

Projet mené par une classe de CM1
de l'école publique La Roche des Grées de Messac (35)

L'impression 3D, comment pourquoi, jusqu'où ?

Une expérimentation à partager.



Le dernier paragraphe présente les projections pour la reconduite de ce projet pour l'année suivante 2017-2018.

Contexte qui a invité à s'engager dans ce projet :

- L'analyse des résultats du test PACEM en grandeur et mesure (menée dans les écoles du département), concernant les solides en mathématiques et les compétences impliquant la manipulation des grandeurs et des unités de mesure associées, engage à un travail spécifique de consolidation des acquis, travail qui pourrait être mené en essayant d'autres approches transdisciplinaires, intégré à une dynamique de projet, donnant du sens à ces apprentissages.
- De nouveaux programmes invitant à la manipulation accrue des solides en géométrie et exprimant la place faite à l'implication des élèves dans l'élaboration collective d'objets technologiques.
- Une implication personnelle forte dans le développement régulier de dynamiques de projet dans le champ des sciences expérimentales.
- Un besoin de participer à l'élaboration d'un dispositif innovant pour renforcer l'accès à la 3D en école élémentaire.
- La réflexion croissante menée autour de la place des nouvelles technologies de plus en plus accessibles. Il faut sensibiliser dès aujourd'hui les plus jeunes à un outil qui sera commun demain. La 3D est un domaine qui permet de faire des ponts entre disciplines, elle ouvre à des problématiques sociétales (les déchets, la consommation, le « faire par soi-même », stimule la créativité, car une idée peut être matérialisée et réalisée rapidement...

Descriptif :

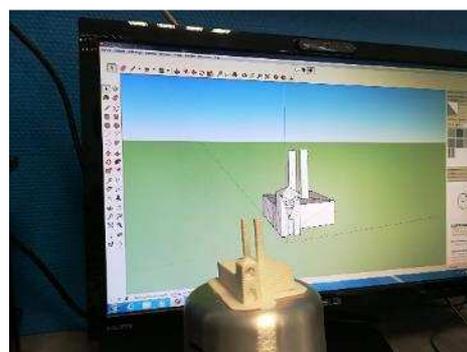
Les élèves de Cm1 de l'école élémentaire de la Roche des Grées se sont lancés dans un vaste projet transdisciplinaire croisant les mathématiques, les arts plastiques et la technologie.

Ils ont en effet enrichi leur étude des volumes en mathématiques, d'un travail de modélisation 3D, les amenant progressivement à concevoir par eux-mêmes leurs propres pièces de jeux d'échecs.

Les séquences en arts visuels ont permis aux élèves de poursuivre leur maîtrise de la représentation spatiale des solides, le repérage dans l'espace et leur créativité à travers l'usage d'outils numériques, de programmes libres.

Ils ont par ailleurs assemblé eux-mêmes leur propre imprimante à partir d'un prototype à la fois étonnant par sa simplicité et par ses performances. Le montage en classe élémentaire d'un prototype d'imprimante 3D est donc une première, que les élèves ont parfaitement été capables de s'approprier à travers une méthodologie de projet adaptée.

Cette machine open source, qui se veut être adaptée aux capacités des élèves dans le cadre de la construction d'un objet technologique est le fruit d'un travail collaboratif mené avec le fablab de Ris Orangis. L'expérimentation de cette année, participe à l'élaboration d'une version 2 de la machine qui sera de nouveau montée dans la classe l'année prochaine pour développer un projet similaire. Les élèves qui, après le jeu d'échecs ont spontanément exprimé leur créativité dans la modélisation d'éléments de l'architecture urbaine, laissent entrevoir la pertinence d'orienter un tel projet vers la géographie.



Caractéristiques du projet :

La classe : 29 élèves de CM1.

Durée du projet :

Il fut conduit de novembre à avril.

Des séquences en mathématiques sont engagées dès la période 2, la modélisation 3D finale et la construction de l'imprimante est concentrée sur la période 4. Les séquences en arts visuels ont alimenté le projet sur toute la durée.

La démarche de projet engagée implique de penser sa programmation afin que les composantes issues des différentes disciplines soient mises en œuvre au bon moment, nourrissant le projet de façon naturelle et progressive durant l'année, accompagnant les besoins des élèves qui se manifestent au fil du projet.

Domaine scientifique concerné principalement :

Matériaux et objets techniques.

- Pratiquer des démarches pour répondre à une problématique de départ.
- S'approprier des outils et des méthodes.
- Mobiliser des outils numériques.
- Concevoir, créer, réaliser.

