

Artefact : enjeux de formation

Sous la direction de
John Didier, Florence Quinche et Thierry Dias

Parution : avril 2022

ISBN 979-10-91901-53-6



9 791091 901536

livre papier : **19 €**

ISBN 979-10-91901-54-3



9 791091 901543

livre num. : **13 €**

ISBN 979-10-91901-55-0



9 791091 901550

papier & num. : **21 €**

Caractéristiques techniques

Format 16 x 22 cm / 352 pages

Edition

Pôle éditorial de l'université de
technologie de Belfort-Montbéliard

Diffusé-Distribué par

• **Boutique en ligne : Éditions de l'UTBM**
<https://shop.utbm.fr/>

• **Le Comptoir des presses d'universités**
(pour les particuliers)

86, rue Claude Bernard – 75005 Paris

Tél. +33 (0)1 47 07 83 27

<https://www.lcdpu.fr/editeurs/utbm/>

• **CiD (pour les professionnels)**

18-20, rue Robert Schuman

94220 Charenton-le-Pont

Tél. +33 (0)1 53 48 56 30

• En librairies

Pour plus d'informations

Directeur de publication

Ghislain Montavon, directeur de l'UTBM

Pôle éditorial de l'université de

technologie de Belfort-Montbéliard

Site de Sevenans – 90010 Belfort cedex

Tél. +33 (0)3 84 58 32 72

Contact : editions@utbm.fr

Notre catalogue accessible sur :

<https://www.utbm.fr/editions/>



Contenu

La notion d'artefact désigne aussi bien un objet qu'un système artificiel pour peu qu'il soit conçu, fabriqué et utilisé par l'être humain. Par son caractère pluridisciplinaire, l'artefact facilite l'ouverture des dialogues entre chercheurs. Ces points de vue diversifiés et contrastés génèrent une grande variété de définitions. Dans cette logique, cet ouvrage collectif propose des regards pluriels sur les artefacts convoqués au sein des actions de formation.

Sa dimension transversale offre de nouveaux terrains d'investigations particulièrement féconds pour les recherches en éducation. Par sa spécificité à cristalliser l'activité humaine, l'artefact amène les acteurs de la formation, concepteurs ou usagers, à accéder à la densité des savoirs qu'il contient et qu'il présuppose.

Artefact : enjeux de formation

Sous la direction de
John Didier, Florence Quinche et Thierry Dias

Table des matières

- Préface - Recteur Thierry Dias
- Introduction : L'artefact, des concepteurs aux usagers, quels enjeux pour la formation ? - John Didier, Florence Quinche et Thierry Dias,
- Chapitre 1 : Conception d'artefacts et développement de la créativité des enseignants - John Didier et Nathalie Bonnardel
- Chapitre 2 : Création d'artefacts pour faire des mathématiques : vers une genèse instrumentale pour conceptualiser ? - Stéphanie Dénervaud
- Chapitre 3 : Accompagner des formateurs à la conception d'un scénario pédagogique via un système informatisé : éléments de genèse instrumentale - Samira Mahlaoui et Grégory Munoz
- Chapitre 4 : Interfaces de visualisation des parcours en formation à distance, moyen de perception et d'appropriation du dispositif
Philippe Teutsch et Jean-François Bourdet
- Chapitre 5 : L'enseignant concepteur de séquences à partir d'un dispositif d'enseignement mi fini - Bernard Chabloz et Alaric Kohler
- Chapitre 6 : Analyse des pratiques d'une enseignante dans le cadre théorique de la double approche didactique et ergonomique - Valérie Batteau
- Chapitre 7 : Innovation et artefacts numériques : devenir auteur au sein des didactiques - Sonya Florey, Nicole Durisch Gauthier et John Didier,
- Chapitre 8 : Articuler conception et recherche : leçons apprises dans le cadre d'un projet sur l'usage du jeu pour l'éducation au développement durable - Éric Sanchez
- Chapitre 9 : Du jeu vidéo à un artefact numérique d'apprentissage ? Possibilités et points de rupture - Florence Quinche
- Chapitre 10 : Artefacts et arts techniques dans Genèse 1 11 et dans les récits prométhéens d'Hésiode et d'Eschyle : analyse textuelle et réflexions didactiques à propos d'un motif mythique et littéraire - Nicole Durisch Gauthier
- Chapitre 11 : Du « document authentique » à l'artefactⁿ en cours de langues anciennes - Antje-Marianne Kolde
- Chapitre 12 : Résistances matérielles lors de d'activités de bricolage
Romain Boissonnade, Alaric Kohler et Antonio Iannaccone
- Chapitre 13 : Genèse documentaire et Mutualisation 2.0 : le cas Pinterest comme soutien à la planification de l'enseignement
Caroline Thélin Metello et Nicolas Perrin
- Chapitre 14 : Étayer l'apprentissage de la conception en activités créatrices et manuelles à l'aide d'un cahier d'atelier : analyse de l'appropriation par les élèves des outils de l'ingénieur et du scientifique - Guillaume Massy et Nicolas Perrin
- Chapitre 15 : Utiliser, concevoir et interpréter des objets textiles
Elisabeth Eichelberger
- Chapitre 16 : Enseigner la conception des objets pour développer l'autonomie des élèves - Anja Küttel

