

Léonard de Vinci, une pratique de référence pour l'enseignement de la technologie. Mais pour quelle transposition didactique ?

Christophe Le François

Les questions importantes sont bien souvent celles que nous n'arrivons pas encore à formuler.

Résumé

L'histoire des techniques est riche de personnalités intellectuelles qui ont contribué, par leurs recherches, à forger le monde construit dans lequel nous vivons. Ces recherches sont caractérisées par un ensemble de traits spécifiques que l'on peut observer dans les carnets des ingénieurs, comme ceux de Léonard de Vinci. Ce texte propose l'idée de conduire un enseignement de la technologie qui transpose les singularités de la recherche technologique réelle. Selon le projet de donner du sens aux apprentissages et de familiariser les élèves avec une forme de pensée singulière trop souvent marginalisée.

Mots clés

Enseignement de la technologie, démarche d'investigation, pratique de référence, transposition didactique, Léonard de Vinci, repère culturel

Les changements techniques en cours renouvellent en profondeur notre environnement social et culturel et provoquent aujourd'hui une coexistence de générations qui n'ont pas construit leurs représentations du monde à partir des mêmes univers. Les plus anciens d'entre nous sont nés à une époque où la télévision n'existait pas, tandis que les plus jeunes de nos élèves grandissent une machine à communiquer dans une main et une console de jeux dans l'autre. L'évolution de la discipline, depuis 1975, est l'expression indirecte de ces changements.

La question se pose alors de savoir sur quels éléments de référence stables s'appuyer pour conduire cet enseignement. En effet, qu'il y ait des changements induits par la technique n'est pas nouveau et découle d'une interaction amorcée il y a 2,5 millions d'années entre des hominidés et les objets qu'ils fabriquaient. Mais au delà des changements visibles il existe des traits fondamentaux qui caractérisent l'activité humaine en matière de recherche technique.

Nous pourrions le dire autrement en reprenant le vocabulaire didactique associé à la mise en place de la démarche d'investigation : à quelle(s) pratique(s) se référer et comment la (les) transposer dans nos classes.

La question portée par cette réflexion se résume donc ainsi : quel sens donner à cet enseignement, pour nous, enseignants et citoyens, mais aussi pour les élèves, à partir de quelles pratiques réelles et selon quelle pertinence ?

Contenu et méthode

Parmi les multiples exemples auxquels se référer, Léonard de Vinci constitue une figure tutélaire dans le domaine des techniques. Certains de ses carnets (Galluzi, 1995) forment un témoignage très concret des recherches qu'il a conduites à ce sujet. Leur observation permet de dégager des traits méthodologiques signifiants de ce qui peut caractériser la démarche de recherche technologique, traits que nous tenterons ensuite de transposer sous une forme didactique. Une opération engageant pour le coup des réflexions relatives à la nature des gestes professionnels des enseignants de

technologie.

Il faut préciser que, contrairement à une opinion répandue, Léonard de Vinci n'est pas un génie isolé au moment de la Renaissance. Des recherches historiques montrent qu'il est parfaitement intégré dans une époque où le développement des équipements matériels s'organise à partir de l'activité des ingénieurs. Son oeuvre est présentée comme l'aboutissement d'un processus continu de recherches conduites par une lignée de personnages dont on trouve les traces jusque dans l'antiquité. Au delà des inventions qui lui sont propres, son apport le plus novateur est d'avoir considéré la machine non comme un tout mais comme un assemblage de mécanismes, introduisant le principe de l'analyse fonctionnelle. Cet apport est aussi d'avoir inventé l'illustration scientifique et technologique moderne.

Des éléments caractéristiques de l'activité de recherche technologique

1- Dessiner et écrire pour réfléchir – Les traces d'une réflexion en train de se faire