Disciplines associées :

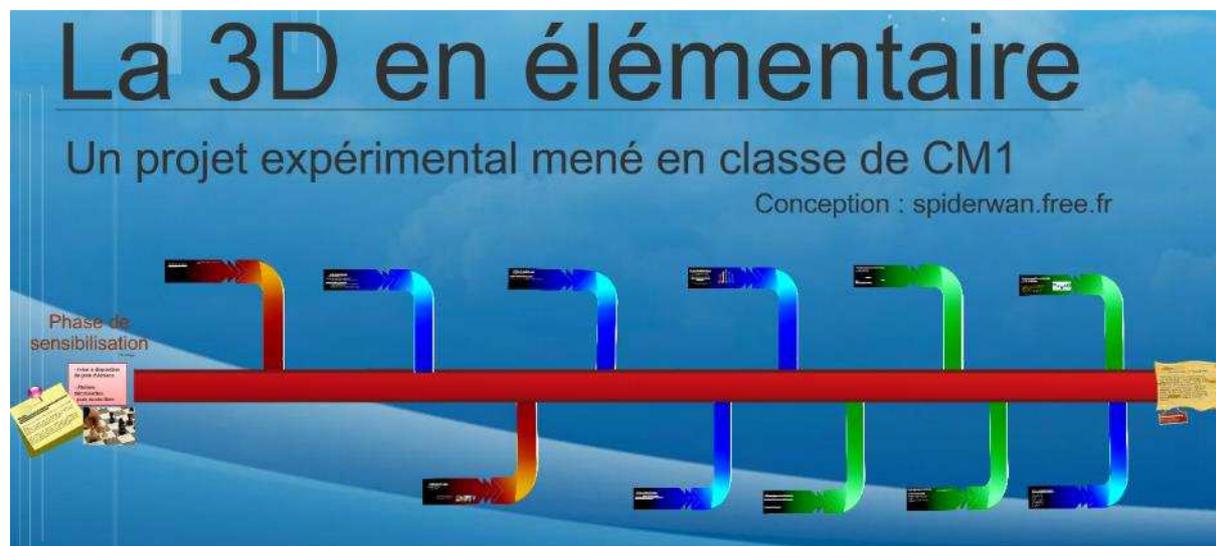
Mathématiques

- Espace et géométrie (favoriser la manipulation des solides)
- Grandeurs et mesures (comparer, estimer, mesurer des grandeurs géométriques), usage d'un lexique et d'instruments de mesure spécifiques)
- L'usage du numérique (au service des apprentissages, favorisant la construction de repères, manipulation et modélisation)

Arts plastiques

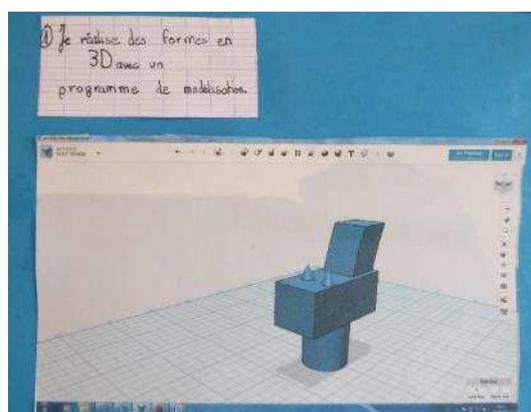
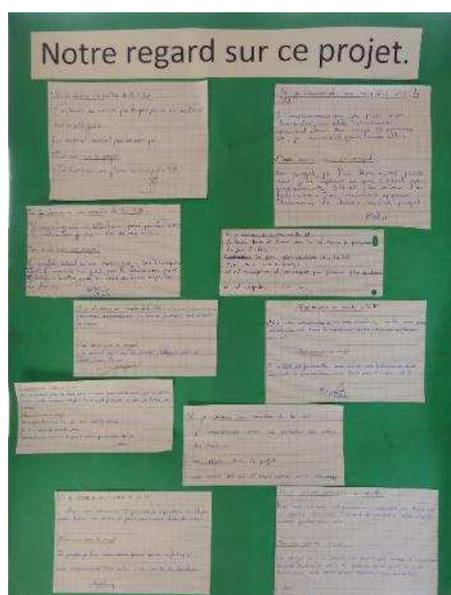
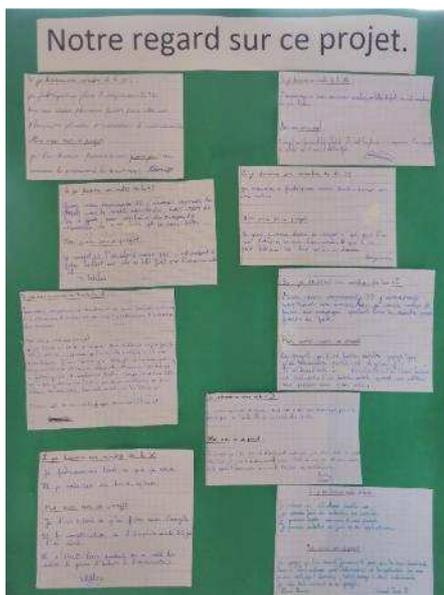
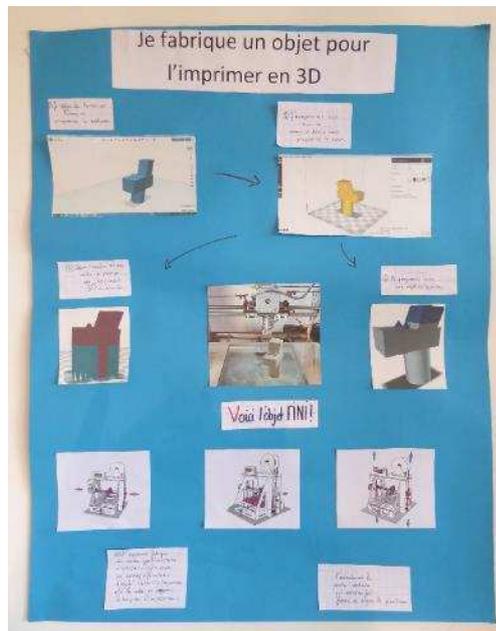
- Travail sur les formes de représentation.

