



ASSOCIATION MARCEL HICTER

## **Art et Sciences**

Pistes de réflexion pour une approche dans un projet culture à l'école

2012

Par Brigitte Spineux, chargée de missions à l'Association Marcel Hicter

**Association Marcel Hicter pour la Démocratie culturelle - FMH**

27 rue du Belvédère

1050 Bruxelles

Tel : +32.2.641.89.80

Fax : +32.2.641.89.81

Courriel: [contact@fondation-hicter.org](mailto:contact@fondation-hicter.org)

<b>1. Introduction .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Eléments d'analyse.....</b>	<b>7</b>
<b>1) La science .....</b>	<b>7</b>
1.a La méthodologie IBSE : nouvelle pédagogie des Sciences .....	9
1.b La dimension culturelle des sciences.....	11
<b>2) l'Art.....</b>	<b>11</b>
2.a La démarche artistique .....	12
2.b L'art et le réel .....	13
<b>3) Les ponts entre art et science.....</b>	<b>15</b>
3.a La créativité.....	16
3.b La métaphore .....	17
<b>4. Etude de cas : l'ORIGAMI .....</b>	<b>18</b>
<b>1) Définition .....</b>	<b>18</b>
<b>2) Eléments historiques .....</b>	<b>18</b>
<b>3) Apports de l'origami en Science .....</b>	<b>20</b>
<b>4) Projet Anim'action: Carrés d'Art ou vision poétique de la géométrie.....</b>	<b>22</b>
<b>5) Pistes de réflexion.....</b>	<b>25</b>
<b>5. Pistes de réflexion et conclusions.....</b>	<b>27</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>31</b>

## 1. Introduction

Suite au développement des sciences cognitives, un nouveau paradigme a vu le jour, la société de la connaissance avec les concepts associés d'*apprendre à apprendre* par exemple.

Les enjeux de la société de la connaissance rendent cruciale la capacité d'innovation et de créativité des nations et états. La conférence européenne de Lisbonne, en 2000, définit une stratégie : à l'horizon 2010, faire de l'Europe, la société de la connaissance la plus avancée du monde.

Cet objectif ne peut se concevoir sans la mise en place d'une politique à la hauteur de ces ambitions, visant à augmenter de manière drastique la culture scientifique, le potentiel de création de nouveaux savoirs et d'utilisation de ces savoirs. Il est donc primordial, dans ce cadre, de former des jeunes aux sciences. Or, de nombreux travaux ont mis en évidence le peu d'intérêts que portent les jeunes pour les études scientifiques en Europe. Des actions ont été mises en œuvre pour promouvoir celles-ci mais sans résultats conséquents. L'origine de cette désaffection apparaît, en grande partie, dû à la manière d'enseigner les sciences à l'école<sup>1</sup>.

Fin 2006, la Commission européenne a chargé un groupe d'experts<sup>2</sup> d'examiner une partie de ces initiatives avec l'objectif de déterminer les conditions préalables nécessaires à une multiplication des vocations scientifiques. Le rapport *Rocard* recommande, entre autres, l'introduction d'approches basées sur le questionnement afin de donner plus de place à l'observation et à l'expérimentation.

L'expérience de terrain et les résultats du projet *Pollen* ont, par exemple, été mis à contribution. Le premier janvier 2006, le projet de recherche et développement, *Pollen*<sup>3</sup>, a vu le jour, soutenu par la Direction Générale de la Recherche de la Commission européenne, pour une durée de 3 ans et demi. Ce projet a été sélectionné comme projet de référence afin de promouvoir l'enseignement et la culture scientifique en Europe. Son principal objectif est de développer un enseignement des sciences et des technologies basé sur une démarche d'investigation, en anglais, *Inquiry-based science education*, IBSE, reconnu par la communauté scientifique internationale comme primordial dès le niveau primaire de l'enseignement. La formation des enseignants ainsi que l'implication des acteurs extérieurs à l'école (famille, communauté scientifique, universités, services publics, industries ...) sont également pris en compte ainsi que le lien des apprentissages de l'élève avec son environnement quotidien. Le projet *Pollen* a été coordonné par l'Association La Main à la Pâte, émanation de l'École Normale supérieure (France).

Le laboratoire de Didactique des Sciences Physiques de l'Université Libre de Bruxelles a participé par le biais d'un projet d'une année, *Science en scène*, dans une école primaire

---

<sup>1</sup> « L'enseignement des sciences dans les établissements scolaires en Europe. Etats des lieux des politiques et de la recherche ». Eurydice, Commission européenne, 2006

<sup>2</sup> « L'enseignement scientifique aujourd'hui: une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe », rapport du *High Level Group on Science Education* sous la présidence de Michel Rocard, avril 2007

<sup>3</sup> voir <http://www.pollen-europa.net>

en D+ de Bruxelles. Les enfants ont étudié le fonctionnement des robots et créer une performance théâtrale pour l'Expo-Science avec leur enseignant.

L'Université de Leicester en Angleterre a, quant à elle, mené un projet expérimental d'enseignement croisé des arts et des sciences dans l'enseignement primaire.

La démarche se focalisait sous différents angles :

- Création artistique à partir d'observations de phénomènes physiques à l'aide de microscopes électroniques et de caméras digitales avec présentation orale des résultats
- Communication des résultats d'observation par le biais de créations artistiques diverses (peinture, impression, collage, dessin d'observation, création textile)
- Utilisation des notions scientifiques acquises sur la transformation des matériaux et expérimentation des contraintes techniques de l'artiste dans des productions artistiques
- Création artistique stimulée à partir d'éléments naturels comme la pierre, les minéraux et les fossiles

Leurs observations rendent compte que les apprentissages sont facilités par ces activités qui donnent du sens et sont plus amusantes ce qui permet à l'élève de mieux les retenir. Elles permettent également de mettre en évidence les liens entre les matières du curriculum et par là-même de faciliter l'utilisation de l'acquis de manière holistique. La stimulation de la créativité par les pratiques artistiques permet à l'élève de développer son propre *style* d'apprentissage.

Sous la présidence de l'UE par la France en 2008, la Conférence de Grenoble, « L'apprentissage des sciences dans l'Europe de la connaissance » a rassemblé des représentants des pays de l'Union européenne. Les conclusions<sup>4</sup> de la conférence ont repris le rôle central de la science et de l'éducation à la science dans la construction de l'Europe des savoirs. La nécessité de poursuivre les initiatives entreprises depuis la déclaration de Lisbonne et de les amplifier à grande échelle sous forme d'un effort à long terme (10 ans) a été soulignée.

Concernant l'enseignement des sciences, des lignes directrices ont été définies et notamment:

- La formation des enseignants (compréhension de la nature de la science, de l'épistémologie, de l'histoire et de l'éthique)
- La mise en œuvre plus importante de l'interdisciplinarité entre professeurs
- Une approche expérimentale des mathématiques
- Le partage des ressources
- Le soutien à un programme de recherche sur les attitudes des élèves et des professeurs afin d'améliorer la pédagogie
- La facilitation des coopérations entre enseignants, scientifiques, industriels et centres d'éducation non formelle comme les associations de vulgarisation scientifique

---

<sup>4</sup> Conclusions du président Pierre Léna disponible sous [cache.media.eduscol.education.fr/.../PFUE-sciences\\_FR\\_113850.pdf](http://cache.media.eduscol.education.fr/.../PFUE-sciences_FR_113850.pdf)

A la suite du rapport Rocard et de projets d'investigation comme Pollen, le projet européen Fibonacci<sup>5</sup> pour la dissémination de la démarche IBSE dans l'éducation en sciences partout en Europe a démarré en 2010 pour une période de 3 ans sous la houlette de la Main à la Pâte et de l'université de Bayreuth en Allemagne. Ce projet vise à la propagation de la démarche IBSE par la création de centres de référence dans les différents pays de la Communauté européenne.

Par ailleurs, la stratégie de Lisbonne pour l'Europe de la connaissance s'est révélée trop ambitieuse et va probablement être revue. Elle provoque également des critiques. En effet, elle est inscrite dans le cadre de la stratégie européenne pour l'emploi et donnerait une finalité purement économique aux savoirs. Le danger serait de privilégier les connaissances « utiles » en ce sens ce qui pourrait conduire à une conception réductrice de l'éducation en liquidant les bases humanistes de celle-ci au sein de l'Union européenne<sup>6</sup>.

Le 9 mars de cette année, la journée de lancement de l'appel à projets « La Culture a de la Classe »<sup>7</sup> de la Commission Communautaire Française (CoCof) voyait l'annonce par le Ministre de la Région Bruxelloise en charge de la Culture, Emir Kir, de la création et dotation d'un nouvel axe de projets, l'axe Art et Sciences qui vient s'ajouter aux axes Culture, Lecture et Education permanente.

Depuis 2001, l'Association Marcel Hicter prend en charge l'accompagnement de projets « La Culture a de la Classe ». L'expérience acquise durant ces années et notre intérêt au croisement des arts et des sciences dans des perspectives éducatives nous ont amené à entamer une étude visant à dégager des pistes de réflexion et d'action afin de promouvoir la conception de projets culture à l'école dans ce nouvel axe.

La création de cet axe s'inscrit dans le courant actuelle de certaines recherches en pédagogie, l'approche culturelle de l'enseignement. Son origine se situe à la suite des questions que posèrent, dans les années nonante, l'observation des conséquences de la globalisation, la *macdonaliation* du monde sur l'éducation au Québec mais également en France, en Belgique et dans d'autres pays francophones.

Pour notre part, les intérêts de créer un lien entre Art et Sciences à l'école sont nombreux et pertinents:

- Créer des synergies entre acteurs culturels, scientifiques et enseignants pour approfondir les apprentissages et notamment concernant les compétences transversales
- Décloisonner les disciplines, intégrer une approche interdisciplinaire pour appréhender la complexité du monde
- Ouvrir la dimension culturelle des sciences aux élèves pour leur donner des clés de lecture du monde pour en faire des adultes capables d'exercer un rôle citoyen avec un esprit critique dans leur vie future.