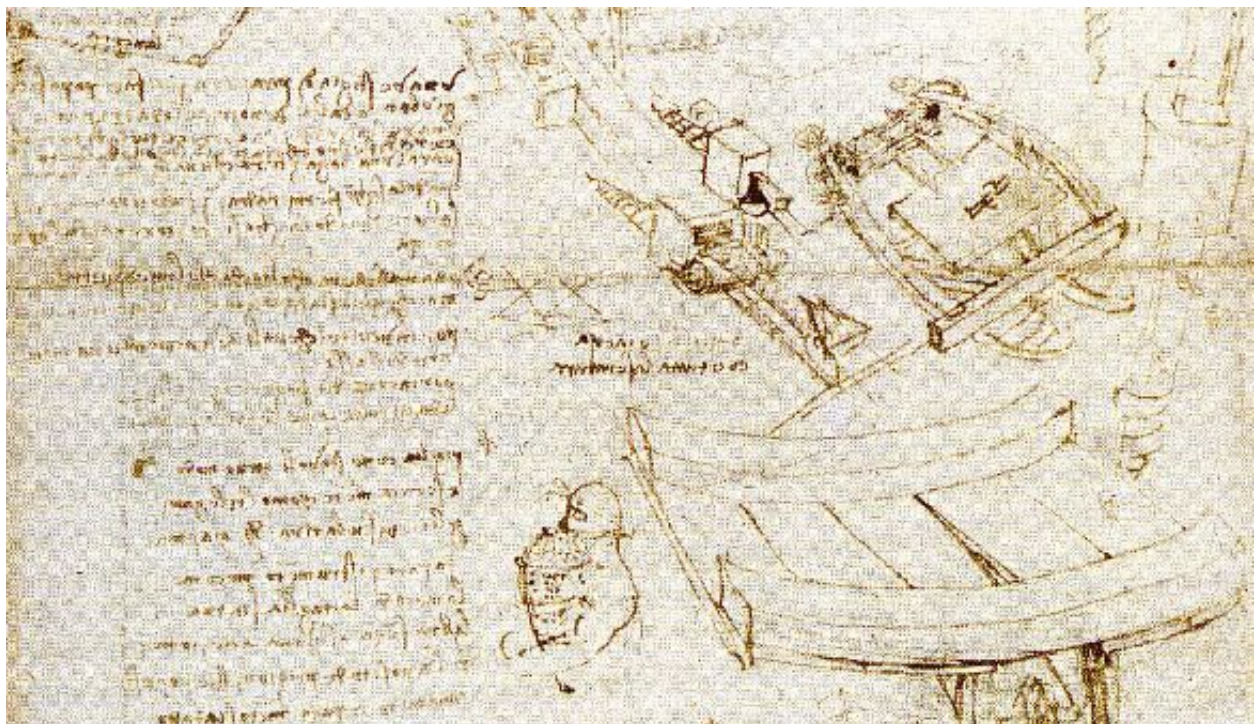


Illustration 1: Léonard de Vinci écrivait en miroir, d'où cette impression d'image inversée

En observant des notes de Léonard de Vinci (illustration 1), la première chose qui frappe concerne la nature des graphismes présents. Ils n'ont pas pour objectif de communiquer mais résultent d'une pensée qui est en train de se développer en dialogue avec des représentations constituées de schémas et de textes.

D'une manière générale ces cahiers ne présentent pas de recherches ordonnées, cohérentes et homogènes. Sur chaque page se développe un monde singulier organisé autour d'un questionnement associé à des réponses possibles (Galuzzi, 1995). Ces traces que nous observons nous installent dans l'intimité de réflexions en train de se faire chez un individu qui projette sa pensée sous la forme de dessins et de mots. Le carnet apparaît ainsi comme un soutien à l'organisation de la réflexion technologique à partir d'un désordre initial.

Quelle transposition didactique envisager ?

La question que l'on peut se poser est d'abord de savoir pourquoi introduire une production de traces de recherche par les élèves et ensuite de savoir quoi en faire.

Ce questionnement relatif à la production de traces de recherche par les élèves est récurrent dans les pédagogies qui s'appuient sur les démarches d'investigation. La réponse semble donnée pour partie par la pratique des chercheurs en technologie, en art ou encore en science (Welfé, 1998), qui développent un dialogue via le dessin et le texte inscrits sur des supports de recherche personnels. Ils tentent d'organiser un chaos, ils approfondissent des questionnements et formulent des réponses au sujet de problèmes posés, dans des situations qui s'apparentent à des situations d'apprentissage dans la mesure où, ce qui est découvert, ou inventé, complète les connaissances existantes et ouvre de nouvelles perspectives.

Une personne qui apprend en réfléchissant mobilise d'une manière similaire ses connaissances pour résoudre un problème et construire, par le biais des cheminements suivis, une nouvelle connaissance.

C'est le fait de mobiliser ses propres représentations par un questionnement qui nous intéresse ici, parce qu'il implique un processus de réorganisation des représentations existantes, et non pas seulement un processus d'extension par accumulation et juxtaposition successives.