Les fabrications et la relation entre l'objet et l'espace, de la 2D à la 3D.



Activité portant sur la maîtrise de la langue :

- Travail sur la légende et le schéma intégrant l'utilisation d'un lexique spécifique, ainsi que sur les supports de formalisation réalisés collectivement concernant les aspects techniques de l'impression 3D.
- Réalisation d'affichages destinés à la valorisation finale intégrant de l'expression libre concernant le projet et le domaine scientifique investi. Traces écrites ayant fait l'objet d'un travail à plusieurs jets successifs.



Partenaires impliqués

Le principal partenaire est l'équipe du plasilab, un fablab situé à Ris-Orangis au sein de l'association Planète Sciences, avec qui nous avons posé le cahier des charges initial de ce projet pour répondre à mes attentes d'enseignant. Nous avons travaillé en commun pour adapter et transformer en continu un prototype né dans ce fablab, pour qu'il puisse être adapté et être englobé dans une démarche de projet plus globale autour de la 3D.

Ce partenariat accompagna la progression des élèves dans le montage de l'imprimante pour réfléchir aux quelques difficultés éventuelles rencontrées et exprimées par les élèves eux-mêmes. Ces derniers étaient d'ailleurs fiers de participer à la véritable réflexion sur le prototype et d'être ainsi impliqués dans un véritable processus de construction, par essais erreurs, d'une vraie machine.

Cette imprimante est donc arrivée à sa version 02 et a vocation à être développée dans d'autres classes. L'association Planète Sciences, spécialisée en culture scientifique, agréée éducation nationale, se propose d'enrichir son offre de formation en direction des enseignants, d'un volet 3D intégrant la maîtrise du montage de l'imprimante ainsi que l'environnement pédagogique que j'ai développé autour de celle-ci.

D'autres partenaires sont présents en phase de valorisation, pour permettre aux élèves de découvrir plus concrètement les applications de la 3D à des fins plus professionnelles : découverte du FABLAB du campus de rennes 1 intégré au réseau FABLAB étendu de rennes., visite du laboratoire Sciences et Propriétés de la Matière, laboratoire chimie de l'UMR CNRS 6226,

Activités inter-niveaux

Cette expérience nouvelle dans mon école a aussi servi à sensibiliser mes collègues et plus largement les acteurs éducatifs divers qui sont venus à la porte ouverte finale du projet.

Les échanges menés ont alors mis en lumière les relations inter-niveaux qui pouvaient naître. Des niveaux de maternelle (réalisation d'objets répondant à des besoins précis dans le cadre d'un projet de classe), en cycle 2 (exemple d'un travail en géographie menant à la réalisation d'une maquette de l'école à l'échelle souhaitée servant ensuite d'outil pédagogique pour un travail sur la lecture de plan), au collège avec la réalisation commune d'un objet technique avec une partie mise en œuvre par les élèves d'élémentaire...