---

<sup>5</sup> Voir les ressources disponibles sous <http://www.fibonacci-europa.eu>

<sup>6</sup> in Laval c., Bruno I., Clément P., 2010, La grande mutation. Néolibéralisme et éducation en Europe, Editions Syllepse, collection "Comprendre et agir" et l'article de présentation dans la journal Le Monde Diplomatique sous <http://www.monde-diplomatique.fr/2010/07/VOILLIOT/19452>

<sup>7</sup> Voir <http://www.cocof.irisnet.be/nos-competences/la-culture-a-de-la-classe-1>

- Donner des outils d'expression comme l'art engagé et des références artistiques dans le domaine

Cette étude a pour objectif d'approfondir notre approche et de l'étayer par des éléments d'analyse tirés de références bibliographiques et la présentation d'exemples concrets d'expériences en milieu scolaire. Ce travail est orienté suivant 3 points de vue : la science, l'art et l'enseignement à l'attention des acteurs *encadrants* des projets «La Culture a de la Classe ». L'objectif général est de donner, dans la mesure des possibilités d'une telle étude, des informations aux différents acteurs quant au champ des connaissances de chacun. Il est bien entendu que ce travail ne se veut et ne peut être exhaustif. Le but est d'analyser sur le terrain dans l'espoir d'aider à concevoir et mettre en place des projets de partenariat entre scientifiques, artistes et enseignants à l'école. Cette étude est donc ouverte aux critiques et apports des lecteurs intéressés afin d'enrichir nos points de vue et poursuivre notre réflexion.

Dans un premier temps, l'enseignement des sciences et des technologies basé sur une démarche d'investigation, en anglais, *Inquiry-based science education*, IBSE est décrit. Ensuite, la démarche scientifique expérimentale est exposée de manière indépendante pour, ensuite, être comparée à la démarche artistique afin de mettre en évidence les parallèles. La sélection des ouvrages consultés est réalisée suivant une ligne directrice permettant d'exposer un aperçu historique et de mettre en évidence certains travaux de philosophes des sciences, comme Gaston Bachelard, de sociologues de la science, comme Bruno Latour, qui ont abordé à la fois la science et la culture. De manière non exhaustive, les alternatives de courants de pensée sont signalées et référencées.

Dans un troisième temps, deux exemples d'expériences de terrain en Communauté française de Belgique sont analysés et des pistes de réflexion sont esquissées.

Enfin, les conclusions sont tirées quant aux prolongements pertinents que cette étude nous a permis de cerner et les actions envisagées pour 2013 sont décrites.

## 2. Eléments d'analyse

### 1) La science

Nous n'entrerons pas dans les discussions habituelles de sciences dures et molles, exactes et appliquées. L'objectif de ce premier point d'éléments d'analyse est de préciser ce que nous entendons par science dans le contexte des apprentissages scolaires.

La science peut se définir comme une pratique d'exploration de la nature. Cette pratique ne se réduit pas aux lois et explications qu'elle peut nous donner du monde. Depuis les années septante, se développe la sociologie des sciences surtout dans les pays anglo-saxons<sup>8</sup>. En France, Latour distingue la science faite de la science en action, *en train de se faire*. Il plaide pour la diffusion d'une vue réaliste des sciences.<sup>9</sup>

De manière simplifiée, le travail du chercheur se distingue par quelques étapes fondamentales<sup>10</sup> :

#### **L'observation**

C'est l'étape fondamentale où les phénomènes étudiés sont « questionnés » dans leur essence. Elle nécessite de se débarrasser des images préconçues, d'avoir un regard curieux capable de remettre en cause l'explication commune (exemples : la terre est plate et est le centre de l'univers).

#### **L'expérimentation**

Le chercheur émet des hypothèses sur les liens entre les causes et effets du phénomène observé et met au point un protocole d'expériences, de mesures qui doivent lui permettre de vérifier, le cas échéant, ses hypothèses.

Cette étape nécessite la recherche des paramètres qui sont pertinents, influents dans le phénomène observé (exemple : l'eau bout toujours à 100°C ? et si la pression atmosphérique varie ?). Chaque paramètre doit pouvoir se mesurer de manière indépendante pour pouvoir vérifier l'influence précise de ses variations.

Le doute et l'erreur sont également intrinsèques au processus, l'histoire des sciences en regorge d'exemples.

Le protocole expérimental vise à objectiver les mesures des différents paramètres définis comme pertinents dans le phénomène.

La science n'a pas réellement de fin, chaque observation, expérience, réponse soulèvent d'autres questions.

---

<sup>8</sup> voir ADELL Nicolas, 2011.

<sup>9</sup> voir LATOUR Bruno, 1989 et 2001.

<sup>10</sup> voir NARDONE Pasquale, 2011.

**L'expression d'une « loi » de la nature**

Sur base de l'analyse des résultats des mesures effectuées, le chercheur décrit le phénomène dans une loi ou formule qui permet de « prédire » les résultats des variations des paramètres influents.

**La communication**

La loi exprimée, le scientifique doit alors communiquer et défendre ses résultats auprès de la communauté des scientifiques de sa spécialité. C'est seulement après acceptation de cette communauté que la loi sera prise en compte dans le corpus concerné.

(Exemple : Pluton a perdu son statut de planète du système solaire non par une démonstration univoque mais après suffrage d'une assemblée internationale d'éminents astronomes !)



## 1.a La méthodologie IBSE : nouvelle pédagogie des Sciences

A l'heure actuelle, transmettre un savoir scientifique, c'est le transmettre avec tout ce que cela comporte de variations et d'amplitudes, de marges, de doutes, de certitudes, de questions et de réponses...

Cet aspect rend l'enseignement des sciences particulièrement difficile, sans le confort de la certitude des réponses que l'enseignant peut donner aux questions de ses élèves. Il est pourtant primordial dans l'apprentissage de ce qu'est réellement une pratique scientifique et nécessite de se battre contre l'image « omnisciente » du scientifique.

Communément vue comme l'avenir de l'enseignement de la science, la méthode par investigation (observation, expérimentation et questionnement) permet à l'élève de construire par lui-même ses propres connaissances (voir figure 1).

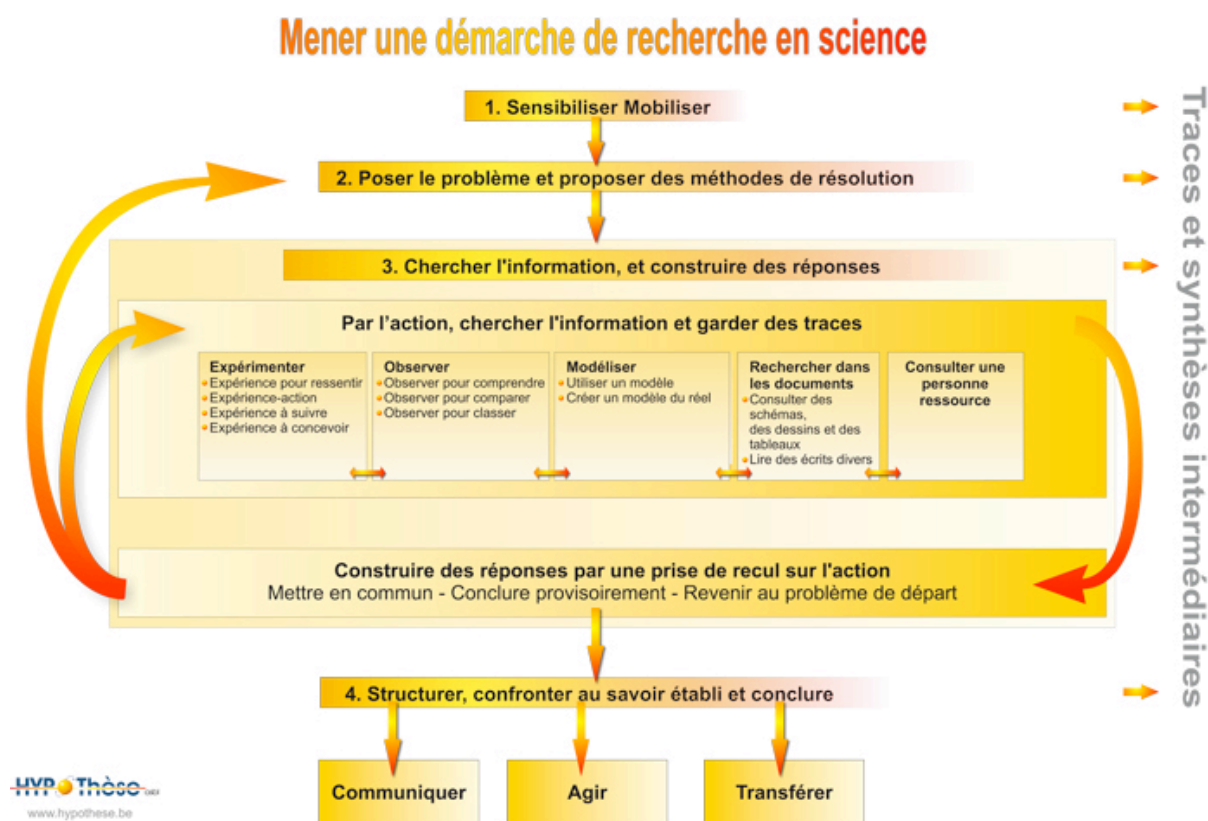


Figure 1 : La démarche IBSE décrite par l'asbl Hypothèse

L'asbl Hypothèse participe à la promotion de l'enseignement des sciences par la méthode d'investigation en Belgique francophone. Ce groupe d'enseignants met à la disposition des enseignants et des animateurs intéressés des outils didactiques pour concevoir des activités d'éveil à la science en privilégiant l'observation et l'expérimentation<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Voir sur <http://www.hypothese.be/PageOutilsDidactiques.html>

L'objectif de l'association Hypothèse est d'amener l'enfant et l'adolescent à développer un esprit scientifique créatif.

Il s'agit de leur faire comprendre que :

- la science résulte de constructions mentales logiques et cohérentes pour décrire le monde;
- qu'elle ne découle pas des découvertes fortuites d'esprits illuminés et qu'il suffira ensuite de s'approprier;
- qu'elle émane d'hommes et de femmes, à un moment donné et dans un contexte sociologique particulier;
- qu'elle est sujette à une évolution constante.