Les auteurs

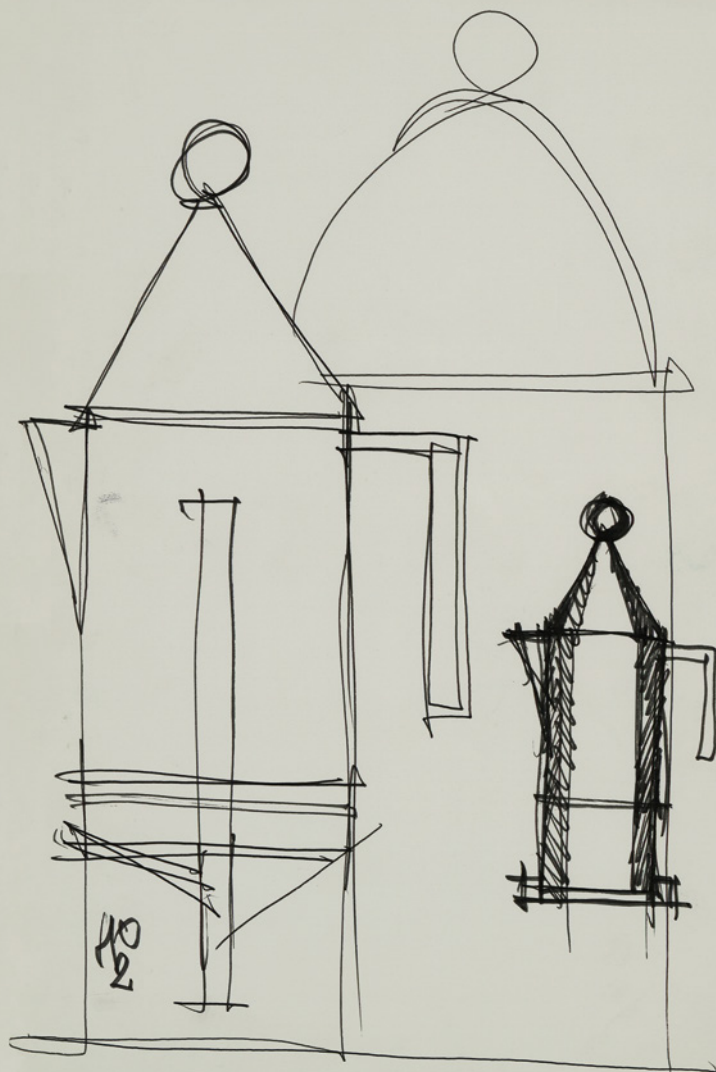
- **Valérie Batteau**, Laboratoire 3LS, Haute École Pédagogique du canton de Vaud, Suisse
- **Romain Boissonnade**, Université de Neuchâtel et Haute École Pédagogique BEJUNE (Suisse)
- **Nathalie Bonnardel**, Aix-Marseille Université, Centre de recherche PSYCLE (UR 3273) et InCIAM, Aix-en-Provence, France
- **Jean-François Bourdet**, CREN, Université du Maine, Le Mans, France
- **Bernard Chabloz**, Haute École Pédagogique de BEJUNE, Suisse
- **Stéphanie Dénervaud**, Haute École Pédagogique du canton de Vaud, Suisse
- **Thierry Dias**, Haute École Pédagogique du canton de Vaud, Suisse
- **John Didier**, Haute École Pédagogique du canton de Vaud, Suisse
- **Nicole Durisch Gauthier**, Haute École Pédagogique du canton de Vaud, Suisse
- **Elisabeth Eichelberger**, Haute École Pédagogique du canton de Berne, Suisse
- **Sonya Florey**, Haute École Pédagogique du canton de Vaud, Suisse
- **Antonio Iannaccone**, Université de Neuchâtel et Haute École Pédagogique BEJUNE (Suisse)
- **Alaric Kohler**, Haute École Pédagogique de BEJUNE, Suisse
- **Antje-Marianne Kolde**, Haute École Pédagogique du canton de Vaud, Suisse
- **Anja Küttel**, Haute École Pédagogique du canton de Fribourg, Suisse
- **Nicolas Perrin**, Haute École Pédagogique du canton de Vaud, Suisse
- **Florence Quinche**, Haute École Pédagogique du canton de Vaud, Suisse
- **Samira Mahlaoui**, Centre d'études et de recherches sur les qualifications, Marseille, France
- **Guillaume Massy**, Haute École Pédagogique du canton de Vaud, Suisse
- **Grégory Munoz**, Centre de recherche en Education de Nantes (CREN- EA 2661), France
- **Éric Sanchez**, CERF, Université de Fribourg, Suisse
- **Philippe Teutsch**, CREN, Université du Maine, Le Mans, France
- **Caroline Thélin Metello**, Haute École Pédagogique du canton de Vaud, Suisse

Présentation de l'ouvrage

Regarder la capsule vidéo
en cliquant ici

Artefact : enjeux de formation

Sous la direction de
John Didier, Florence Quinche et Thierry Dias



 utbm

hep / haute école
pédagogique
vaud

COÉDITION

UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE BELFORT-MONTBÉLIARD / HAUTE ÉCOLE PÉDAGOGIQUE VAUD

Chapitre 2

Stéphanie Dénervaud

Création d'artefacts pour
faire des mathématiques :
vers une genèse instrumentale
pour conceptualiser ?

Création d'artefacts pour faire des mathématiques : vers une genèse instrumentale pour conceptualiser ?

Stéphanie Dénervaud

Haute École Pédagogique du canton de Vaud, Suisse

Résumé : À partir de situations proposées en classe dans le cadre de l'enseignement spécialisé, notre réflexion porte sur les conditions pour que des artefacts conçus et réalisés par les élèves permettent une conceptualisation de savoirs mathématiques. La créativité se propose ici comme une ressource didactique par laquelle l'enseignant¹ crée les conditions pour que les élèves adaptent leurs conceptions antérieures pour créer de nouvelles significations. Ce processus nécessite une médiation pour faire progresser une sémiotisation de la chose vers les objets de savoir : l'identification du potentiel sémiotique d'un artefact permet à l'enseignant de proposer des tâches complémentaires plus structurées qui orientent l'élève vers une activité mathématique, ainsi que des étayages qui s'appuient à la fois sur une ouverture à l'imprévu et une centration sur les objectifs d'apprentissage.