La réflexion et la mise en lumière des passerelles transdisciplinaire et trans-cycle, avec aussi des collègues du secondaire, ont pu être abordées lors du village des sciences de Rennes en Octobre 2017, où les élèves ont tenus un stand sur les 3 jours de l'événement.



Méthodologies en jeu :

Le projet s'est composé de plusieurs étapes qui ont convergé.

La démarche expérimentale fut surtout engagée lors de l'expérimentation faite sur les matériaux à devoir utiliser pour confectionner nos jeux d'échecs en tenant compte des contraintes d'utilisation (pâte à sel, pâte fimo, argile ...).

Les élèves ont projeté leurs hypothèses sous la forme de croquis puis de schémas légendés. Ces explorations ont à la fois permis de définir collectivement la forme des pièces, de questionner leur stabilité ainsi que l'agencement pertinent des solides élémentaires qui les composaient. Elles ont aussi permis d'appréhender expérimentalement, en termes de savoir-faire, la difficulté de réalisation des assemblages voulus. Ce travail a donc conduit à cibler tout particulièrement la réalisation des pièces par impression 3D, jugé plus fiable et fidèle.

La phase de l'impression des pièces a conduit aussi à une nouvelle phase d'analyse et de modifications ciblées des pièces, car leur stabilité, leur fragilité à l'issue des premières impressions, nécessitait de revoir leur modélisation informatique en s'appuyant sur des paramètres isolés et précis (taille de la base, enchevêtrement des éléments entre eux pour ne pas avoir des points de jonction trop fragiles ...)



La méthodologie de projet :

L'ensemble du projet est construit par phase, du recueil de conception, à l'émergence de la problématique, des séquences de création, d'expérimentation à la mise en œuvre finale, de la mise en forme de façon plus formelle de certaines parties du projet à sa valorisation finale.

Cette approche méthodologique est, sur une durée plus courte, particulièrement appuyée et même formalisée dans le cadre de l'assemblage de l'imprimante. L'usage d'une nomenclature, la lecture de plan de montage, la compréhension d'un cahier des charges sont inmanquablement associés à une organisation interne qu'il a fallu élaborer avec les élèves (définir les tâches, se les répartir, les ordonnées dans le temps, se fabriquer des outils, des affichages pour coordonner d'une séance à une autre les responsabilités de chacun). Cette phase a aussi permis de mettre en lumière avec les élèves eux-mêmes les savoir-faire à devoir affiner au préalable, comme le fait de s'assurer de savoir coller le plus proprement et le plus précisément possible deux pièces de bois. Des séances d'arts plastiques ont donc été intégrées pour y répondre (s'entraîner à coller tout en créant une œuvre collective).

Cette approche et ces outils qui sont principalement des affichages évolutifs, ont retranscrit en temps réel, le degré d'avancement, les étapes à envisager. Ils ont donc naturellement induit la nécessité de faire des bilans de fin de séance, des échanges pour recadrer, pour modifier le planning ou pour redistribuer les rôles. Idem en début de séance, ils permettaient à tous de se remettre « les pendules à l'heure » pour être efficace ensuite dans son groupe.



La valorisation finale, que cela soit celle menée à l'école, où celle que nous avons pu développer au village des sciences ensuite, est une composante essentielle du développement du projet. Les élèves se confrontent à leur maîtrise de tout de processus de création du projet et pour certain en prennent là, la pleine mesure.



Déroulé du projet :

Conformément au règlement ce projet, ce projet est présenté sous une forme enrichie, ici il s'agit d'une présentation numérique et interactive.

Comment y accéder :

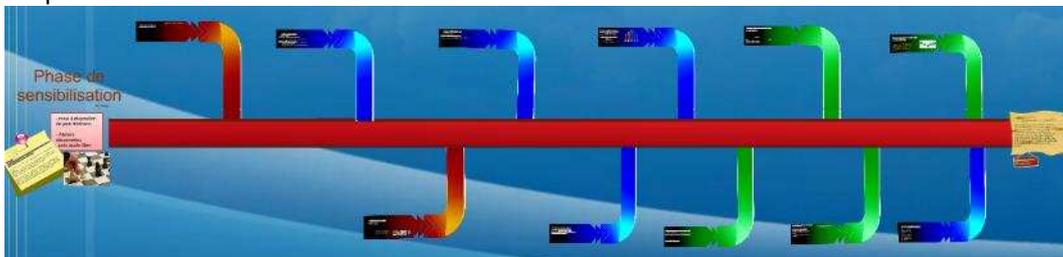
Il est en ligne à l'adresse :

<http://spiderwan.free.fr/projet-impression3D/index.html>

Il est aussi sous un format externalisé sur clef USB accompagnant ce dossier(programme exécutable).