Les principes de base développés par Hypothèse sont les suivants:<sup>12</sup>

1. Relier les notions scientifiques à mettre en évidence avec leur utilité dans la **vraie vie**. Les questions de sciences travaillées dans les projets émanent d'enjeux réels.
2. Prendre la **pensée spontanée de l'enfant** comme point de départ du processus d'apprentissage. Le « sens commun », ou le système explicatif spontané de l'enfant, peut faire obstacle à un apprentissage durable. C'est par la confrontation avec des situations concrètes qui bousculent ses conceptions spontanées que l'enfant entamera son processus d'apprentissage. La démarche d'Hypothèse est dès lors de trouver des activités qui permettront cette confrontation. Par exemple, dans un travail à propos de questions de sciences à la piscine, les enfants ont exprimé (beaucoup d'adultes aussi) que l'on flotte mieux dans la grande profondeur car il y a plus d'eau. La séquence prévoit dès lors une expérience qui confronte les enfants avec cette hypothèse. Face à l'objet qui s'enfonce de la même manière dans peu ou dans beaucoup d'eau, les enfants sont bien obligés d'accepter les limites de leur propre modèle explicatif et de construire une nouvelle représentation qui rend mieux compte du réel observé.
3. Varier les approches de construction des savoirs. Par exemple lorsque nous proposons une approche expérimentale, nous proposons une gradation méthodologique qui part le plus souvent du **ressenti** par le corps des concepts travaillés pour continuer par une approche qualitative du phénomène lors d'**expériences-actions** (défis techniques et ludiques, manipulations libres). L'enfant agit alors directement sur les objets. Ce temps de contact très concret avec le réel permet à l'enfant de donner un sens aux formes plus rigoureuses de l'expérience qu'il rencontrera dans la suite de la séquence. Les apprentissages « prennent » s'ils s'inscrivent dans un vécu réel.
4. **Passer de l'impression à la précision : concevoir des expériences.** L'étape suivante consiste à envisager et rédiger un protocole expérimental qui mettra les hypothèses à l'épreuve. Ici l'approche ne sera plus qualitative, le résultat devra être chiffré et, surtout, dans l'expérience on ne pourra faire varier qu'un seul facteur à la fois. À ce stade de la recherche, il faut réfléchir avant d'agir.

---

<sup>12</sup> voir <http://www.hypothese.be/PageMethodes.html>

Les enfants ne réalisent leur expérience que quand la cohérence est validée par l'animateur. C'est bien à ce moment que les vraies compétences scientifiques entrent en jeu : la logique, la rigueur, la mesure, la précision, la mise en tableau des résultats... Tout y est !

Pour compléter et apporter un éclairage supplémentaire, des « **expériences à suivre** » (le protocole est donné) sont proposées. Elles illustreront l'un ou l'autre aspect de la recherche de manière complémentaire.

Par ailleurs, dans son approche, Hypothèse se montre très sensible aux mots, aux explications données ou cautionnées par l'adulte. L'idée est de rester dans **un niveau de formulation accessible** à l'enfant. Les formulations maladroitement et provisoires sont acceptées. Pour peu qu'elles soient porteuses de cohérence et de sens par rapport à la situation vécue, elles apparaissent préférables à des explications toutes faites, scientifiques et formelles, certes précises mais formulées dans des termes trop abstraits pour le public concerné. Par exemple, on dira en synthèse, que dans les exercices d'équilibre, on se sent tomber en avant « parce qu'une grande partie du poids n'est plus au-dessus des pieds », plutôt que parce que « la verticale abaissée au centre de gravité ne passe plus par la base de sustentation ».

### **1.b La dimension culturelle des sciences**

Force est de constater qu'il existe une fracture entre l'évolution des sciences et technologies et l'« image » culturelle de celles-ci présente dans la population. Cette évolution n'a pas été accompagnée d'un changement de mentalité capable de donner à chacun les moyens de comprendre cette évolution et surtout de s'y trouver à l'aise.<sup>13</sup> Pour les *non-scientifiques*, les sciences restent bien trop souvent un ensemble de connaissances inaccessibles qui n'ont pas créé des images mentales substituant les anciennes. Cela implique également des difficultés à exercer un esprit critique citoyen face à la science « omnisciente », laissant aux technocrates le seul pouvoir réel de décision.

Ceci constitue un argument supplémentaire pour promouvoir l'enseignement des sciences orienté vers la science « en train de se faire », la méthodologie par investigation IBSE, en ce qu'elle donne une place importante à l'observation, l'analyse logique des faits et l'esprit critique face aux expérimentations.

## **2) l'Art**

Loin d'avoir la prétention de donner une définition de l'art, il est néanmoins utile pour étayer la démarche de conception de projets mêlant art et science de situer, de manière simplifiée, les notions d'art et de pratiques artistiques communément envisagées.

L'art et la pratique artistique abordés dans les projets culture à l'école rejoignent l'approche de l'art dit contemporain.

---

<sup>13</sup> voir NARDONE Pasquale, 2010

Pour illustrer succinctement cette approche,

« L'art ne reproduit pas le visible. Il rend visible ».

Paul Klee, in *La théorie de l'art moderne*

Paul Klee oppose deux conceptions de l'art, la première, celle attribuée aux antiques, comme Platon et Aristote, qui affirme que la tâche de l'artiste est celle d'un imitateur, et la seconde, conception contemporaine de l'art, qui lui donne un pouvoir tout autre : celui de pouvoir **exprimer le réel**.

La contradiction initiale est ainsi dépassée. Imaginaire et réel ne s'opposent plus, mais au contraire se complètent. L'artiste, en étant détaché et éloigné du monde, en ayant plus de recul est plus apte à bien le voir.

En étant détaché du monde et de l'action ce que nous avons l'habitude d'appeler le réel et qui constitue notre quotidien, l'artiste a développé une autre manière de voir, un autre rapport au monde.

## 2.a La démarche artistique

C'est la manière de conduire le raisonnement, la méthode, l'itinéraire menés par l'artiste en fonction de ses choix (thème, engagement, support, format...). Elle caractérise l'œuvre.

*Exemple : « Liste de verbe » de Richard Serra<sup>14</sup>*

«En 1967 et en 1968, j'ai écrit une liste de verbes comme moyen d'appliquer des actions diverses à des matériaux quelconques. Rouler, plier, courber, raccourcir, raboter, déchirer, tailler, fendre, couper, trancher... Le langage structurait mes activités en relation avec des matériaux qui occupaient la même fonction que des verbes transitifs. » (Richard Serra)

Ces verbes constituent de véritables règles, à partir desquelles l'artiste va régir son travail.

A partir de 1967, Serra s'interroge dans son travail sur les questions attenantes au processus de réalisation de l'œuvre. Comment faire une œuvre qui n'évoquerait que sa fabrication et ne révélerait rien des intentions psychologiques de son créateur ? C'est à cette fin que Serra dresse cette liste comme un ensemble de procédures prêtes à être exécutées : il s'agit ainsi de « rouler, rabattre, plier, emmagasiner, courber, raccourcir, tordre, tacheter, froisser, limer, déchirer, buriner... » la matière pour produire l'œuvre.

En se soumettant aux actions énumérées dans sa liste de verbes, l'artiste ancre sa pratique dans le langage. Il s'intéresse tout particulièrement à la forme grammaticale du

---

<sup>14</sup> <http://www.artetpedagogie.com/2012/08/la-verb-list-richard-serra/>

verbe pour son rôle dynamique. Les verbes fonctionnent comme des machines qui sont mises en œuvre par l'artiste et génèrent des formes et produisent de l'art.

Les 24 noms qui apparaissent aux côtés des verbes dans la liste, proposent d'autres types d'actions qui résultent des lois de la physique comme celles de la gravité ou de l'électromagnétique. Les procédures qui en résultent sont le produit d'une série de conditions de phénomènes extérieures à l'action de l'artiste. L'œuvre d'art naît ainsi d'un ensemble de conditions et non d'une source unique.

En choisissant cette démarche, Serra automatise le processus de création en le ramenant à un ensemble de **conditions préalables extérieures à la réalisation de l'œuvre**. Cette stratégie impersonnelle n'est pas sans rappeler celle que l'artiste français Marcel Duchamp (1887-1968) avait établie pour la réalisation de ses « readymades » dans les années 1910, des objets déjà fait qu'il sélectionnait à partir de règles qu'il s'était préalablement fixées.

Lors de l'exposition Monumenta 2008 au Grand palais à Paris<sup>15</sup>, un atelier de sensibilisation à la création contemporaine était proposé aux enfants. L'objectif était de réfléchir aux notions mises en jeu dans le travail du sculpteur, l'équilibre, la verticalité, le rythme, la pesanteur etc.

## 2.b L'art et le réel

« L'Art joue sans s'en douter avec les réalités dernières et néanmoins les atteint effectivement. De même qu'un enfant dans son jeu nous imite, de même, nous imitons dans le jeu de l'Art les forces qui ont créé et créent le monde. »  
*Paul Klee*

Qui, mieux que Gaston Bachelard, scientifique et philosophe, peut nous amener à considérer les parallèles entre l'Art et les sciences. Dans son œuvre prolifique, deux ouvrages peuvent être mis en évidence dans l'étude qui nous occupe. Bachelard s'est attelé à conceptualiser la démarche scientifique pour se tourner, ensuite, vers la philosophie et plus particulièrement la poésie de l'espace.<sup>16</sup> L'analyse approfondie de ces ouvrages n'a bien entendu pas sa place ici. Nous aborderons les réflexions « artistiques » qu'ils ont inspiré à sa disciple, Michèle Pichon.

La contrainte de l'espace est à l'origine de la présence universelle de certaines formes archétypales dans la nature : méandre, spirale, arborescence, explosion, craquelure et empilement<sup>17</sup>. Au sens scientifique, seule la théorie du chaos apporte une de compréhension des ces phénomènes.