Mots-clés : action – adaptation – artefacts – apprentissage – créativité – étayages – mathématiques.

Abstract: From the situations proposed in class in the context of special education, our reflection focuses on the conditions for artefacts designed and produced by students to allow a conceptualisation of mathematical knowledge. Creativity is offered here as a didactic resource by which the teacher creates the conditions for students to adapt their previous conceptions to create new meanings. This process requires a mediation to advance a semiotization of the thing towards the objects of knowledge: the identification of the semiotic potential of an artefact allows the teacher to propose more structured complementary tasks that orient the student towards a mathematical activity, as well as supporting structures that are based both on an opening to the unexpected and a focus on learning objectives.

Keywords: action – adaptation – artefacts – learning – creativity – scaffolding – mathematics.

1. Les termes employés dans ce document pour désigner des personnes sont pris au sens générique. Ils ont à la fois valeur d'un féminin et d'un masculin.

INTRODUCTION

Ce chapitre questionne les conditions favorables à la conceptualisation en mathématiques à partir de la conception et l'utilisation d'artefacts par des élèves de 4 à 10 ans souffrant de troubles du spectre autistique (TSA) ou de troubles envahissants du développement (TED) (DÉNERVAUD, 2015).

Dans un contexte scolaire ordinaire, la question de l'adaptation est centrale du point de vue de l'élève, de l'enseignant et de l'objet de savoir. En effet, selon la perspective constructiviste (PIAGET, 1967), il n'y a apprentissage que dans une dimension adaptative à des obstacles, qu'ils soient d'ordre épistémologique, psychologiques (cognitifs, conatifs, émotionnels, etc.) ou sociaux (interactionnels, culturels, etc.). Au niveau de l'enseignement, la transposition didactique elle-même consiste en un ajustement des savoirs aux possibilités d'appréhension et de compréhension des élèves. Avec des élèves à besoins éducatifs particuliers, cette dialectique adaptative est encore plus saillante. Il s'agit d'accorder l'environnement aux besoins et aux capacités des élèves afin qu'ils puissent à leur tour s'adapter à leur environnement, autrement dit pour qu'ils puissent apprendre. De quelles contraintes les acteurs de ce jeu didactique doivent-ils tenir compte pour faire avancer l'intrigue du savoir ? Sur quelles ressources peuvent-ils s'appuyer ?

Pour *et al.*, « la créativité est la capacité à réaliser une production qui soit à la fois nouvelle et adaptée au contexte dans lequel elle se manifeste » (p. 10). L'enjeu créatif pour l'enseignant revient à penser et à organiser un milieu qui tienne compte notamment des contraintes individuelles, épistémologiques et didactiques. De son côté, lorsqu'il apprend, l'élève ajuste ses conceptions antérieures en produisant de nouvelles représentations, en modifiant ses connaissances antérieures.

Ce chapitre invite à penser la dimension créative du processus d'enseignement/apprentissage par la conceptualisation et la construction d'artefacts en tant qu'instruments de médiation du savoir mathématique et questionne les conditions de son efficience.

LA CRÉATIVITÉ POUR CONCEPTUALISER ?

Lorsqu'on décrit les élèves à besoins particuliers, la tendance existe, dans une culture dominante encore largement centrée sur les déficits, à ne percevoir que ce qui fait défaut chez eux, toujours en regard de standards somme toute relatifs : il s'agit de normaliser l'élève, de combler ses lacunes, son « retard ». Pourtant, depuis 2001 déjà, l'Organisation

mondiale de la Santé (OMS) propose une Classification Internationale du Fonctionnement, du handicap et de la santé (CIF), un outil descriptif qui ne considère plus le handicap uniquement comme une particularité de la personne, mais comme le résultat d'une interaction entre l'individu et son environnement. Dans cette perspective, tant les obstacles à un bon fonctionnement que les facilitateurs sont relevés, qu'ils proviennent du sujet lui-même ou qu'ils soient d'origine exogène.

C'est dans cette perspective que la créativité de l'élève et de l'enseignant se pose comme une ressource possible.

Pourquoi la créativité ?

Pour Brun (1990), « un problème est généralement défini comme une situation initiale avec un but à atteindre, demandant à un sujet d'élaborer une suite d'actions ou d'opérations pour atteindre ce but. Il n'y a problème que dans un rapport sujet/situation, où la solution n'est pas disponible d'emblée, mais possible à construire » (p. 2).

La procédure est nouvelle pour l'élève puisqu'il est amené à la découvrir ou à l'inventer, et elle doit être adaptée au défi qui se pose à lui. Le processus de résolution de problèmes relève donc d'une production créative.

Vergnaud (2011) compare la conceptualisation à « la représentation : c'est-à-dire la formation en pensée d'objets, de propriétés, de relations, de transformations, de circonstances, de conditions, de relations fonctionnelles de ces objets entre eux et avec l'action » (p. 275). La conceptualisation reviendrait donc à une création de nature cognitive et sémiotique qui requiert de la flexibilité pour pouvoir considérer les situations, les représentations et les actions sous différents angles de manière à en tirer des inférences pertinentes du point de vue du concept.

L'enseignement des mathématiques est un vrai défi à relever avec des élèves à besoins éducatifs particuliers qui accèdent de manière singulière à la communication sociale, et qui compensent parfois leurs difficultés de compréhension du monde par une mémorisation excessive au détriment du sens. Si la flexibilité relève du défi avec nos élèves en recherche constante de stabilité, leur pensée peut être foisonnante, les associations d'idées inattendues en raison d'une centration sur des éléments peu habituels, les façons de s'exprimer non conventionnelles, car les signifiants ne correspondent pas toujours à un sens communément contextualisé. Ces aspects peuvent être compris comme des obstacles au développement des apprentissages. Or, ils correspondent à certains facteurs de créativité décrits par Lubart *et al.*, (2015) : la pensée divergente, les associations

originales, la tolérance à l'ambiguïté et les modalités d'expression idiosyncrasique. Faire appel à la créativité de l'élève pourrait alors servir de levier aux apprentissages mathématiques.