Ce que montre notamment cette présentation :

↗ La structure globale traduisant une véritable méthodologie de projet avec une dimension transdisciplinaire.



↗ La description des étapes dégageant régulièrement le lien avec les programmes.

Mathématiques

Les programmes ? étape 02

Espace et géométrie

Une partie et des éléments du programme en relation avec les programmes de géométrie.

Favoriser la manipulation.

Les élèves apprennent à connaître l'organisation d'un environnement numérique, ils découvrent un système technique par ses composants.

Grandeurs et mesures

Comprendre, estimer, mesurer des grandeurs géométriques avec des nombres entiers et des fractions décimales (périodes), ainsi, volume, angle.

Utiliser le langage, les unités, les instruments de mesures spécifiques de ces grandeurs.

L'usage du numérique

Au service

- Des apprentissages en géométrie dans l'espace
- L'acquisition paléocyclique au art numérique
- La construction de réseaux avec les possibilités offertes par les outils.
- La maîtrise progressive de son environnement numérique
- La Manipulation et la modélisation de formes (géométrie, architecturale, musicale et matérielle à l'aide d'outils de modélisation numérique (Modélisme 3D etc.)

Divers outils ou modélisation déjà couramment utilisés :

Arts plastiques

Les programmes ? étape 03

La représentation plastique et les dispositifs de présentation

Travail d'esquisses préalables. Expression préalable d'intentions.

Les fabrications et la relation entre l'objet et l'espace

Développer en parallèle la pratique en deux ou en trois dimensions : Travail progressif de la 2D à la 3D.

Favoriser la présence de l'œuvre dans l'espace par le modelage, l'assemblage, la construction ; expérimenter des matériaux de transition.

Matériaux et objets techniques.

Les programmes ? étape 08

Pratiquer des démarches pour répondre à la problématique de départ.

S'engager dans un projet collectif implique ici de se familiariser avec des étapes clés dans la conception d'un projet technique.

Il va falloir se constituer des outils pour s'organiser et travailler à plusieurs.

La recherche expérimentale du matériau adéquate constituait aussi une première étape d'étude de faisabilité.

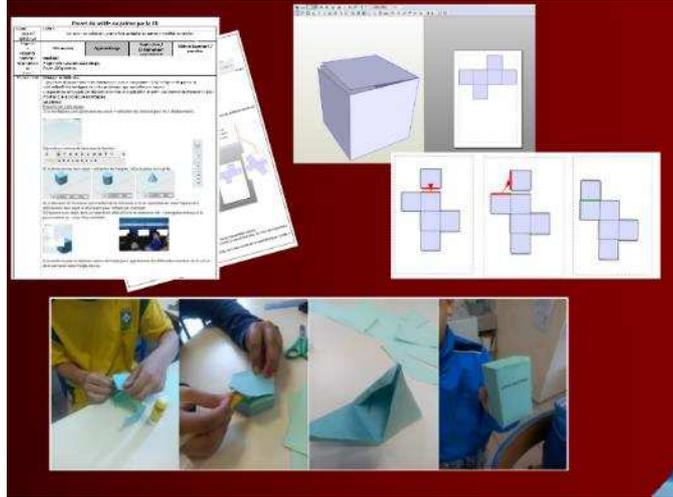
Il fut proposer des hypothèses, essayer, interpréter, conclure...

S'approprier des outils et des méthodes

Il y a avec l'argile un premier travail de choix du matériel adapté.

- Premières traces écrites des recherches : les croquis.
- S'organiser en groupe ; se mettre d'accord sur les choix définitifs.

🔗 Les productions des élèves étape par étape.



🏠 Des partenaires qui y ont contribué, de quelle façon et à quel moment.



Le fablab plascilab est le lieu où j'ai travaillé sur le prototype d'imprimante, principalement sur le versant pédagogique, en contrepartie le matériel a été mis à ma disposition pour réaliser cette première expérience en situation de classe. J'ai estampillé quelques documents que j'ai réalisés, du logo de l'association, pour que celle-ci en face profiter les enseignants qui souhaitent son soutien pour engager un projet similaire dans leur classe.