Si l'on veut bien se placer dans la perspective d'une appropriation de la démarche de recherche réelle (une pratique de référence) mais aussi dans celle d'une construction des savoirs, transposer cette pratique observée chez Léonard de Vinci a du sens : apprendre à réaliser un schéma accompagné de texte pour dialoguer avec une idée permet d'acquérir un outil puissant pour modéliser des questionnements et formuler des hypothèses (illustration 2).

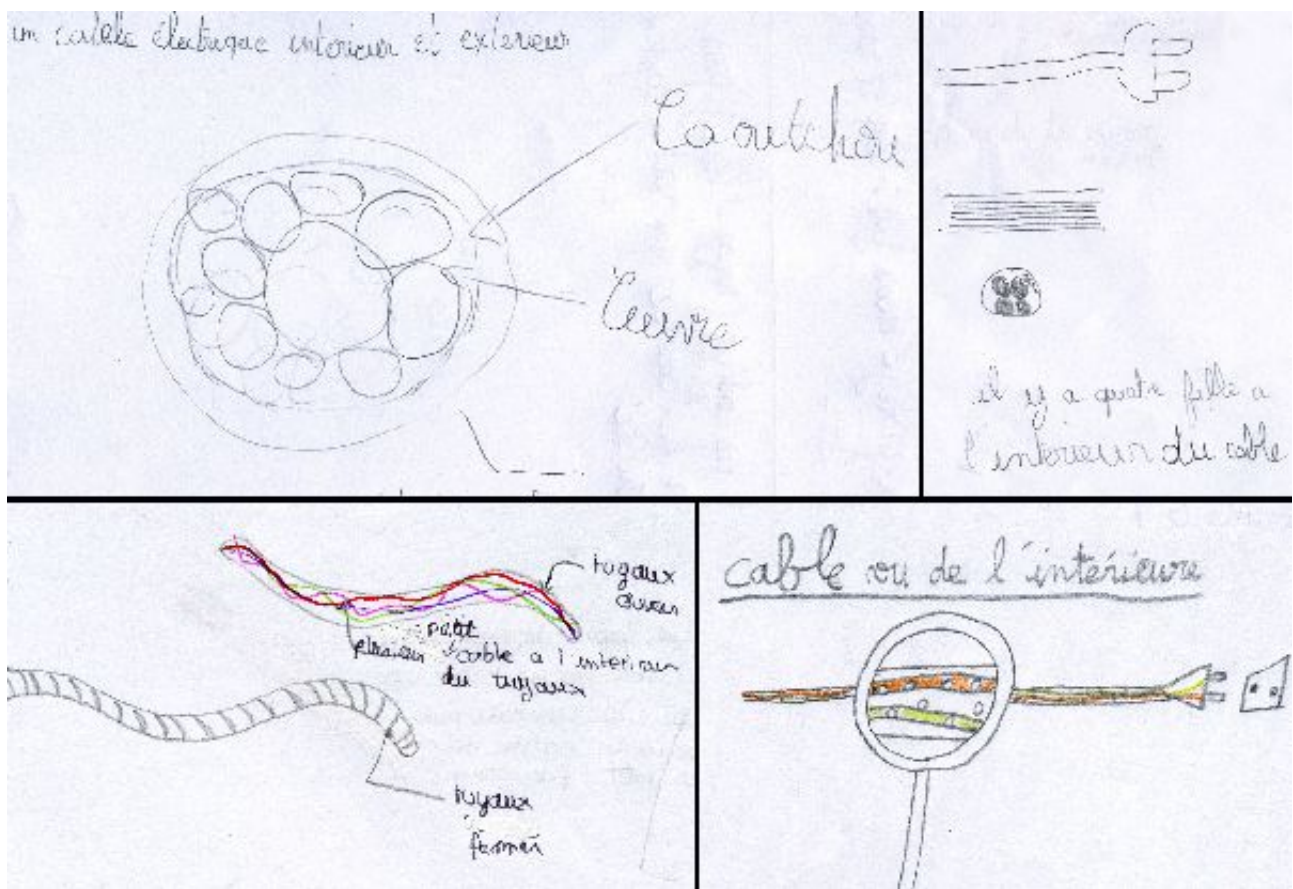


Illustration 2 : traces de recherches d'élèves à qui on demande d'imaginer comment est fait l'intérieur d'un câble électrique. Dans un premier temps ils puisent dans leurs représentations sans accès à des ressources extérieures pour formuler des hypothèses. Dans un second temps ils les vérifieront par l'observation d'un échantillon et relanceront des questionnements par exemple au sujet de la fonction de ces matériaux.