---

<sup>15</sup> voir GRANJON Emile, 2008, GERVAIS-TIBERGHIE Josiane, 2008 et <http://archeologue.over-blog.com/article-19749679.html>

<sup>16</sup> Voir bibliographie

<sup>17</sup> Stevens Peter S., 1978, *Les formes dans la nature*, Bd. Du Seuil in Pichon M., 2005, p. 232

« Le peintre élémentariste qui, par sa gestuelle, produit des formes élémentales archétypiques crée lui aussi à *la manière de la nature* »<sup>18</sup>. Il joue avec le chaos, procède à un jeu démiurgique, devient lui-même un élément systémique chaotique. Au contraire, l'informaticien qui génère des fractales met en évidence, au-delà des phénomènes, les mécanismes qui les régissent. Il demeure extérieur aux éléments du jeu.

Pour le peintre élémentariste abstrait, le choix des matériaux dépend d'une technique gestuelle elle-même déterminée par l'élément élu par l'imagination matérielle. Les contraintes ne sont pas seulement acceptées. On peut dire qu'elles sont déjouées. Il y a une forme de reconnaissance, de respect à l'égard de la matière qui n'est jamais traitée comme un simple moyen. Les matériaux deviennent les partenaires d'un jeu auquel l'artiste participe. Ils sont acteurs à part entière dans l'élaboration de l'œuvre et non des outils qui posséderaient leurs limites d'utilisation au même titre que le marteau ou le tournevis. Les contraintes issues des matériaux sont des aspects des personnages de la scène qui se joue.<sup>19</sup>

Une coulée de matière très fluide sur la toile produit des formes. Voilà une donnée devenue contraignante.

Il y a trois manières de la traiter :

- **Figurative**  
La forme existante peut suggérer une idée.  
L'artiste va tenter de la modifier tout en l'utilisant de manière à ce qu'elle devienne, ainsi contrôlée par l'intellect, une manifestation de l'idée. La coulée deviendra ainsi cascade ou draperie.
- **Expressionniste abstraite**  
La forme est laissée telle qu'elle est. D'autres gestes viendront peut-être la modifier, la recouvrir partiellement, ou la feront disparaître. Seul le geste expressif compte alors. La matière ne vaut que par ce qu'elle permet de dire.
- **Elémentariste**  
L'artiste joue avec le flux de matière afin que, de ce jeu, naissent des formes imprévues et inconnues qui feront, à leur tour, rebondir le jeu.

Michèle Pichon utilise le terme élémental au sens de forme archétypale produite dans la nature au sein des matières élémentaires. Elle distingue les artistes élémentaristes en rapport avec le type d'éléments choisis :

- **Peintres telluriques** : sable, résine,... mélangés à la peinture  
Exemples : Jean Piaubert, Luiz Feito ou Léon Zack
- **Peintres de l'air et de l'eau** qui utilisent la peinture fluide, très diluée.  
Exemple : Zao Wou Ki

Ces peintres créent des paysages élémentaux qui tirent leur origine de leur gestuelle personnelle et des matières choisies. Nous pouvons tirer un parallèle entre ces paysages et la nature où les phénomènes naturels qui imprègnent le paysage, le sculptent suivant des forces ou actions plus ou moins lentes comme l'érosion... Un système comprenant trois données constitutives fondamentales : l'espace, les matériaux et les forces.

---

<sup>18</sup> Pichon M., 2005, p. 233

<sup>19</sup> *ibid.* pp.201-203

Par la multiplicité des données qui interfèrent dans les systèmes physiques, la nature donne à discerner une élaboration complexe de phénomènes où dominant l'apparence de l'irrégularité et du désordre. Nous pouvons aisément penser que l'exploration expérimentale de la peinture élémentariste aiderait aux élèves à acquérir une perception sensitive de ces phénomènes naturels, exploration expérimentale qui est prônée dans les nouvelles approches de l'enseignement des sciences. Il est nécessaire toutefois de se garder de ne pas tomber dans l'abus de la métaphore simpliste qui induirait en erreur les élèves dans leur apprentissage. Il ne s'agit pas de cacher la complexité.

### **3) Les ponts entre art et science**

L'art rechercherait la beauté, la science, la vérité est une conception dépassée (voir ci-dessus) au même titre que l'un parlerait à l'émotion et l'autre à la raison. Artistes et scientifiques s'engagent en réalité dans un processus similaire de recherche conceptuelle et formelle construite d'observation et d'expérimentation.

L'un de leur point commun est l'étape d'identification d'un problème qui entraîne la prise de position. Un autre de leur point commun, et non des moindres, est la recherche des moyens de mettre en évidence ce qu'ils veulent (dé)montrer de la réalité observée ou *ressentie*, même si la façon de rendre visible cette réalité diffère. Leur imagination à tous les deux leur permet d'aboutir, si elle est maîtrisée, à l'innovation.

Aborder la science et l'art à l'école dans une démarche croisée, c'est expérimenter, approfondir, s'approprier une démarche de recherche qui peut se décliner à l'infini dans la vie future de l'étudiant, lui *apprendre à apprendre*...

Quoi de mieux qu'un exemple s'il fallait encore convaincre de l'intérêt et de la richesse de croiser l'art et la science à l'école :

Le laboratoire de Didactique des Sciences Physiques de l'Université Libre de Bruxelles a participé au projet européen *Pollen* par le biais d'un projet d'une année, *Science en scène*, (voir p.3) mêlant art et science.

« *Science en scène* est une initiative pédagogique innovante : écrire, mettre en scène, réaliser les décors et costumes, enfin jouer une pièce de théâtre traitant d'un sujet scientifique. L'approche pédagogique par *projet* est une idée excellente parce qu'elle fait construire le savoir par les étudiants, guidés par un ou quelques enseignants. On évite ainsi l'aspect frontal et passif du cours ex cathedra. L'étudiant plonge en immersion dans la science guidé par sa motivation, moteur trop souvent oublié. Le projet induit aussi un changement de position de l'enseignant. Il n'est plus le possesseur d'une vérité à transmettre mais devient l'accompagnant, le guide qui amènera à la réalisation du projet. Enfin, et ce n'est pas la moindre des qualités, le projet met toute la classe en action... Le caractère interdisciplinaire est évidemment total... *Science en scène* permet l'émergence de comportements nouveaux peu fréquents dans les cours traditionnels... En parcourant eux-mêmes les savoirs scientifiques, les étudiants reconstruisent

l'historique de la découverte des faits. Mais aussi ils voient enfin comment ce savoir s'est construit et quels en sont les enjeux intellectuels, sociaux et philosophiques. »<sup>20</sup>

Ce n'est pas le propos de cette étude de débattre de manière exhaustive de la justesse des parallèles entre les démarches artistiques et scientifiques. Nous pensons néanmoins utile d'explorer plus avant deux aspects communs aux artistes et aux scientifiques et importants pour les projets art et sciences à l'école.

### 3.a La créativité

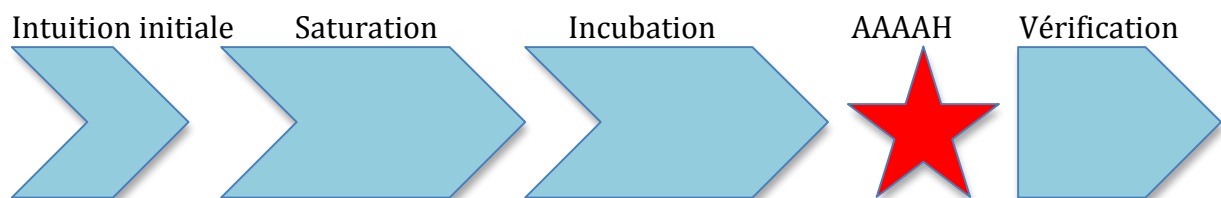
« La formulation d'un problème est souvent plus essentielle que sa solution, qui peut n'être qu'affaire d'habileté mathématique ou expérimentale.

Soulever de nouvelles questions, de nouvelles possibilités, regarder les vieilles questions sous un angle nouveau exige de l'imagination créative et marque les progrès réels dans la science. »

Albert Einstein

Le concept de créativité est crucial pour l'histoire de l'humanité et de la pensée humaine. La créativité a une utilité évolutive indéniable, elle permet aux individus de s'adapter aux conditions fluctuantes de leur environnement, de progresser, d'effectuer des choix, d'innover. Elle peut s'acquérir, se développer, notamment dans l'exercice d'une pratique artistique.

Il n'existe pas de consensus unanime parmi les chercheurs concernant la description du phénomène créatif. La définition la plus communément décrite dans la littérature est la description d'un processus en 5 étapes se succédant dans le temps<sup>21</sup>:



AAAAH = Illumination

Figure 2 : processus en jeu dans la créativité<sup>22</sup>

*L'intuition initiale* concerne l'identification ou la formulation du problème à résoudre. L'étape de *saturation* consiste en une période de « malaise » correspondant à la résistance du problème à être solutionné. *L'incubation* est la phase qui se déroule en arrière plan de notre conscience et qui permet à notre cerveau de trouver des solutions. *L'illumination* est le moment où la solution se révèle à notre conscience. Le stade de *vérification* consiste à exprimer la solution sous forme concrète et à vérifier si elle est utile et exempte d'erreurs.

<sup>20</sup> in Nardone Pasquale, 2012, Jeux de lumière, Espace de liberté n°47

<sup>21</sup> voir EDWARDS Betty, 1986, KOESTLER Arthur, 1964 et JAOUI Hubert, 1995

<sup>22</sup> in EDWARDS Betty, 1986



Excepté pour l'*illumination* qui est généralement brève, chaque étape peut varier quant à sa durée, le cycle complet pouvant être réitérer suivant les besoins.