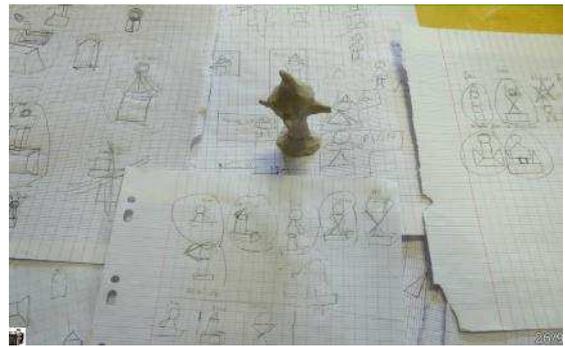
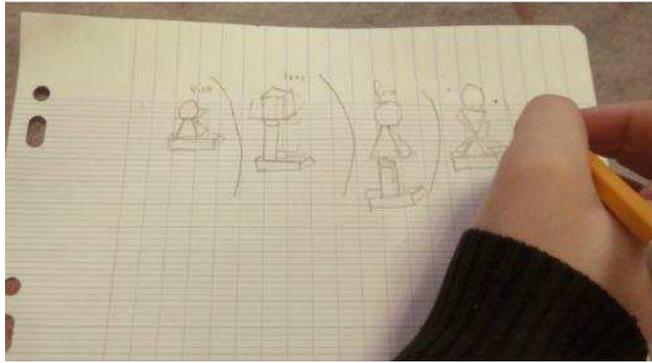


Sciences et Propriétés de la Matière
Chimie - Physique - Mécanique



Ces partenaires représentent les laboratoires et structures installés sur le campus scientifique de Rennes, qui nous ont accueillis le temps d'une matinée, pour nous faire découvrir les applications qu'ils parviennent à développer grâce à l'impression 3D.

➤ Des éléments illustrant la place des élèves dans les différents processus.



: Décritons nos pièces de jeu d'échecs en les décomposant :

Le roi

Elle doit se composer de nos pièces

Remarque :

Dimensions :

Hauteur : _____

Largeur : _____

Profondeur : _____

Hauteur : _____

Largeur : _____

Profondeur : _____

Hauteur : _____

Le roi

Elle doit se composer de nos pièces

Remarque :

Dimensions :

Hauteur : _____

Largeur : _____

Profondeur : _____

Hauteur : _____

Largeur : _____

Profondeur : _____

Hauteur : _____

D = diamètre (diameter) L = longueur (length)

l = largeur (width) h = hauteur (height)

Des détails sur le prototype d'imprimante réalisé et la place véritable des élèves dans son assemblage.



... seuls ou accompagnés de documents pédagogiques ou d'assistance humaine modérée ...

Ce que les élèves ont fait sur cette machine (organisation en petits groupes successifs)

le squelette bois

pose des moteurs

barres de guidage et courroies

pose des fins de course

roues dentées, coupleurs, poulies

visserie restante



Des éléments concernant les supports réalisés pour favoriser leur autonomie.



Le protocole de montage

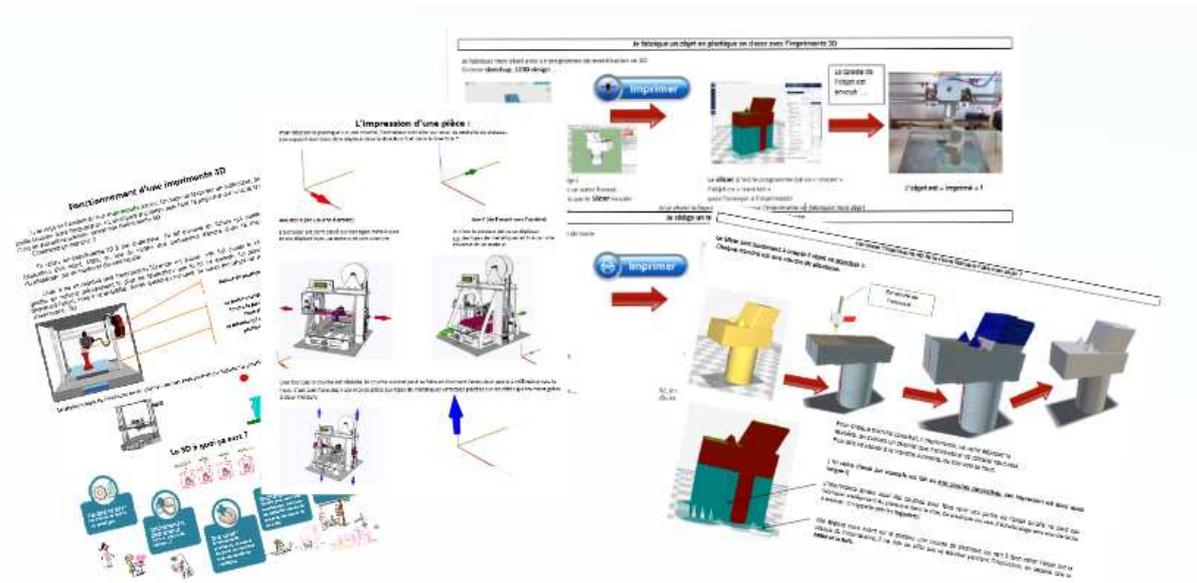
Fiche de synthèse : Identifier les principales évolutions du besoin et des objets