Une seconde question concerne la gestion des traces des recherches personnelles produites par les

élèves. Si les adultes conservent habituellement leurs propres traces de recherche, parce qu'elles constituent des ressources à long terme, les élèves ont tendance à n'y accorder que peu d'importance et les considèrent comme des brouillons sans intérêt. Ce sentiment est généralement renforcé par les enseignants eux-mêmes qui focalisent leur intérêt sur les documents formalisés ou mis au propre. Qu'il s'agisse de recueil de représentations ou encore d'une première exploration d'un problème donné, l'enseignant peut valoriser ces recherches qui seront archivées dans le dossier de travail de l'élève, pensé tel un portfolio comportant des éléments de différentes natures : traces de recherches personnelles, traces de recherches collectives, éléments de synthèses, documentation. Quel support utiliser pour ces écritures et ces dessins ? Les nouvelles technologies sont sans doute utilisables, mais un problème demeure quant à la possibilité de réaliser simplement des graphismes, condition indispensable pour favoriser le travail des élèves. A moins de disposer de tablettes graphiques dans la classe dont l'usage serait maîtrisé par tous, on voit mal comment se passer totalement du support papier aujourd'hui (cela changera avec les tablettes numériques et l'informatique en nuage).

2- Un imaginaire technologique

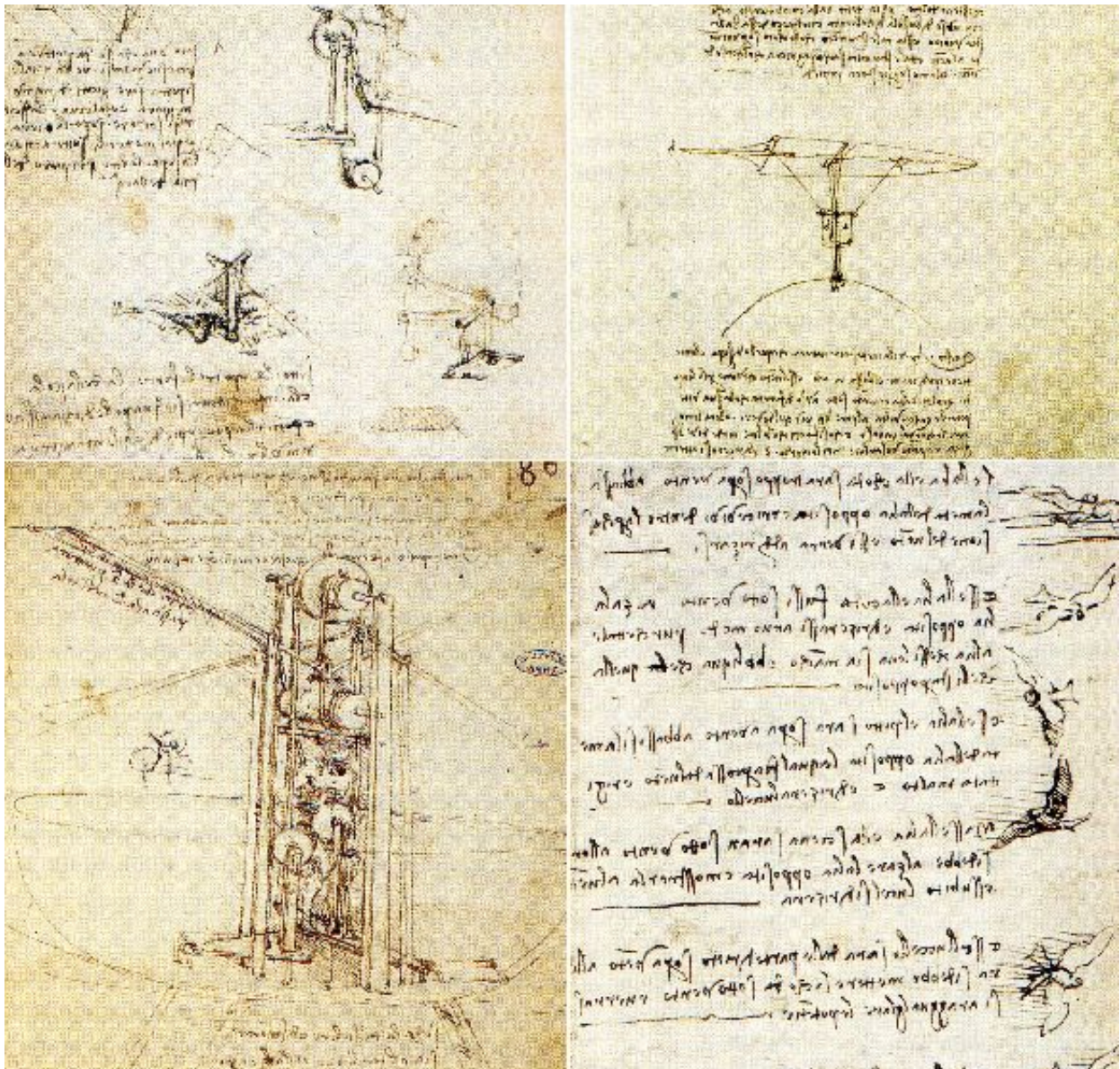


Illustration 3 : Léonard de Vinci cherche des solutions pour construire une machine volante. Dans un premier temps il part de l'idée d'imiter le battement des ailes des oiseaux. En étudiant leur anatomie il va se rendre compte que le rapport établi entre l'envergure de la machine volante et la masse globale du corps d'un homme et de l'objet (schéma en bas à gauche) est disproportionné lorsqu'on le compare au rapport de l'envergure d'un oiseau et de sa masse. Il en déduira qu'utiliser le principe des battements d'ailes n'est pas pertinent et il envisagera alors le principe des ailes volantes (schéma en haut à droite).

