping the Classroom Using a CAD Program : Geometry as Applied Mathematics. In Richard Lehrer & Daniel Chazan (Ed) *Designing Learning Environments for developing understanding of geometry and space*. (pp. 419-438). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Young, D. , Wilson, G. (2002). WebQuests for Reflection and Conceptual Change: Variations on a Popular Model for Guided Inquiry. Online : <http://carbon.cudenver.edu/~bwilson/WebQuest/>

Zech, L., Vye, N., Bransford, J., Goldman, S., Barron, B., Schwartz, D., Hackett, R., & Mayfield-Stewart, C. and the Cognition and Technology Group at Vanderbilt. (1998). An introduction to geometry through anchored instruction. In R. Lehrer & D. Chazan (Eds.), *Designing learning environments for developing understanding of geometry and space* (pp. 439-463). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.