Le lecteur trouvera dans la bibliographie, les références de quelques ouvrages livrant des pistes d'activités propres à développer la créativité avec les élèves.<sup>23</sup>

### 3.b La métaphore

« *Emploi d'un terme concret pour exprimer une notion abstraite par substitution analogique, sans qu'il y ait d'élément introduisant formellement une comparaison* »  
Définition du Larousse

Fréquente en arts « graphiques » (peinture, sculpture...), la métaphore est souvent utilisée par les artistes sous la forme codifiée de l'allégorie (cupidon figurant l'amour par exemple)

En science, on peut considérer la métaphore comme une aide à la conceptualisation  
Métaphore heuristique (science) = métaphore filée (voir exemples ci-dessous)

#### Exemples<sup>24</sup>

Langage courant	Art	Sciences
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les ailes de l'avion ou du moulin</li> <li>Une feuille de papier</li> <li>La tête d'un arbre</li> <li>Un bras de mer</li> <li>Les pieds d'une chaise</li> <li>- Il pleut des cordes</li> <li>- Avoir le cerveau qui fume</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Métaphore filée : Extrait « Correspondances » Charles Baudelaire</li> <li>La Nature est un temple où de vivants piliers Laissent parfois sortir de confuses paroles; L'homme y passe à travers des forêts de symboles Qui l'observent avec des regards familiers.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>de type communicationnel et/ou de vulgarisation</i> Léonard de Vinci : dissection d'une tête - analogie avec la structure d'un oignon</li> <li>- <i>De type mécaniste</i> L' ADN est un atlas Représentation planétaire de l'atome</li> </ul>

<sup>23</sup> voir les ouvrages de Philippe Brasseur et Betty Edwards

<sup>24</sup> voir <http://fr.wikipedia.org/wiki/Métaphore>

## 4. Etude de cas : l'ORIGAMI

### 1) Définition

A partir d'une seule feuille de papier, la plupart du temps carrée, on construit par pliages un modèle en 3 dimensions. Il est interdit d'utiliser ciseaux, colle, ...

Les plis changent les propriétés du papier, la mémoire du papier, les tensions créent la 3ème dimension.

Les modèles sont décrits à l'aide de diagrammes reprenant des symboles conventionnels et internationaux des plis. Il existe un vocabulaire « origami », véritable solfège : pli vallée, pli montagne... On distingue 4 combinaisons de plis qui donnent 4 types de pliages appelés « base » : base cerf-volant, base poisson, base oiseau et base grenouille. Ces bases servent de référence dans les explications de pliages plus complexes.

Certains modèles complexes peuvent prendre une centaine d'heures de pliages.

L'origami a une réputation de naïveté, de trivialité mais il demande en fait le développement d'une grande technicité et ouvre également à un monde éminemment poétique tout à fait dans la veine contemporaine des arts plastiques.

L'origami fait appel également à de multiples propriétés relevant des surfaces planes et des solides qui font partie de la géométrie euclidienne.

### 2) Eléments historiques<sup>25</sup>

#### Période classique et tradition

Le nom origami vient du japonais Oru (plier) et Kami (papier). Cet art serait apparu très tôt après l'invention du papier attribué à T'sai Lun aux environs de 105 après J.C. en Chine. Des moines bouddhistes l'auraient introduit au Japon au 6ème siècle. Le papier étant un matériau de luxe dans le Japon ancien, l'origami était réservé strictement à des cérémonies de type religieux (Shinto).

Mais certains experts attribuent l'invention de l'origami à des japonais.

A partir de la période Edo (1603-1868), l'origami devient récréatif autant que cérémoniel.

---

<sup>25</sup> voir documentaire « Between the folds »

Les premières descriptions écrites de pliages datent de 1797, avec le « Sembazuru Oriката » d'Akisato Rito, il s'agit du célèbre pliage des « mille grues » que les japonais offrent pour souhaiter mille ans de bonheur.

En 1845, Adachi Kazuyuki publie, avec Kayaragusa, une compilation plus élaborée et plus compréhensible. A la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, le terme *orikata* (pliage de papier) s'est transformé en origami.

L'Europe a également une tradition de pliage qui date d'avant le 12<sup>ème</sup> siècle et peut-être même avant avec les Maures qui importent en Espagne des pliages basés sur les mathématiques. L'Espagne développe par la suite une tradition de pliages appelée *papiroflexia* ou *pajarita* (la célèbre cocotte en papier). Dans les années 1800, les enfants en maternelle, au Japon et en Europe, apprennent couramment des pliages.

Les modèles traditionnels se sont transmis essentiellement par voie orale de génération en génération.

### **L'origami moderne**

Akira Yoshizawa (Japon) est considéré comme le père de l'origami moderne. A partir des années 1930, il a mis au point le vocabulaire et les symboles pour les diagrammes d'instruction de pliages pour les modèles traditionnelles et modernes. Il a inventé plusieurs milliers de modèles. Il est décédé en 2005 à l'âge de 94 ans.

A partir des années 1950, ces modèles sont publiés et largement disponibles, contribuant ainsi à une large diffusion et une standardisation de l'art de l'origami. Yoshizawa et d'autres maîtres d'origami formèrent des associations locales et internationales contribuant largement à la diffusion de leur art.

Aujourd'hui, l'origami moderne est créé par des designers dont les modèles sont pratiquement d'office protégés par des droits d'auteurs.

Le documentaire « Between the folds » met en avant plusieurs artistes « origamistes » de grand renom et de multiples origines dans le monde. Chaque artiste a sa spécialité.

Il existe plusieurs types d'origami :

- Figuratif traditionnel et contemporain
- Abstrait dont les challenges à 1, 2 ou 3 plis et les *curved shapes*
- Origami en action : la tension du pliage est utilisée pour créer un mouvement automatique (le pétard par exemple)
- Origami modulaire : création de structures géométriques complexes (polyèdres) par l'emboîtement de pliages unitaires simples
- Tessellation : système de pavage obtenu par pliages, apparenté aux pavages de l'artiste Escher par exemple.
- Modelage à l'eau pour l'origami figuratif, notamment pour les animaux, insectes, personnages complexes.

- Pliage combiné au froissage qui donne des structures apparentées aux coraux par exemple.

Parmi les artistes réalistes, nous pouvons citer :

- Tomoko Fusé (Japon), pour l'origami modulaire
- Robert Lang (USA), pour les insectes,
- Vincent Folderer, biologiste et artiste du groupe Crimp, pour les champignons et les coraux par la méthode dite du papier froissé.

Parmi les post-modernistes abstraits, nous pouvons citer :

- Paul Jackson (tel Aviv, Israël)
- Jean-Claude Correia (France), tessellations
- Eric Gjerde mathématicien et informaticien américain, tessellations

Et enfin Jozef Wu, qui est un des plus illustres artistes d'origami contemporain, réalise, notamment, des happenings, des performances et des installations.

### **3) Apports de l'origami en Science**

L'origami intéresse les mathématiciens, architectes, ingénieurs, informaticiens biologistes,...

Il a donné des théories mathématiques complexes. Les pionniers comme Jun Maekawa et Peter Engel (voir son livre « origami from Angelfish to zen ») ont développés des *crease patterns*, ou diagramme de plis, mathématiquement très complexes, tout en n'utilisant qu'un seul morceau de papier carré.

Jeremy Shafer, professeur et chercheur, utilise l'origami pour résoudre des problèmes mathématiques. Selon lui, la pratique de l'origami développe également la compréhension de ces problèmes. Par exemple, la possibilité de comprendre qu'une protéine enroulée à l'envers (en miroir) n'est pas du tout les mêmes propriétés que la protéine originale.

Pour Merrymack (laboratoire de mathématique américain), grâce à l'origami modulaire, les forces de résistance du papier plié rendent compte de la structure des molécules ou de principes de physique (tensions...)

En biologie, le CRIMP (Vincent Folderer), en France, étudie l'embryogénèse et l'évolution des champignons et coraux grâce à l'origami de type froissé (sous le terme *origami seeds* sur internet).

Dans son livre « Extreme origami »<sup>26</sup>, Kunihiko Kasahara, mathématicien japonais, apporte également de très beaux exemples des innovations qui repoussent encore les limites des formes, pliages qui permettent de mettre au point mais également de comprendre, de manière simple, des notions de mathématiques, physique et chimie de plus en plus complexes. Sa source d'inspiration première a été l'analyse des travaux de l'école du Bauhaus en Allemagne où Joseph Albers (1888-1976) a créé des œuvres d'

---

<sup>26</sup> voir KUNIHICO Kasahara, 2002

*optical Art* (Op Art) et d'art minimaliste par l'origami grâce à la technique des *curved shapes*, ou formes incurvées, avec des papiers de différentes formes planes façonnées en quelques plis en figures en trois dimensions complexes.

Robert Lang<sup>27</sup>, spécialiste en pliages d'insectes et mathématicien, a écrit plusieurs ouvrages fameux comme « Design secrets in Origami » et « Origami and geometrics constructions ».

Il cite notamment, les applications pratiques de l'origami :

- pour les simulations de déploiement des airbags
- en chirurgie coronarienne pour les stents
- en nanotechnologie
- pour le déploiement des lentilles de télescopes en orbite

Les études d'un neuropsychiatre japonais indiquent que la pratique de l'origami induit un développement du lobe frontal du cerveau et que l'origami pourrait servir de thérapie pour des patients atteints de pertes de mémoires.

En Israël, le projet interculturel NAT<sup>28</sup> de Frida Mizrahi rassemble des enfants israéliens et palestiniens dans une école primaire où l'origami permet l'apprentissage plus visuel de la géométrie et donne du sens aux mathématiques.

L'origami est un art fascinant qui se prête merveilleusement à l'exploration de différents univers mathématiques. La géométrie en est la plus évidente mais la topologie, la théorie de l'élasticité, l'algorithmique en font partie également.

L'origami peut être un outil dans la résolution de certains problèmes dans des disciplines plus appliquées également. Récemment, certains chercheurs se sont intéressés aux rapports que l'origami pourrait entretenir avec la physique liée aux lasers et à certaines structures complexes (agencement des transistors et unités de traitement dans un processeur pour faciliter les connexions par exemple)<sup>29</sup>. L'enjouement qu'il suscite est mondial et les applications qu'il a permis ont investi notre vie quotidienne.

---

<sup>27</sup> voir LANG Robert J., 2003

<sup>28</sup> voir documentaire « Between the folds »

<sup>29</sup> voir ZALAMANSKI Alain, *les mathématiques et l'origami* in revue Tangente, n°146, 2012

#### **4) *Projet Anim'action: Carrés d'Art ou vision poétique de la géométrie***

L'objectif général du projet était de faire découvrir aux enfants la richesse de l'inspiration artistique face aux formes géométriques au cours de l'Histoire de l'Art pour développer une vision poétique propre à chaque élève et de développer le potentiel créatif et d'expression des enfants en lien direct avec le programme de géométrie de la 4<sup>ème</sup> année primaire.