A côté du développement d'une pensée rationnelle et pragmatique, chacun peut observer les traces de rêveries sous la forme de recherches utopiques pour l'époque : essayer de voler comme les oiseaux (illustration 3) ou encore tenter de vivre sous l'eau comme les poissons (illustration 1).

L'imaginaire technologique n'est pas réservé à Léonard de Vinci. C'est un trait de la culture humaine qui nous mobilise en continu. En cherchant à tracer historiquement le rêve de voler comme un oiseau, nous réactivons le mythe d'Icare ou encore le souvenir selon lequel *Archytas* aurait réalisé une colombe en bois capable de voler seule ; nous pensons aux frères Montgolfier, à Clément Ader ou encore à Santos-Dumont. L'imaginaire technologique conduit à peupler notre monde de choses réelles inimaginables en d'autres temps et à faire apparaître des lignées techniques (Deforge, 1993). Il s'exprime aujourd'hui sans discontinuer à travers le cinéma, la littérature ou encore les jeux vidéos, avec ce qu'il est convenu d'appeler la science fiction, que l'on devrait d'ailleurs appeler technologie fiction.

Quelle transposition didactique ?

Deux pistes sont possibles :

- ⤴ Entraîner les élèves à imaginer des solutions pour des problèmes complexes afin de développer leur créativité, apprendre à formuler et à confronter des idées, chercher à anticiper le monde de demain. Par exemple essayer d'imaginer de nouveaux moyens de transport individuel et confronter les rêves des élèves avec des recherches actuelles en cours : des entreprises élaborent des solutions qui combinent la technologie des hélicoptères et celles des drones, tandis que l'Union Européenne commence à anticiper leur apparition en préparant des règles pour réguler l'espace aérien (Marks, 2011). Et puis essayer d'imaginer de nouveaux transports collectifs...
- ⤴ Apprendre à repérer les modèles technologiques utilisés dans le cinéma, les jeux vidéos ou la littérature, dans le cadre de projets pluridisciplinaires conduits en relation avec les collègues d'arts visuels ou de français.

3- Rechercher des principes techniques élémentaires et découvrir quoi en faire dans le monde réel