Comment ?

Dans l'expérimentation dont il est question ici, deux environnements ont été proposés aux élèves, du plus ouvert au plus structuré (DÉNERVAUD, 2015).

Première séquence : La tour la plus haute

Deux bocaux de spaghettis crus et une boîte remplie de guimauve sont disposés sur une grande table. Cinq élèves découvrent le matériel et imaginent ce qu'ils pourraient en faire. Parmi différentes idées émerge celle de la construction de la plus haute tour, acceptée par tous. Les enfants s'engagent dans leurs premières tentatives de construction, qui donnent lieu aux premières observations : en expliquant comment ils ont procédé, ils découvrent que leur tour est constituée de différentes figures dont certaines sont désignées et nommées spontanément. Ils retrouvent un carré, un triangle ou un trapèze confectionné avec des spaghettis cassés. En raison de leur fragilité, les tours des élèves sont photographiées pour en garder une trace d'une autre nature que l'artefact produit, en vue d'une utilisation ultérieure (« Le magasin »).

Le magasin

Les élèves commandent auprès de l'enseignante les éléments nécessaires à la confection d'une des tours photographiées, en s'aidant d'une description écrite ou dessinée.

Sur la table sont disposées les photos des tours précédemment construites, des feuilles blanches, des stylos-feutres de couleur. Des spaghettis et des guimauves sont visibles sur une étagère proche. L'enseignante donne la consigne suivante : « Avec l'aide de la photo de votre tour, dessinez ce que vous avez fait pour qu'un copain puisse refaire la même tour que vous. » Les enfants dessinent ou écrivent, puis certains tentent de reproduire leur propre construction à l'aide de leur schéma en allant « commander » le bon nombre de spaghettis et de guimauves auprès de l'enseignante, en s'appuyant sur les figures identifiées lors de la séquence sur la tour la plus haute.

Deuxième séquence : La maison

Un matin, Didier² arrive en classe avec l'idée de construire des cabanes. L'idée fait son chemin. Quelques jours plus tard, l'enseignante propose l'activité suivante : après avoir observé toutes sortes de maisons dans des livres, les élèves sont invités à dessiner la maison qu'ils souhaitent construire. Ils la façonnent à l'aide de polydrons³.

À partir des « maisons » construites, il s'agit d'en faire le plan : les solides sont ouverts, mis à plat, décalqués sur un papier fort (contour, puis chaque forme repliée afin de marquer les plis), puis photographiés. Les développements sont ensuite découpés puis montés en un solide de papier. Les bords sont refermés avec du papier collant. Les photographies des solides en polydrons et de leurs développements seront utilisées en atelier individuel. À partir de la photographie, les élèves sont invités à commander les pièces nécessaires au montage de la maison, puis à monter celle-ci.

Puis les élèves ont à leur disposition des carrés de polydrons. Il leur est demandé de construire une maison uniquement avec ce matériel. Ils obtiennent tous un cube (ils auraient pu obtenir un parallélépipède rectangle par exemple). Ils sont ensuite amenés à construire un solide identique avec un autre matériel : des spaghettis et des marshmallows.

Avec du carton ondulé, un mètre et un double mètre, des feutres, des ciseaux et des feuilles de papier, les élèves doivent dessiner puis découper des carrés de 100 cm de côté. Ils montent une armature faite de baguettes de bois de 100 cm et de connecteurs : la structure du cube. Les carrés de carton sont fendus sur les côtés pour être noués à la structure à l'aide de rubans.

Où sont les mathématiques ?

Si des environnements d'apprentissage ouverts comme « La tour la plus haute » et « La maison » offrent à l'élève suffisamment de liberté pour favoriser son implication, s'ils lui permettent de manipuler, de se poser des questions et d'expérimenter pour y répondre, les enjeux de savoir qui se présentent relèvent souvent de questions techniques (recherche d'équilibre, de solidité, découverte de la texture et de la résistance des matériaux) et ils ne sont pas nécessairement orientés vers des contenus mathématiques. Plus le problème est « mal défini » (BONNARDEL, 2006,

2. Prénom d'emprunt.

3. Polygones en plastique dur qui se fixent entre eux à l'aide de charnières. Ce matériel permet des constructions à plat ou en volume.

p. 45), plus l'enseignant doit fournir des étayages qui orientent vers des contenus mathématiques. Par exemple, dans « La tour la plus haute », les élèves se sont surtout questionnés sur la façon de faire tenir une structure à la verticale de manière à augmenter la hauteur de la tour, avec des enjeux centrés sur la solidité de l'édifice. Les obstacles relèvent avant tout du poids des connecteurs (marshmallows) et de la résistance des matériaux (fragilité des spaghettis). Il s'agit donc de trouver des solutions pour renforcer la structure de la tour. Les enjeux pour l'élève sont donc essentiellement techniques ou physiques (quelles forces et quelles résistances entrent en ligne de compte) et non pas directement mathématiques.

Certaines notions mathématiques ont pu cependant être expérimentées, comme le passage du plan horizontal à la verticalité via des questions d'élèves (« Comment faire tenir un carré à la verticale ? »), ou la comparaison des figures si on utilise uniquement des spaghettis de même longueur ou si on se permet de jouer avec les spaghettis cassés (figures isométriques ou non). Toutefois, il a été nécessaire de penser une tâche plus structurée comme « Le magasin » pour faire prendre conscience aux élèves que différentes figures composent les tours créées, et que ces figures ont certaines propriétés, par exemple le nombre de côtés, leur longueur et la qualité des angles.