Nous avons choisi une approche de l'expression plastique contemporaine pour ses aspects d'éveil à soi et aux autres. La sensibilisation à l'expression créative et l'affinement du savoir-faire sont des outils de base de développement des enfants transposables ensuite à tout autre problématique. Les ateliers sont vus comme soutien au processus pédagogique d'apprentissage des mathématiques par les aspects ludiques de l'Art pour les élèves.

Pour les enseignants, l'objectif était de renforcer le processus éducatif chez les enfants par la mise en place d'un projet privilégiant l'action et l'expérimentation concrète des mathématiques. Le projet visait, par ailleurs à l'intégration, l'appropriation par les élèves, des notions mathématiques concernant les surfaces planes au cycle inférieur. L'objectif étant également de développer leurs compétences transversales et de les ouvrir à notre culture.

La méthodologie est conçue pour favoriser chez les enfants la prise en main de leur projet et de leur expression propre.

Le projet concernait deux classes de 4<sup>ème</sup> primaire à l'école des Cèdres à Boistfort. Une animation de 3 heures par classe toutes les deux ou trois semaines était prévue avec un total de 8 ateliers.

La progression des ateliers s'est faite par degré de difficulté d'appréhension d'une vision dans l'espace :

- Premiers pas créatifs par l'origami en 2 dimensions
- Approfondissement par familiarisation au volume par l'origami en 3 dimensions
- Et enfin sensibilisation à l'occupation de l'espace par l'élaboration d'une installation en fin de projet lors de la fête de l'école

Nous avons, pour ce faire, conçu les animations suivant la progression de difficultés ci-dessous :

- l'apprentissage des processus de créativité et de l'expression de l'imaginaire des enfants
- L'apprentissage progressif des techniques de pliage
- la pratique suscitant des réalisations de plus en plus élaborées sur base des idées des enfants.

Toutes les animations étaient en relation avec la matière et les exercices mathématiques vus par les enseignantes. Celles-ci ont réalisé avec leurs élèves, un référentiel de géométrie pour la classe en construisant les modèles en origami pour la plupart.

En parallèle, nous avons également favorisé chez les élèves la découverte de l'histoire de l'Art et d'artistes contemporains par le biais de la géométrie (Les Egyptiens, Vasarely, Mondrian,...) par le partage de documents iconographiques et un temps de verbalisation en groupe.

Une attention particulière a été portée à la conscientisation des liens entre l'art et Les mathématiques ainsi qu'à la fixation des notions mathématiques vues au premier cycle par les élèves (vocabulaire lié aux formes planes comme côté, diagonale, médiane et les propriétés des carré, triangle, rectangle... observés pendant les pliages). La reconnaissance et les propriétés des volumes ont été abordées via la technique de l'origami modulaire (cube, tétraèdre et autres polyèdres) en préparation au programme du deuxième cycle.

Chaque atelier comprenait un temps consacré à la verbalisation des expériences et à la socialisation des potentialités créatives.

A mi-parcours, les élèves ont visités et participé à une animation à l'ULB à l'Unité de Recherche sur l'enseignement des mathématiques (UREM). Les professeurs Francis Buekenhout et Charlotte Bouckaert organisent à l'attention des classes primaires une initiation à la construction de structures complexes à l'aide des modules de paix de l'opération 11.11.11. reliés l'un à l'autre. Ces structures sont apparentées aux nouvelles molécules longues de carbone, les *fulleranes*, très prometteuses par leurs propriétés pour la recherche technologique actuelle.

### **Progression appliquée aux pliages**

- Vocabulaire (pli vallée et pli montagne) et pliages de base d'une diagonale et d'une médiane ainsi qu'une sensibilisation par le toucher à la structure du papier (fibres, sens du papier)
- Pliage de la base « Bombe à eau »
- Pliage d'une fleur à partir de la base
- Pliage d'une grenouille sauteuse à partir de la base
- Origami modulaire pour construire un cube, un tétraèdre,...

Toutes les instructions de pliages étaient données oralement en veillant à utiliser les mots référents de manière structurée. En parallèle, chaque étape était montrée sur une feuille grand format. Dans la mesure du possible, tous les canaux d'apprentissage étaient stimulés (oral, visuel et sensitif). Il était régulièrement fait appel à la métaphore en lien avec les différentes étapes du pliage en encourageant les élèves à trouver leurs propres « images ». On peut avancer que, dans une certaine mesure, les élèves ont développé une culture propre au groupe en lien avec l'origami.

Une aide individuelle était apportée à chaque élève pour les difficultés plus spécifiques (mobilité fine, difficulté de la vision dans l'espace). La coopération entre élèves était encouragée.

Pour la finalisation, les derniers ateliers ont été consacrés à la construction en groupe de solides de grandes tailles et de plus en plus complexes en origami modulaire.

### **Progression appliquée à la sensibilisation à l'Histoire de l'Art**

Une analyse iconographique ainsi que la verbalisation de leurs observations étaient proposées aux élèves concernant :

- les pyramides égyptiennes, les mosaïques romaines, la gravure Melancholia de Dürer (carré magique), l'Homme de Vitruve de Léonard de Vinci et les plafonds à caisson de la Renaissance
- OP Art (Vasarely), Constructivisme (Malévitch), Mouvement Cercle et carré (Piet Mondrian)
- Pyramides et sculptures en cube de l'Art Egyptien, occupations d'espace de Daniel Buren, installations de Goldsworthy, Kawamata et Liszenski, installations origami d'Ingrid Plum et Chris Bosse.



Figure 3 : réalisations des élèves

### **Observations en cours de projet**

Il est à noter que, malgré le fait que les mathématiques sont considérées, dans *l'imagerie* populaire, comme une science pure où l'expérience n'a pas vraiment de place, faire de la géométrie par l'expérience du pliage crée des situations d'apprentissages très variées et surtout très concrètes pour les élèves.

Nous avons observé une nette progression chez les élèves dans la maîtrise de la géométrie plane. Alors que les notions de carré, diagonale, médiane, parallèle étaient sensées vues au premier cycle, environ la moitié des élèves ne les maîtrisaient pas en



début de projet. La progression a été beaucoup plus lente lors que passage aux animations « polyèdres » faisant appel à une vue dans l'espace qui commençait à peine à être abordée dans les cours proprement dits.

Chaque élève a pu progresser à son rythme, mais nous avons constaté un esprit dynamique, une volonté active du groupe de progresser dans son ensemble, la stimulation d'arriver à réaliser les modèles étant très fortes. Le groupe a exprimé un intérêt vif pour la recherche de modèles personnels une fois les modèles de base maîtrisés (vers les deux tiers du projet).

Ayant privilégié l'acquisition, par chaque élève, de tous les modèles vus, l'étape d'exploration de l'occupation de l'espace prévue en fin de projet afin de réaliser une installation des modèles construits a été assez courte. Cette étape, considérée comme une étape potentielle de développement de créativité dans l'occupation de l'espace, aurait pu aller beaucoup plus loin. Le budget consacré aux animations ne permettait pas malheureusement d'ajouter des séances.

Il est intéressant de noter que deux élèves se sont particulièrement illustrés dans la réalisation en binôme de polyèdres complexes, nous ne pouvons tirer de conclusion mais ils étaient tous les deux musiciens et ils présentaient de très bonnes compétences en vision dans l'espace. Toutefois, ces deux élèves sont restés dans la réalisation de modèles plus perfectionnés mais vus lors des animations alors que, parmi les élèves les « moins » forts, nous avons assisté à l'éclosion de modèles tout à fait originaux et une réinterprétation beaucoup plus libre des modèles vus.

D'une manière générale, les compétences transversales comme manipuler, voir dans l'espace et surtout l'ancrage du vocabulaire géométrique, à progresser chez tous les élèves.

### ***5) Pistes de réflexion***

Nous avons illustré par l'origami, une approche par discipline des projets art et science à l'école. Il y a bien d'autres pistes à suivre et l'inspiration peut être multiple. Il n'est pas possible, dans le cadre de cette étude, d'approfondir de manière exhaustive ces pistes. Elles feront l'objet d'analyses ultérieures de notre part. Nous pouvons néanmoins, outre l'approche par discipline, distinguer deux autres approches :

#### **L'approche via un artiste et/ou un scientifique :**

L'histoire nous fournit des exemples célèbres : Léonard De Vinci est considéré comme un artiste et un précurseur dans bien des domaines.

L'histoire de l'art récente peut nous fournir également beaucoup d'opportunités comme l'artiste Richard Serra (voir 2.a) ou l'artiste néerlandais Mauritz Cornelis Escher dont le travail est en lien direct avec la géométrie<sup>30</sup>.

---

<sup>30</sup> voir [http://www.apmep.asso.fr/IMG/pdf/I\\_Pavages\\_du\\_plan\\_ESCHER.pdf](http://www.apmep.asso.fr/IMG/pdf/I_Pavages_du_plan_ESCHER.pdf)  
[http://www.editions-belin.com/ewb\\_pages/f/fiche-article-parcelles-d-infini-5410.php](http://www.editions-belin.com/ewb_pages/f/fiche-article-parcelles-d-infini-5410.php)

## L'Approche par un thème

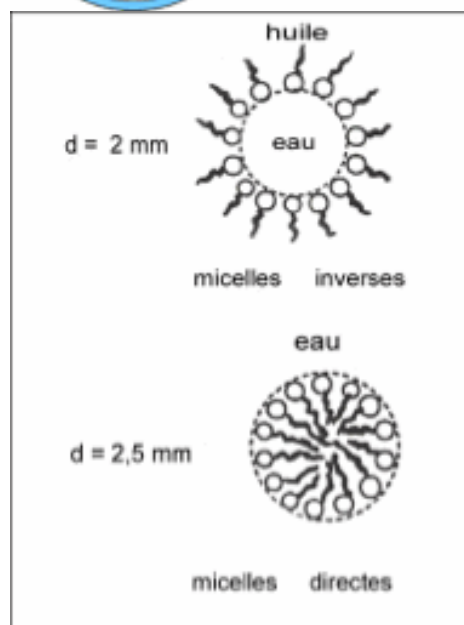
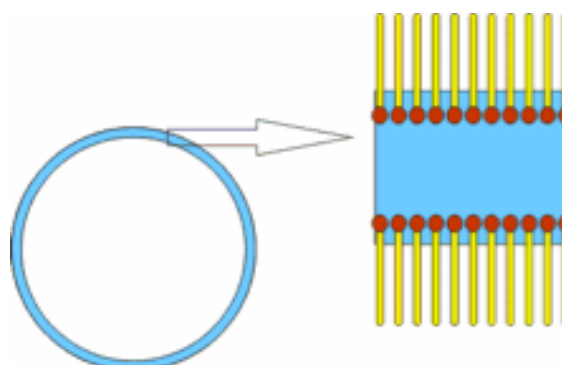
Exemple : les bulles

A partir d'un jeu d'enfant, faire des bulles de savon, on peut aborder à la fois la pratique artistique (source d'inspiration pour la pratique de la danse contemporaine, la performance, l'installation), des notions scientifiques (chimie, physique) et l'histoire de l'art.