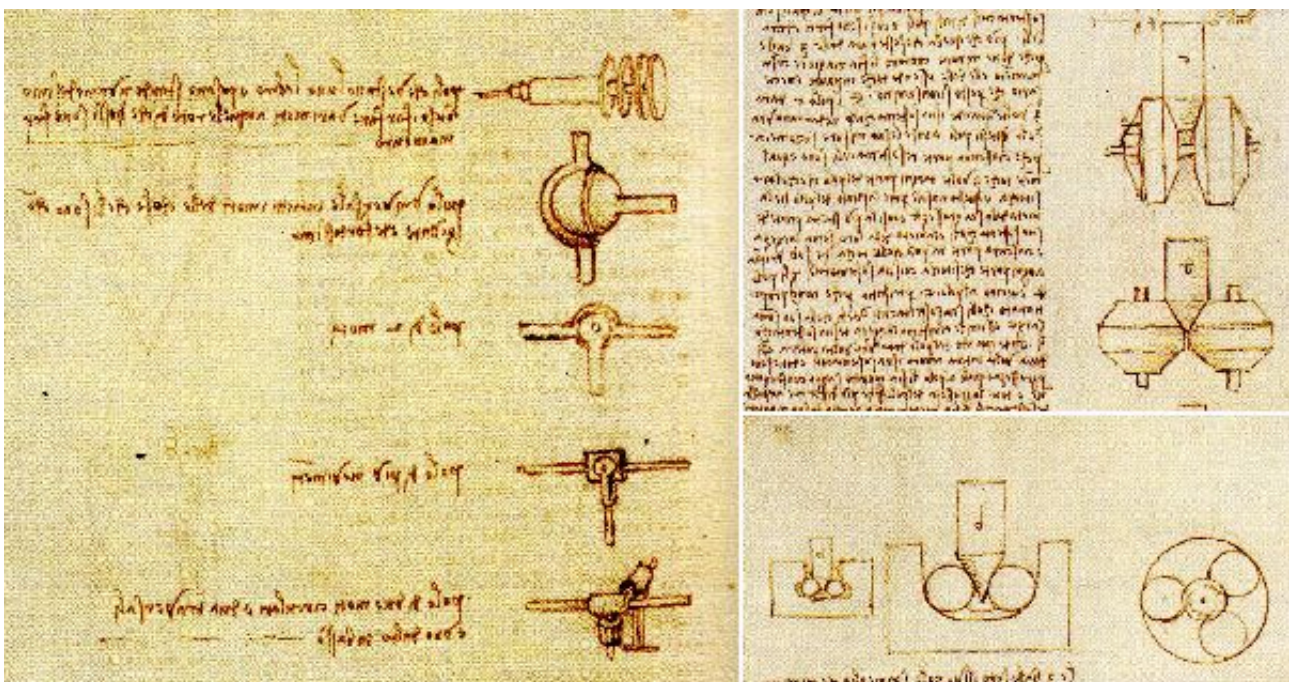


Illustration 4 : Léonard de Vinci dresse un répertoire de fonctions mécaniques, en cherchant, analysant et comparant différentes solutions techniques.

LDV conduira ses recherches mécaniques en prenant deux attitudes successives. Il se comporte d'abord comme les ingénieurs de son époque qui réalisent des machines plus ou moins complexes pour répondre à des besoins définis.

Dans un second temps, il cherche à établir un répertoire de principes techniques combinables à l'infini. Pour cela il explore rationnellement l'usage de configurations techniques élémentaires pour en dégager les intérêts. De technicien LDV devient technologue. Avec cette méthode d'analyse il anticipe de 3 siècles la naissance des ingénieurs modernes. Il envisage la réalisation d'un traité regroupant ses travaux mais qui ne restera qu'à l'état d'ébauche.

Quelle transposition didactique ?

Si l'on reprend l'idée selon laquelle le monde artificiel est construit à partir de principes élémentaires combinés, deux pistes de travail sont envisageables :

- ▲ apprendre à rechercher des principes techniques élémentaires à partir de situations problèmes et de problèmes ouverts (illustration 5),
- ▲ apprendre à observer le monde environnant pour repérer les principes techniques élémentaires mis en oeuvre ; on vérifie si le principe découvert et formalisé est utilisé dans l'environnement (illustration 5),
- ▲ apprendre à réaliser des structures combinant des principes élémentaires (illustration 6).