De même, la construction de la maison de carton a donné aux élèves des défis avant tout sociaux et techniques. Quelle sorte de maison veut-on pour le groupe ? Quelles en seront les caractéristiques ? De quels éléments a-t-on besoin et comment les accrocher entre eux sans que tout s'effondre ? Afin d'orienter l'action des élèves non seulement vers le « produit », mais également vers des connaissances mathématiques, il a été nécessaire de planifier les séquences en tâches plus structurées, par exemple la construction de maisons en polydrons (passage 2D/3D : à partir de figures planes, construire un volume fermé) ou le développement des maisons (passage 3D/2D/3D : construire un développement sur une feuille de carton qui permette de construire la maison en carton). L'utilisation de photographies des maisons pour « commander » les pièces nécessaires à sa construction en 3D nécessite la reconnaissance et la nomination des éléments, leur dénombrement direct en fonction de ce qui est visible et indirect en fonction de l'anticipation du polyèdre final puisqu'une photographie ne permet pas de voir toutes les faces du polyèdre. Une abstraction est donc indispensable pour imaginer quelles pièces non visibles sont nécessaires. Puis les tâches de représentation autour du cube et de la pyramide à base carrée, soit le passage des polydrons aux spaghettis-marshmallows, permettent de saisir quelques propriétés du cube : le nombre de faces et

leur forme carrée, les nombres d'arêtes et de sommets. La réalisation des murs de carton demande la capacité de mesurer et de tracer des longueurs isométriques ainsi que la capacité à former des angles droits. La construction de la structure (baguettes de bois et connecteurs) implique quant à elle l'anticipation de la forme finale du cube, de manière à orienter et à fixer correctement les éléments entre eux.

L'ARTEFACT COMME INSTRUMENT DE CONCEPTUALISATION

Pour Rabardel (1995), l'artefact est une « chose ayant subi une transformation d'origine humaine [...] susceptible d'un usage, élaborée pour s'inscrire dans des activités finalisées » (p. 59). C'est justement cet usage qui fait de l'artefact un « instrument », un moyen d'action du sujet sur l'objet. Les guimauves (artefacts), si elles ne sont pas mangées, peuvent ici servir à connecter les spaghettis entre eux et prennent alors une fonction instrumentale. Ces assemblages d'éléments peuvent adopter des formes différentes selon qu'on les pose sur une table ou qu'on les suspende : les actions du sujet modifient l'objet. Selon la genèse instrumentale, il s'agit d'une « instrumentalisation » (p. 137). Cette transformation permet d'observer qu'un volume n'est pas uniquement défini par le nombre de ses sommets et de ses arêtes, mais également par la particularité de ses agencements (plat, concave, convexe). Ces inférences font prendre une valeur non plus empirique aux artefacts, mais une valeur symbolique par un processus de sémiotisation : les spaghettis représentent les arêtes, les guimauves représentent les sommets. Les choses ont pris la valeur de systèmes de signes organisés qui peuvent être transformés à l'intérieur d'un même registre de représentation, ce qui peut être rapproché de la fonction de traitement dont parle Duval (1995). La tour posée sur la table n'a pas la même forme que celle qui est suspendue. Il est possible d'observer que ce qui reste stable, entre ces deux situations, c'est le nombre de sommets et d'arêtes (invariants), et que ce qui change, c'est leur agencement et le volume que l'objet occupe (variables déterminantes). Dans cet exemple, on comprend qu'il ne suffit pas de transformer l'objet empirique pour qu'il y ait conceptualisation. Il s'agit de donner une valeur symbolique aux « choses » pour passer d'une simple observation contingente d'une construction qui change d'apparence, à celle de la compréhension qu'un volume est déterminé par l'agencement de ses composantes. Au-delà d'un simple constat perceptif, l'élève, dans un processus « d'instrumentation » (p. 137) modifie ses représentations antérieures : il conceptualise.

Dans le cas du « Magasin », le fait de devoir donner des explications par schéma ou par écrit à un camarade incite à une « conversion [s] de représentation sémiotique » (DUVAL, 2002). Les productions des élèves deviennent donc des artefacts orientés vers un but de communication, un moyen pour parvenir à se faire comprendre d'un camarade. La transposition des éléments en schéma ou en dessin rend saillants le nombre, la qualité ainsi que l'agencement final des éléments (spaghettis et guimauves) pour reconstruire la tour. Cependant, ces productions ne disent rien de la procédure et des étapes de réalisation, contrairement au texte écrit. Ces différents instruments de communication donnent donc à voir différents aspects de l'objet à réaliser. Le concept se construit par l'interaction entre symboles (schémas ou mots écrits), situations (tour à construire, description et explications à fournir au camarade, reconstruction à partir des schémas ou du texte) et repérage d'invariants entre les situations (nombre de spaghettis et de guimauves identiques, base carrée, etc.). On retrouve ici les éléments mentionnés par Vergnaud (1991) pour décrire le *concept*, en référence à une théorie des signes langagiers :

« [...] Un triplet de trois ensembles : l'ensemble des situations qui donnent du sens au concept (la référence), l'ensemble des invariants sur lesquels repose l'opérationnalité des schèmes (le signifié), l'ensemble des formes langagières et non langagières qui permettent de représenter symboliquement le concept, ses propriétés, les situations et les procédures de traitement (le signifiant). »
(p. 145)