En suivant le fil d'inspiration d'une bulle dans notre vie quotidienne, des animations artistiques et scientifiques peuvent être construites avec les élèves. (voir, par exemple la brochure *Mélanges et démélanges* de l'asbl Hypothèse

<http://www.hypothese.be/PageOutilsDidactiques.html>

et le dossier « Du pain et des bulles » de l'asbl *la main à la pâte*, <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/15715/du-pain-et-des-bulles>



## 5. Pistes de réflexion et conclusions

Les enjeux de notre société rendent cruciale la capacité d'innovation et de créativité des populations. Susciter les vocations scientifiques et promouvoir l'enseignement et la culture scientifique en Europe est primordial pour le futur.

Or, de nombreux travaux ont mis en évidence le peu d'intérêts que portent les jeunes pour les études scientifiques en Europe. Des actions ont été mises en œuvre pour promouvoir celles-ci mais sans résultats conséquents. L'origine de cette désaffection apparaît, en grande partie, dû à la manière d'enseigner les sciences à l'école<sup>31</sup>.

Fin 2006, la Commission européenne a chargé un groupe d'experts<sup>32</sup> d'examiner une partie de ces initiatives avec l'objectif de déterminer les conditions préalables nécessaires à une multiplication des vocations scientifiques. Le rapport *Rocard* recommande, entre autres, l'introduction d'approches basées sur le questionnement afin de donner plus de place à l'observation et à l'expérimentation.

L'expérience de terrain et les résultats du projet *Pollen* ont, par exemple, été mis à contribution. Le premier janvier 2006, le projet de recherche et développement, *Pollen*<sup>33</sup>, a vu le jour, soutenu par la Direction Générale de la Recherche de la Commission européenne, pour une durée de 3 ans et demi. Ce projet a été sélectionné comme projet de référence afin de promouvoir l'enseignement et la culture scientifique en Europe. Son principal objectif est de développer un enseignement des sciences et des technologies basé sur une démarche d'investigation, en anglais, *Inquiry-based science education*, IBSE, reconnu par la communauté scientifique internationale comme primordial dès le niveau primaire de l'enseignement. La formation des enseignants ainsi que l'implication des acteurs extérieurs à l'école (famille, communauté scientifique, universités, services publics, industries ...) sont également pris en compte ainsi que le lien des apprentissages de l'élève avec son environnement quotidien. Le projet *Pollen* a été coordonné par l'Association La Main à la Pâte, émanation de l'École Normale supérieure (France).

Le laboratoire de Didactique des Sciences Physiques de l'Université Libre de Bruxelles a participé par le biais d'un projet d'une année, *Science en scène*, dans une école primaire en D+ de Bruxelles. Les enfants ont étudié le fonctionnement des robots et créer une performance théâtrale pour l'Expo-Science avec leur enseignant.

L'Université de Leicester en Angleterre a, quant à elle, mené un projet expérimental d'enseignement croisé des arts et des sciences dans l'enseignement primaire.

La démarche se focalisait sous différents angles :

- Création artistique à partir d'observations de phénomènes physiques à l'aide de microscopes électroniques et de caméras digitales avec présentation orale des résultats

---

<sup>31</sup> « L'enseignement des sciences dans les établissements scolaires en Europe. Etats des lieux des politiques et de la recherche ». Eurydice, Commission européenne, 2006

<sup>32</sup> « L'enseignement scientifique aujourd'hui: une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe », rapport du *High Level Group on Science Education* sous la présidence de Michel Rocard, avril 2007

<sup>33</sup> voir <http://www.pollen-europa.net>

- Communication des résultats d'observation par le biais de créations artistiques diverses (peinture, impression, collage, dessin d'observation, création textile)
- Utilisation des notions scientifiques acquises sur la transformation des matériaux et expérimentation des contraintes techniques de l'artiste dans des productions artistiques
- Création artistique stimulée à partir d'éléments naturels comme la pierre, les minéraux et les fossiles

Leurs observations rendent compte que les apprentissages sont facilités par ces activités qui donnent du sens et sont plus amusantes ce qui permet à l'élève de mieux les retenir. Elles permettent également de mettre en évidence les liens entre les matières du curriculum et par là-même de faciliter l'utilisation de l'acquis de manière holistique. La stimulation de la créativité par les pratiques artistiques permet à l'élève de développer son propre *style* d'apprentissage.

Concernant l'enseignement des sciences, des lignes directrices ont été définies et notamment:

- La formation des enseignants (compréhension de la nature de la science, de l'épistémologie, de l'histoire et de l'éthique)
- La mise en œuvre plus importante de l'interdisciplinarité entre professeurs
- Une approche expérimentale des mathématiques
- Le partage des ressources
- Le soutien à un programme de recherche sur les attitudes des élèves et des professeurs afin d'améliorer la pédagogie
- La facilitation des coopérations entre enseignants, scientifiques, industriels et centres d'éducation non formelle comme les associations de vulgarisation scientifique

A la suite du rapport Rocard et de projets d'investigation comme Pollen, le projet européen Fibonacci<sup>34</sup> pour la dissémination de la démarche IBSE dans l'éducation en sciences partout en Europe a démarré en 2010 pour une période de 3 ans sous la houlette de la Main à la Pâte et de l'université de Bayreuth en Allemagne. Ce projet vise à la propagation de la démarche IBSE par la création de centres de référence dans les différents pays de la Communauté européenne.

Par ailleurs, la stratégie de Lisbonne pour l'Europe de la connaissance s'est révélée trop ambitieuse et va probablement être revue. Elle provoque également des critiques. En effet, elle est inscrite dans le cadre de la stratégie européenne pour l'emploi et donnerait une finalité purement économique aux savoirs. Le danger serait de privilégier les connaissances « utiles » en ce sens ce qui pourrait conduire à une conception réductrice de l'éducation en liquidant les bases humanistes de celle-ci au sein de l'Union européenne<sup>35</sup>.

Le croisement de l'art et de la science à l'école s'inscrit également dans le courant actuelle de certaines recherches en pédagogie, l'approche culturelle de l'enseignement.

---

<sup>34</sup> Voir les ressources disponibles sous <http://www.fibonacci-europa.eu>

<sup>35</sup> in Laval c., Bruno I., Clément P., 2010, La grande mutation. Néolibéralisme et éducation en Europe, Editions Syllepse, collection "Comprendre et agir" et l'article de présentation dans la journal Le Monde Diplomatique sous <http://www.monde-diplomatique.fr/2010/07/VOILLIOT/19452>

L'intérêt de créer un lien entre Art et Science à l'école est multiple et relevant:

### **Approfondir les apprentissages à l'école**

- Créer des synergies entre acteurs culturels, scientifiques et enseignants pour approfondir les apprentissages et notamment concernant les compétences transversales
- Enrichir par l'interdisciplinarité

### **Enrichir pour l'avenir**

- Intégrer, assimiler les pratiques scientifiques et artistiques pour s'épanouir et s'exprimer
- Stimuler la créativité

### **Donner des outils citoyens**

- Décloisonner les disciplines, intégrer une approche interdisciplinaire pour appréhender la complexité du monde
- Ouvrir la dimension culturelle des sciences aux élèves pour leur donner des clés de lecture du monde pour en faire des adultes capables d'exercer un rôle citoyen avec un esprit critique dans leur vie future.
- Donner des outils d'expression comme l'art engagé et faire connaître des artistes qui travaillent en lien avec les sciences.

### **Lutter contre la désaffection des jeunes pour les sciences**

- Donner le plaisir des sciences par l'expérimentation alternative et le questionnement

Cette étude nous a amené à plusieurs pistes de réflexion et d'action. Il nous semble prioritaire d'amener les enseignants, les animateurs, artistes et scientifiques à se rencontrer pour expérimenter, explorer les possibilités, la richesse de croiser leur démarche. Pour ce faire, nous avons proposé à la Cocof d'aider à la promotion du nouvel axe Art et Sciences dans le programme « La Culture a de la Classe ».

Nous proposons d'informer et aider à la conception de projets dans cet axe les opérateurs actifs dans la vulgarisation scientifique, les enseignants et les associations artistiques, principalement à travers une sensibilisation sur le terrain.

Les objectifs de l'action consistent à :

- informer et sensibiliser le public ciblé des possibilités de développement de projets croisant arts et sciences.
- informer sur les richesses de croisement entre les démarches scientifiques et artistiques qui, contrairement à des idées reçues, font toutes deux appel à la rigueur et à la créativité.
- insister sur la nécessité de participation active des élèves à des expérimentations concrètes artistiques et scientifiques pour la réussite des projets.
- soutenir sur le plan pédagogique les acteurs qui souhaitent souscrire à ce type de démarche

- fournir au programme « La Culture a de la Classe » les documents donnant des lignes directrices et des conseils pour les opérateurs et enseignants désirant introduire un projet dans l'axe Art et Sciences

### **Publics concernés**

#### *Concernant les opérateurs :*

Prospection sur le territoire de la Région Bruxelloise, contacts téléphoniques et entretiens particuliers avec des :

- structures associatives actives dans la vulgarisation scientifique, comme les jeunesses scientifiques, l'asbl Hypothèses,...

- structures associatives actives dans le domaine artistique, Art et Sciences (prospection, contacts téléphoniques et entretiens particuliers). Nous contacterons également les promoteurs et partenaires des projets de cette année et placerons un avis de proposition de contact sur le site du programme.