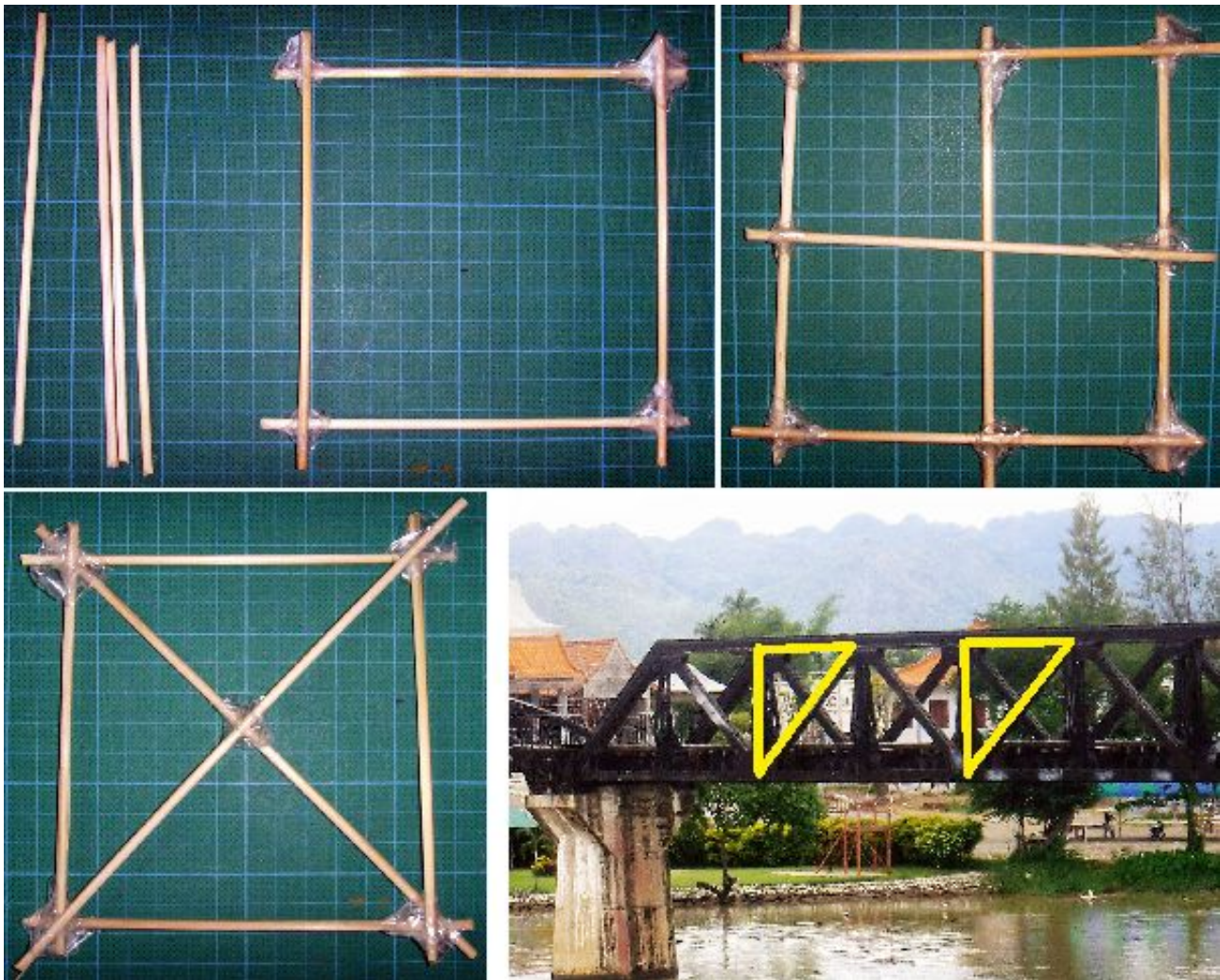


Illustration 5 : des baguettes sont fournies aux élèves qui doivent fabriquer un carré ; le carré fabriqué est déformable (en haut à gauche) ; on demande alors aux élèves de trouver un moyen pour le rendre indéformable (en haut à droite et en bas à gauche) ; la solution la plus efficace fait apparaître des formes géométriques triangulaires (en bas à gauche) ; on demande alors aux élèves d'analyser des structures en repérant si le principe en question est utilisé (en bas à droite).