Dans le cas de « La maison », les polyèdres, artefacts imposés par l'enseignant, sont susceptibles d'être accrochés les uns aux autres par leurs bords de manière plane (figures composées, développements) ou en volume. Ils prennent donc une valeur instrumentale en fonction de l'action des élèves sur les différents éléments : assemblage par juxtaposition simple, utilisation des jointures comme charnières permettant de créer des polyèdres. Les éléments de construction constituent un registre de représentation sémiotique au sens de Duval (1995) dans la mesure où les éléments constituent un système de signes organisables : ils représentent des parties délimitées du plan (figures) s'il s'agit de juxtaposition des éléments, et ils représentent les faces des polyèdres construits. On peut donc considérer que les éléments assemblés forment un système de signes organisés par une règle d'action, susceptibles de traitement (juxtaposition à plat ou construction en volume) avec des correspondances

possibles entre développements et polyèdres. Ils sont également susceptibles de conversions : il est possible de construire le même volume avec d'autres matériaux. Ici, les spaghettis et les marshmallows constituent un registre de représentation sémiotique différent qui donne à voir non plus les faces, mais les arêtes et les sommets. Cette conversion rend saillantes les propriétés de l'objet conceptuel, le cube dans notre exemple, en permettant des mises en correspondance : bien qu'on ne les perçoive pas directement, les faces carrées du cube en polydrons se retrouvent dans la délimitation faite par les spaghettis : il y en a bien six. On peut poursuivre ainsi les correspondances entre « coins » du cube et « nombre de marshmallows ». Lors de la construction en carton, la fabrication des murs carrés invite à définir la qualité des angles (droits) et à trouver une façon de les construire. Ainsi, la « traduction » des figures et des volumes d'un type d'artefact à un autre rend-elle les invariants entre les objets et entre les situations accessibles. En d'autres termes, elle permet de focaliser son attention sur les propriétés de l'objet à la fois matérielles (le mur, le corps de la maison) et conceptuelles (le carré, le cube).

Du statut de l'artefact

Selon Rabardel (1995), « [...] l'artefact (qu'il soit matériel ou non) concrétise une solution à un problème ou à une classe de problèmes socialement posés » (p. 60).

Ainsi, le choix du matériel dans « La tour la plus haute » permet-il à l'enseignant de proposer un milieu d'expérimentation dans lequel des constructions géométriques peuvent voir le jour. En agissant sur le milieu par ses choix, l'enseignant compte répondre à un enjeu d'ordre didactique. De son point de vue, la genèse instrumentale du dispositif vise avant tout les apprentissages des élèves, soit la transformation de leurs conceptions initiales (instrumentation). Il transforme le milieu (instrumentalisation) de manière à offrir les conditions d'apprentissage adaptées à la fois à l'objet de savoir et aux capacités des apprenants.

Pour l'élève qui choisit de construire une tour, les guimauves servent de connecteurs pour la structure et les spaghettis forment le cadre. C'est en construisant la tour que ces choses prennent une valeur instrumentale, par son action faite de tâtonnements et de réajustements. L'élève agit sur les objets. Il les transforme (instrumentalisation) de manière à atteindre son objectif : celui de construire la plus haute tour.

Comme l'évoquent Mariotti et Maracci (2010) dans le cadre de la Théorie de la médiation sémiotique, « l'utilisation d'un artefact a une double nature : d'une part, l'artefact est utilisé directement par les élèves pour accomplir une tâche ; d'autre part, il est utilisé indirectement par le professeur pour des objectifs d'enseignement » (p. 105).

Comme nous l'avons déjà évoqué, il ne suffit pas de choisir ou de modifier les artefacts et, de manière plus large, le milieu pour que l'élève apprenne : son action et donc son implication sont indispensables. Il ne suffit pas non plus à l'élève de fabriquer ou de transformer un objet pour apprendre, en particulier si l'on vise des apprentissages conceptuels, en l'occurrence mathématiques. La production ne garantit pas la conceptualisation qui est soumise, comme nous allons le voir, à certaines conditions.

VERS UNE GENÈSE INSTRUMENTALE D'UN DISPOSITIF DIDACTIQUE

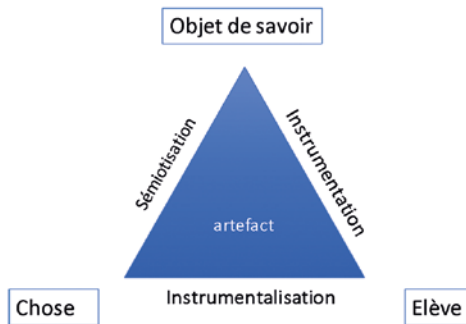
Concilier les points de vue : un enjeu didactique

Dans les exemples ci-dessus, on comprend l'importance de l'identification du « potentiel sémiotique » (MARIOTTI et MARACCI, 2010) de l'artefact proposé par l'enseignant lors de l'analyse préalable, de manière à définir quels savoirs mathématiques peuvent émerger dans l'interaction artefact-élèves-enseignant (ou dans la situation). L'enseignant s'appuie sur ses connaissances mathématiques pour déterminer quelles notions sont en jeu afin de définir les objectifs d'apprentissage, les moyens de les atteindre (tâches plus ou moins structurées, matériel, temps, modalités de travail), d'envisager les démarches possibles des élèves, les difficultés qu'ils peuvent rencontrer ainsi que les variables ou aménagements qu'il peut envisager. Du point de vue de l'enseignant, ces choix conditionnent l'élaboration de séquences d'enseignement/apprentissage au niveau du dispositif et des interactions étayantes. Ils orientent également les choix et l'action de l'élève qui agit en fonction de son propre projet ou du but qui lui est proposé.

Dans une situation d'enseignement ouvert à la créativité des élèves, la séquence doit être repensée systématiquement de manière à évaluer « l'évolution des significations personnelles vers des significations mathématiques » (MARIOTTI et MARACCI, 2010), l'enjeu étant de faire progressivement coïncider le « point de vue pragmatique » de l'élève avec le « point de vue didactique » (MARIOTTI et MARACCI, 2010) de l'enseignant.