S'organiser pour construire l'imprimante :

Dans le cadre d'une réalisation d'un projet collectif, il faut organiser et planifier les différentes opérations de fabrication et d'assemblage.

Modules	Phase 01	Phase 02	Phase 03	Phase 04	Phase 05	Phase 06	Phase 07	Phase 08
A								
B								
C								
D								
E								
F 01								
F 02								
G 01								
G 02								
G 03								
G 04								
G 05								
Assemblage ABCD								
Assemblage ABCDEF								
Assemblage G 01 G 02 G 03								
Assemblage ABCDEFG								
H								
I								
Fixation barre Axe des Z								
Pose moteurs								
Pose courroies								
Prise fils de courroies								
Position carte cerveau								
Câblage carte cerveau								

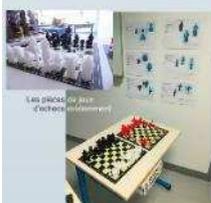
Le planning explique le déroulement de la réalisation d'un projet dans le temps.



Les éléments de la valorisation finale et de perspectives futures.



Comme toute démarche de projet, la valorisation finale est une composante importante, elle permet aux élèves entre autres de se réappropriier l'ensemble du projet qui s'est étalé sur l'année et pouvoir communiquer dessus avec leurs mots.



Eléments de bilan, points forts.

Le projet est arrivé à terme avec le réel plaisir, individuel et collectif, de la classe, d'avoir accompli un projet complet : fabriquer un objet issu de son imagination, en passant par la construction d'outil pour y parvenir.

Les élèves ont pris conscience des différentes étapes de réalisation d'un nouvel objet, du besoin exprimé au départ (devenu notre problématique), des différentes étapes pour le penser : il doit répondre à un désir d'esthétique, mais aussi à des contraintes à définir selon l'usage qui en sera fait ensuite, des apports extérieurs en termes d'invention, de savoir-faire qui permettent de le concevoir, jusqu'à enfin son utilisation réelle à la fin.

Tous les élèves se sont parfaitement impliqués, car ils ont progressivement pris des initiatives. La diversité des rôles à assumer permettaient une différenciation. Ils ont progressivement compris l'importance de toutes les séquences pour contribuer au projet. Ceci les a même conduit à en soumettre d'autres, comme une séquence en arts visuels par exemple, destinée à s'entraîner à savoir bien coller.

Evaluation :

Les évaluations classiques s'interrogeant sur leur maîtrise du sujet traité, furent enrichies de l'observation de leur implication dans les traces écrites de valorisation finale, dans leur implication lors des portes ouvertes où les élèves devaient prendre la parole pour expliquer les différentes étapes du projet. Il fut intéressant de voir certains élèves se réapproprier des séquences alors qu'ils n'en avaient pas tout à fait la conscience en les vivant au départ.

Ils ont principalement exprimé leur préférence sur les phases de recherche avec l'argile, et le montage de la machine.

Il est indéniable que la maîtrise des solides fut réellement renforcée et que le sens donné aux mesures, aux unités, à la notion d'échelle et de proportion fut mieux maîtrisé à l'issue du projet.

Eléments de remédiation, engagés au cours du projet :

Une conception erronée s'est installée chez certains élèves lors des premières impressions des pièces du jeu = une imprimante type est faite pour imprimer un type d'objet !

Ce qui fut engagé :

Recherche internet anticipée sur ce que l'on peut faire avec la 3D.

Impression anticipée de maisons réalisées sur les temps libres sur Sketchup par des élèves.

Montage d'une sortie de fin d'année à la faculté des sciences de Rennes pour aller à la rencontre de laboratoires et d'enseignants chercheurs utilisant la 3D dans leur activité professionnelle.