#### *Concernant les enseignants,*

- nous contacterons les associations d'enseignants de sciences comme l'association des professeurs de biologie,... , les hautes écoles et les écoles normales.
- les organes d'information et de formation pour les enseignants (comme le CEGEC, l'ISPB, l'IFC, les conseillers pédagogiques artistiques et scientifiques, les inspections) des différents réseaux.
- les enseignants de sciences déjà impliqués dans un projet « La Culture a de la Classe »
- les enseignants intéressés qui nous contacteront via l'annonce sur les sites internet du programme et d'enseignement.be.

## Bibliographie

ADELL Nicolas, 2011, *Anthropologie des savoirs*, Armand Collin, collection U, sciences humaines et sociales  
ANDLER Daniel, 2004, *Introduction aux sciences cognitives*, Folio essais, n°179, ouvrage collectif

BACHELARD Gaston, 1934, *La formation de l'esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*, Ed. Vrin, 1964

BACHELARD Gaston, 1934, *Le nouvel esprit scientifique*, Les Presses universitaires de France, 1968

BACHELARD Gaston, 1940, *La philosophie du non. Essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique*, Les Presses universitaires de France, 1966

BACHELARD Gaston, 1948, *La terre et les rêveries de la volonté*, José Corti

BACHELARD Gaston, 1949, *La psychanalyse du feu*, Gallimard, Folio essais, 1992

BACHELARD Gaston, 1957, *La poétique de l'espace*, Les Presses universitaires de France, 1961

Ces références sont consultables via le site [classiques.uqac.ca](http://classiques.uqac.ca)

BITBOL Michel, 2008, *Mécanique quantique. Une introduction philosophique*, Champs sciences, n°793

BRASSEUR Philippe, 2002, *Soyons créatifs, 1001 jeux et activités pour développer l'imagination des petits et des grands*, Ed. Casterman

BRASSEUR Philippe, 2009, *Génie toi-même, le livre qui apprend à penser*, Ed. Casterman

BRASSEUR Philippe, 2012, *1001 jeux de créativité avec les objets*, Ed. Casterman

DURAN Jacques, 2003, *Sables émouvants, la physique du sable au quotidien*, Ed. Belin, Pour la science

EDWARDS Betty, 1986, *Vision, dessin, créativité*, Ed. Mardaga

Fondation Cartier pour l'art contemporain, 2012, *Mathématiques, un dépaysement soudain*, publication exposition

GERVAIS-TIBERGHEIN Josiane, 2008. Richard Serra: promenade. In: Espace Sculpture n° 85. Disponible sur: <http://www.erudit.org/culture/espace1041666/espace1049791/9074ac.pdf>

GLEICK James, 2008, *La théorie du chaos*, Champs sciences, n°860

GRANJON Emile, 2008, *Le Ballet des monolithes. Richard Serra au Monumenta*. In: Vie des Arts n°213. 2008 Disponible sur: <http://www.erudit.org/culture/va1081917/va1095920/58745ac.pdf>

JAOUI Hubert, 1995, *La créativité*, Morisset Essentialis

KENNEWAY Eric, 1987, *Complete Origami*, Ebury press, London, 192 p.

KOESTLER Arthur, 1964, *Le cri d'Archimède. La découverte de l'Art et l'art de la Découverte*, Les Belles Lettres, 2011

KUNIHICO Kasahara, 2002, *Extreme Origami*, Sterling Publishing Co, NY., 72 p. ?????.

LANG Robert J., 2003, *Origami Design Secrets*, Mathematical Methods for an Ancient Art, A.K. Peters Ltd, 585 p.

LATOUR Bruno, 1989, *La science en action. Introduction à la sociologie des sciences*, La Découverte, n°202, 2005

LATOURE Bruno, 1991, *Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique*, La Découverte, n°26, 1997

LATOURE Bruno, 1999, *Politiques de la nature. Comment faire entrer les sciences en démocratie*, La Découverte, n°166, 2004

LATOURE Bruno, 2001, *L'espoir de Pandore. Pour une version réaliste de l'activité scientifique*, La Découverte, n°255, 2007

LATOURE Bruno, 2007, *Changer de société, refaire de la sociologie*, La Découverte, n°264

NARDONE Pasquale, 2010, *Quelle est la place de la culture scientifique dans les cultures aujourd'hui*, Revue Eduquer, n°72 pp 44-46 consultable via le site <http://ligue-enseignement.be/assets/Eduquer-721.pdf>

NARDONE Pasquale, 2011, *Dossier L'enseignement des sciences sans douleur*, Revue Eduquer, n°81 consultable via le site <http://ligue-enseignement.be/rapport/eduquer-n81-lenseignement-des-sciences-sans-douleur-.UmquTSTB0lw>

PICHON Michèle, 2005, *Esthétique et épistémologie du naturalisme abstrait. Avec Bachelard : rêver et peindre les éléments*, L' Harmattan, consulté sur <http://www.books.google.be>

PICHON Michèle, 2006, *Quand le peintre rêve les éléments : approche bachelardienne de l'Abstraction naturaliste*, Conférence au sein du groupe d'études et de recherches épistémologiques, Paris, consulté sur <http://www.dogma.lu/txt/MPi-Peintre.htm>

PICHON Michèle, 2007, *L'inconscient de l'esprit scientifique. Rêverie savante et rêves de savants*, Bulletin de l'association des amis de Gaston Bachelard, n°9, consulté sur <http://www.gastonbachelard.org/fr/ressources>

POPPER Karl, 1991, *La connaissance objective*, Champs essais, n°405, 1998

PRIGOGINE Elia, STENGERS Isabelle, 1979, *La nouvelle alliance*, Folio essais, n°26

STENGERS Isabelle, 1993, *L'invention des sciences modernes*, Champs sciences, n°308

STENGERS Isabelle, 2003, *Cosmopolitiques II*, La Découverte, n°161

VALEUR Bertrand, 2008, *Sons et lumière*, Ed. Belin, Pour la science

ZALAMANSKI Alain, *les mathématiques et l'origami* in revue Tangente, n°146, 2012

### Ressources électroniques

#### Fédération Wallonie Bruxelles : site enseignement.be

Socles de compétences en Communauté française  
Enseignement fondamental et 1<sup>er</sup> degré du secondaire  
<http://www.enseignement.be/index.php?page=24737>

Ressources pédagogiques par cycle  
<http://www.enseignement.be/index.php?page=0&navi=3346>

#### Associations actives en Art et Sciences

Cellule Epicure – Cellule d'Etudes Pédagogiques et Culturelles, de Recherche et d'Echanges  
<http://www.cellule-epicure.be/>

Atelier Sorcier – Centre d'Expression et de créativité  
<http://ateliersorcier.gembloux.com/>

#### Ressources activités scientifiques (maternel, fondamental et secondaire)

Asbl Hypothèses (Liège) - Centre de ressources et formations en didactiques des sciences :



<http://www.hypothese.be/page-outilsDidactiques.html>

La Fondation La Main à la Pâte (France)

<http://www.fondation-lamap.org/fr/page/11324/la-d-marche-dinvestigation-comment-faire-en-classe>

<http://www.fondation-lamap.org/fr/recherche-activite-classe>

Asbl Les petits débrouillards

[http://www.lespetitsdebrouillards.be/cms/index\\_fr.php](http://www.lespetitsdebrouillards.be/cms/index_fr.php)

<http://www.lesdebrouillards.qc.ca/client/experiences.asp?clef2=5>

Les jeunesses scientifiques de Belgique – revue Ebullisciences

<http://www.jsb.be/infos-utiles/revue-ebullisciences.html>

### **Projets européens d'éducation aux sciences**

Projet Pollen

[http://www.pollen-](http://www.pollen-europa.net/?page=CLDGDJVwskY%3D&action=uNvczPt%2FKio%3D&lg=CLDGDJVwskY%3D)

[europa.net/?page=CLDGDJVwskY%3D&action=uNvczPt%2FKio%3D&lg=CLDGDJVwskY%3D](http://www.pollen-europa.net/?page=CLDGDJVwskY%3D&action=uNvczPt%2FKio%3D&lg=CLDGDJVwskY%3D)

Projet Fibonacci

<http://www.fibonacci-project.eu/>

### **Origami**

Site de présentation du documentaire « Between the folds » de Vanessa Gould, USA, 2009.

<http://www.pbs.org/independentlens/between-the-folds/film.html>

### **Exemple bulles**

Bulles de savon géantes

[http://www.youtube.com/watch?v=c\\_1-3yr0dJw](http://www.youtube.com/watch?v=c_1-3yr0dJw)

Recette bulles de savon géantes

<http://www.youtube.com/watch?v=BldIDN0w4Ec>

Expérience colorants-lait-savon

<http://www.youtube.com/watch?v=Evq1imQyw5Q>

Bulles

<http://philippe.boeuf.pagesperso-orange.fr/robert/physique/bullesavon2.htm>

<http://philippe.boeuf.pagesperso-orange.fr/robert/physique/bullesavon.htm>

<http://philippe.boeuf.pagesperso-orange.fr/robert/physique/antibulles.htm>

<http://standblog.org/blog/post/2007/08/12/Bulles-de-savon>

[http://scienceamusante.net/wiki/index.php?title=Bulles\\_de\\_savon\\_g%C3%A9antes](http://scienceamusante.net/wiki/index.php?title=Bulles_de_savon_g%C3%A9antes)

[http://www.juggling.ch/gisin/bulles\\_savon/Bulles\\_de\\_savon.html](http://www.juggling.ch/gisin/bulles_savon/Bulles_de_savon.html)

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Bulle\\_de\\_savon](http://fr.wikipedia.org/wiki/Bulle_de_savon)

<http://www.kjohnson.info/BubbleArtist.com/Home.html>

<http://homepage.mac.com/keithmjohnson/soapbubbler.com/index.html>

[http://www.youtube.com/watch?v=q\\_d0ff-18E8&feature=player\\_embedded](http://www.youtube.com/watch?v=q_d0ff-18E8&feature=player_embedded)

<http://philippe.boeuf.pagesperso-orange.fr/robert/physique/bullesavon2.htm>

<http://homepage.mac.com/keithmjohnson/soapbubbler.com/page31/page31.html>

<http://edition.lamuse.free.fr/fichesavon.html>