Dans le dispositif « La maison », l'enjeu pour l'élève est de construire une cabane afin de pouvoir y jouer avec ses camarades, alors que celui de l'enseignant revient à lui permettre de distinguer un carré d'un rectangle, à lui faire prendre conscience des similitudes, à lui faire découvrir les propriétés du cube, à lui faire dessiner un angle droit, à mesurer à l'aide d'un mètre, etc.

Ces significations mathématiques ne sont ni saillantes naturellement ni recherchées *a priori* par l'élève : elles ne sont pas contenues dans la chose produite ou transformée, mais elles peuvent se concevoir progressivement, dans un processus de sémiotisation à partir de l'artefact.



La chose « guimauve », qui sert de « colle » entre les spaghettis pour l'élève qui construit sa tour, peut prendre progressivement par les traitements, les conversions et la médiation de l'enseignant, un statut de représentation sémiotique du sommet d'un polyèdre.

La chose en plastique, qui servait à construire une maison miniature par assemblage, peut prendre progressivement la valeur d'une représentation d'un carré ou d'une face d'un cube.

D'objet de l'activité productive de l'élève, l'artefact peut devenir le moyen de son activité cognitive. Dans le processus de sémiotisation de la chose vers l'objet de savoir, l'enseignant a un rôle déterminant *in situ*.

La posture de l'enseignant

Lorsque l'élève manipule les artefacts à disposition, de manière libre, il se peut qu'en plus des usages habituels, il tente des actions diverses, voire insolites : après avoir goûté une guimauve (action prévisible), il va peut-être la malaxer pour en tester la consistance, la faire rouler sous ses mains pour en éprouver la forme cylindrique, etc. Même si une consigne précise est donnée du type « fabriquer une tour », orientant la fonction de la chose « guimauve » en connecteur, l'enfant en trouvera certainement d'autres, comme celui de jointure entre deux spaghettis brisés. Cet écart entre le prévu et le réel est nommé « catachrèse » par Rabardel (1995). Cette action imprévue peut être perçue comme inappropriée en fonction des objectifs et des consignes de l'enseignant. Elle signe cependant l'implication face à une tâche que l'élève s'est donnée dans une recherche d'usage et ouvre

vers un potentiel d'apprentissage. Dans leur « modèle d'analyse de l'agir enseignant », Bucheton et Soulé (2009) nous proposent par ailleurs de voir « l'imprévu comme une des sources même de la dynamique du sens "se construisant" » (p. 32).

Mais ils préviennent que « [...] ces ajustements ne doivent pas faire perdre de vue la nécessité de maintenir l'orientation générale de la trame du récit préparé, pour y incorporer les significations temporaires afin d'aller jusqu'à la chute de la leçon » (p. 31-32). Cette orientation s'appuie sur les objectifs d'apprentissage définis en amont, ainsi que sur les interactions qui se tissent dans le scénario didactique.

La question des étayages

Permettre aux élèves de faire des liens. Les laisser passer des expériences empiriques plus ou moins fortuites à de véritables expérimentations raisonnées. Leur donner les moyens de tisser des ponts entre leurs découvertes contingentes et les savoirs mathématiques visés, tout en tenant compte des différentes contraintes. Ces gestes professionnels demandent, de la part de l'enseignant, une posture qui oscille entre l'ouverture à la nouveauté, à l'imprévu et une attention centrée sur la tâche. Le savoir visé, déterminé au préalable, sert de boussole aux interactions en situation. Il est du ressort de l'enseignant de réorienter la tâche en repensant les « aménagements préventifs » (DIAS, SERMIER, DESSEMONTET et DÉNERVAUD, 2016 : p. 6) afin de fournir un environnement adapté qui favorise les actions de l'élève en congruence avec les objectifs visés, d'où la nécessité de faire le point après chaque séance en vue de la suivante, même si une trame a été conçue en amont de la séquence.

Après une première production de maisons hétéroclites en polydrons aspirant dans un premier temps à l'enrôlement des élèves, l'un des objectifs d'apprentissage visait la découverte du cube et de ses propriétés. Des tâches plus structurées ont été proposées de manière à focaliser l'attention sur des aspects qui permettent la production de significations mathématiques et de stabiliser ceux-ci. En l'occurrence, seules des pièces carrées ont été mises à disposition des élèves pour construire une maison. On pourrait encore imaginer réduire le nombre de carrés à six pour être certain d'obtenir un cube.

Afin de donner à voir d'autres propriétés, les élèves se sont aidés du modèle pour le reconstruire avec les spaghettis et les guimauves. Des conversions ont été possibles, et elles ont rendu saillantes d'autres caractéristiques du cube : les sommets et les arêtes. Ces transpositions permettent de valoriser les caractéristiques déterminantes en proposant des registres

de représentation sémiotiques (DUVAL, 1995), diversifiés et des actions instrumentées : on construit un cube de polydrons avec des gestes d'assemblage qui diffèrent de ceux de la recherche du bon angle lorsque l'on tente de fixer des spaghettis à angle droit sur une guimauve !

L'enseignant, par des « étayages centrés sur le processus de résolution de problème » (DIAS *et al.*, 2016 : p. 7), incite à conscientiser ces découvertes en invitant les élèves à raconter à leurs camarades comment ils s'y sont pris, les questions qu'ils se sont posées et ce qu'ils ont découvert. Il « met le projecteur » sur les aspects significatifs du savoir (les invariants ou caractéristiques déterminantes) que l'élève ne peut pas toujours élaborer autrement que sous forme de « concepts-en-acte » (VERGNAUD, 1991 : p. 143). Par exemple, juxtaposer côte à côte les formes permet de figurer des maisons ou des développements en deux dimensions, les « clipper » et les faire pivoter permet d'explorer le matériel en trois dimensions et de construire des solides.