Éléments à revoir s'il y avait reconduite du projet :

Anticiper les étapes de départ pour laisser plus de temps à l'expérimentation dans la modélisation des objets avec des phases d'essais / d'erreurs plus longues.

Reconstruire une phase de sensibilisation puis faire émerger une problématique à partir d'un brainstorming alimenté par leurs manipulations libres des logiciels de modélisation et leurs recherches sur les applications de la 3D.

Conserver un élément fondamental qui est que **l'impression 3D n'est pas une finalité, mais doit rester un outil au service d'un questionnement, d'une préoccupation initiale.** Des pistes de travail "trans-niveau" et transdisciplinaires, vers la géographie notamment peuvent être ainsi impulsées plus facilement et plus naturellement.

La construction d'une méthodologie de projet dans le cadre de la réalisation d'un objet technologique collectif, implique la mise en place d'ateliers en parallèle au fur et à mesure que des élèves se retrouvent avec toutes leurs missions d'accomplies. Il y a certes la possibilité de monter des ateliers transversaux de nature très variée, mais dans mon cas, il me faut approfondir la mise en place d'ateliers intégrant encore un peu plus la production d'écrit.

Nécessité de renforcer la formalisation de façon plus rigoureuse avec des traces écrites utilisant le lexique spécifique, ou encore des ateliers faisant travailler encore davantage le passage de la 2d à la 3d en élargissant aussi le spectre des outils numériques mis à leur disposition.

Être plus sélectif sur les outils numériques privilégiés, il y en a beaucoup, et certains sont plus ou moins complémentaires les uns avec les autres. Par exemple 123D maker est cohérent avec papekura puis avec Sketchup pour la manière de se déplacer dans l'espace avec la souris, ce n'est pas négligeable pour retrouver ses repères et progresser rapidement.

Bien sélectionner pour Sketchup les plugins pertinents à préinstaller.

La visite avec les élèves d'un fablab m'invite à renforcer la dimension écocitoyenne, la sensibilisation aux mouvements Do It Yourself, la question des déchets



Les éléments de difficultés pour le maître :

Capacité à se projeter dans le temps et à engager un travail d'étude de faisabilité continue, notamment technique pour adapter l'évolution du projet à la façon qu'ont les élèves de percevoir progressivement chaque composantes du projet, surtout qu'ils devenaient progressivement plus autonomes, acteurs et force de proposition.

Les éléments de difficultés pour les élèves :

Prendre la distance nécessaire pour resituer cette aventure scientifique et technologique dans le schéma global de la fabrication d'un objet innovant aujourd'hui. Toutes les composantes y sont, mais la corrélation entre la théorie et la pratique nécessite pour certains une prise de distance pas encore très évidente.

Perspectives futures :

Le projet est reconduit et amélioré pour l'année 2017-2018.

Les évolutions sont à la fois le fruit de l'évaluation du projet présenté ici mais elles sont aussi animées par le fait d'avoir un 1/3 des élèves déjà dans ma classe l'année précédente et donc familier du projet. Je passe d'un CM1 à un CM1-CM2.

Développer une phase d'immersion pour faire naître une problématique plus ouverte dans un thème toujours à dominante scientifique mais propice à la créativité plastique et la production écrite (écriture poétique ou romancée en plus des écrits plus scientifiques et techniques).

Anticiper la prise de contacts avec des professionnels extérieurs pour les associer au projet. L'idée est que les élèves puissent produire le cahier des charges de ce qui sera modélisé et imprimé, mais en intégrant une réflexion scientifique construite sur des échanges par mails ou par des interviews par visio-conférence de spécialistes.

Améliorer la place de démarche expérimentale lors du travail de modélisation et surtout d'impression des pièces, intégrant mieux la question environnementale (déchet plastique, recyclage, lutte contre le gaspillage ...)

Les créations libres des élèves menées l'année dernière par les élèves à l'issue du projet de jeux d'échecs, me conduisent à anticiper des pistes de développement de projet autour de l'architecture.



A moyen / long terme, désir de croiser le projet avec des collègues du secondaire, et désir d'intégrer la 3D comme un outil à part entière en classe pour produire des objets utiles à la classe (réparer le terrarium, se fabriquer des gabarits en mathématiques, réparer un jeu pour les classe de maternelle, fabriquer des objets pour un autre projet artistique ou en sciences expérimentales Une fois cet univers de l'impression 3D rendu familier dans une école, les perspectives de valorisation et d'utilisation pédagogique deviennent gigantesques et là le vrai travail de développement d'une réflexion écocitoyenne est évident à terme.