À un certain stade, seule la transmission est vectrice du savoir culturellement formalisé : en mathématiques, un coin se nomme « angle » ou « sommet », un bord se nomme « côté ou arête », les croisements sont les « diagonales » du carré, etc.

CONCLUSION

Dans la mesure où l'apprentissage relève d'une adaptation à la nouveauté, la dimension créative se situe au cœur même du jeu didactique : l'enseignant est créateur des conditions qui permettent d'accéder au sens, l'élève est créateur du sens que les apprentissages peuvent prendre pour lui.

Laisser un espace dans lequel la créativité de l'élève peut s'exercer et contribuer à la conceptualisation de notions mathématiques implique aussi la créativité de l'enseignant. En effet, celui-ci doit adapter le milieu en visant une progression des significations empiriques et contextuelles vers des significations, d'ordre conceptuel, généralisables.

Ce qui fonde cette progression, c'est tout d'abord l'action de l'élève sur l'objet qui permet de faire émerger ses conceptions premières, relayée par l'action de l'enseignant chargé de les orienter vers des contenus mathématiques.

Dans cette double dynamique, il y a coconstruction de l'artefact à la fois comme chose qui peut être transformée par les actions physiques du sujet, et comme chose qui peut être sémiotisée par la médiation de l'enseignant. En proposant des aménagements préventifs et des étayages centrés

sur la tâche, celui-ci fait évoluer les actions des élèves sur la chose vers des actions portées sur des signes. Ce cheminement passe notamment par une anticipation du résultat par l'élève.

Cependant, cette progression nécessite un étayage plus ou moins important, en fonction de la « consistance » de la situation proposée. Selon Bonnardel (2006), un problème « peu ou mal défini » (p. 45), s'il favorise l'implication et permet à l'imagination de s'exprimer, nécessite une redéfinition. Dans notre contexte, cette reformulation peut venir soit de l'élève, avec le risque qu'il dirige son attention vers des contenus non mathématiques, soit de l'enseignant, notamment en proposant des tâches plus structurées et en orientant l'attention de manière ciblée. L'adaptation dynamique et conjointe entre élève, enseignant et artefact semble conditionner la conceptualisation mathématique.

Références

- BONNARDEL, N. (2006). *Créativité et conception : approches cognitives et ergonomiques*. Solal Éditions.
- BRUN, J. (1990). La résolution de problèmes arithmétiques : bilan et perspectives. *Math-école*, 141, 2-14.
- BUCHETON, D. et SOULÉ, Y. (2009). Les gestes professionnels et le « je » des postures de l'enseignant dans la classe : un multiagenda de préoccupations enchâssées. *Éducation et didactique*, volume 3 (3), 29-48. <http://educationdidactique.revues.org/543>.
- DÉNERVAUD, S. (2015). *Situation créative de résolution de problème mathématique : quels étayages pour conceptualiser ?* Mémoire de Bachelor, Haute Ecole Pédagogie Vaud.
- DIAS, T., SERMIER DESSEMONTET, R. et DÉNERVAUD, S. (2016). Étayer les élèves à besoins éducatifs particuliers dans la résolution de problèmes : un modèle d'analyse. *Math-école*, 225, 4-9.
- DUVAL, R. (1995). *Semiosis et pensée humaine : registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*. Peter Lang.
- DUVAL, R. (2002). Comment décrire et analyser l'activité mathématique ? Cadres et registres. Dans *Actes de la journée en hommage à Régine Douady*, (p. 83-105). IREM.
- LUBART, T., MOUCHIROUD, C., TORDJIMAN, S. et ZENASNI, F. (2015). *Psychologie de la créativité*. Armand Colin.
- MARIOTTI, M. et MARACCI, M. (2010). Un artefact comme instrument de médiation sémiotique : une ressource pour le professeur. Dans G. Gueudet et L. Trouche (dir.), *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs de mathématiques* (p. 91-107). Rennes et INRP : Presses universitaires de Rennes et INRP. https://www.researchgate.net/publication/236477687_Un_artefact_comme_instrument_de_mediation_semiotique_une_resource_pour_le_professeur.
- Organisation mondiale de la Santé. (2001). *Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé*. OMS. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/42418/1/9242545422_fre.pdf.
- PIAGET, J. (1967). *La psychologie de l'intelligence*. Armand Colin.
- RABARDEL, P. (1995). *Les hommes et les technologies : approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.
- VERGNAUD, G. (1991). La théorie des champs conceptuels. *Recherche en Didactique des Mathématiques*, 10(2/3), 133-170.
- VERGNAUD, G. (2011). Au fond de l'action, la conceptualisation. Dans J.-M. Barbier (dir.), *Savoirs théoriques et savoirs d'action* (p. 275-292). Presses universitaires de France « Éducation et formation ».
- World Health Organization. (2001). *Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé : CIF*. Organisation mondiale de la Santé. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42418/9242545422_fre.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Artefact : enjeux de formation

Sous la direction de John Didier, Florence Quinche et Thierry Dias

La notion d'artefact désigne aussi bien un objet qu'un système artificiel pour peu qu'il soit conçu, fabriqué et utilisé par l'être humain. Par son caractère pluridisciplinaire, l'artefact facilite l'ouverture des dialogues entre chercheurs. Ces points de vue diversifiés et contrastés génèrent une grande variété de définitions. Dans cette logique, cet ouvrage collectif propose des regards pluriels sur les artefacts convoqués au sein des actions de formation.

Sa dimension transversale offre de nouveaux terrains d'investigations particulièrement féconds pour les recherches en éducation. Par sa spécificité à cristalliser l'activité humaine, l'artefact amène les acteurs de la formation, concepteurs ou usagers, à accéder à la densité des savoirs qu'il contient et qu'il présuppose.

ISBN 978-10-91901-54-3



13 €

COÉDITION