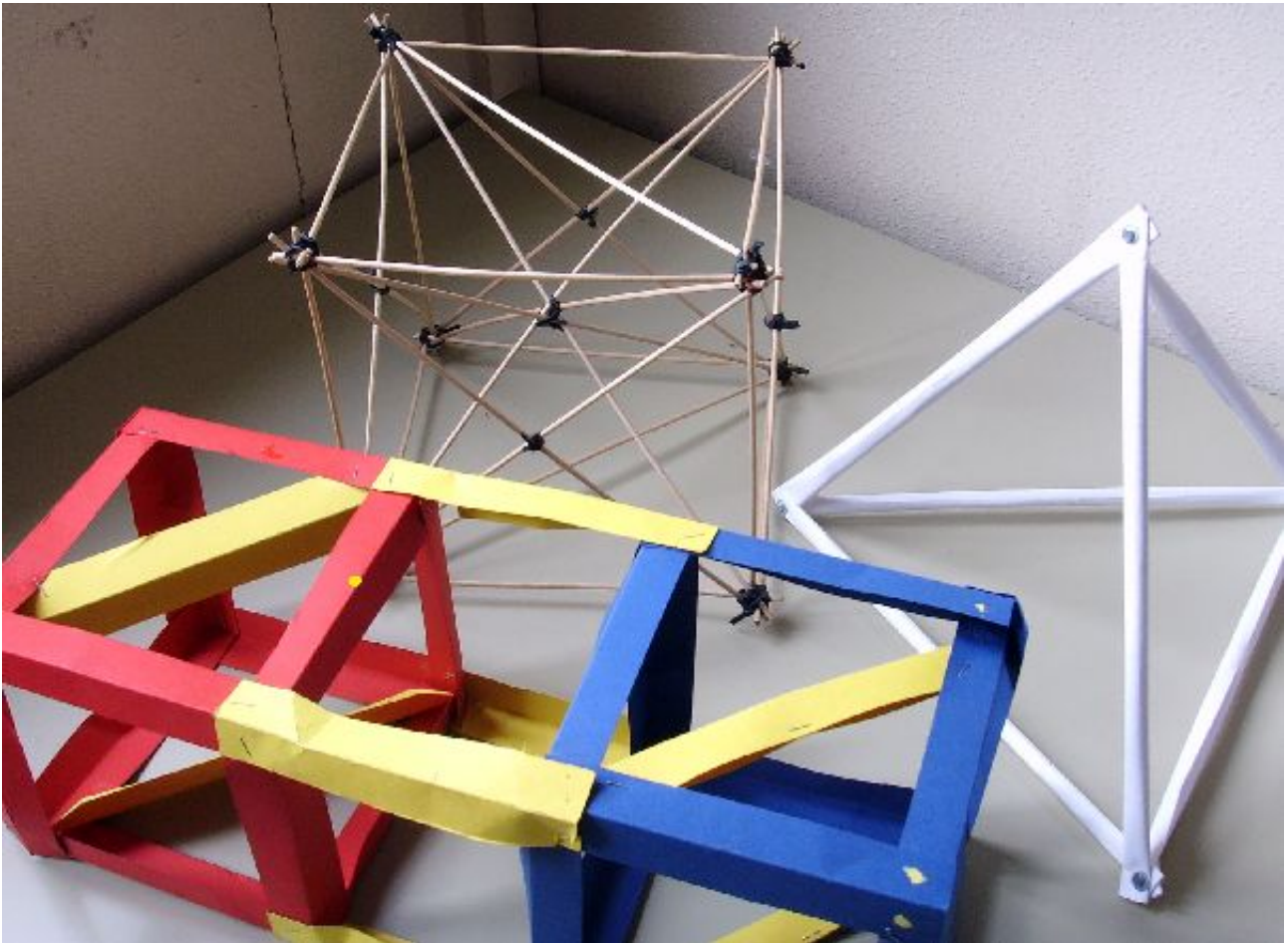


Illustration 6 : l'investigation a permis de découvrir un principe et de constater par une observation de l'environnement qu'il était utilisé (illustration 5). Le problème qui suit maintenant est d'utiliser ce principe pour réaliser la maquette d'une structure.

4- Réfléchir aux implications sociales, économiques et culturelles des usages la technique

LDV écrit beaucoup et commente ses recherches et ses observations. Il ne s'agit pas seulement de préoccupations techniques ou scientifiques, mais également de considérations philosophiques. Il dira par exemple garder secret le système pour respirer sous l'eau de crainte qu'il ne soit employé comme instrument de mort (Galuzzi, 1995).

Ce qui est en jeu, au travers de cette réflexion, concerne l'impact réel ou potentiel de la technique sur notre environnement. Les questions actuelles relatives à l'environnement ont toutes trait à cet usage de la technique, qu'il s'agisse des matières premières, de l'énergie, des déchets, des OGM, du clonage ou encore des technologies médicales. Elles portent en elles une dimension éthique. Par exemple, les nouvelles technologies nous donnent de l'autonomie et de la liberté de communication d'un côté, elles renforcent de l'autre les possibilités de contrôle des personnes et de marchandisation de la culture ; c'est ainsi que se développent des usines à contenus (Basen, 2011) comme l'entreprise Demand Media qui inonde le web de piètres contenus en s'appuyant sur les référencement Google afin de diriger des flux d'utilisateurs vers les annonceurs qui la rétribuent en retour (en réaction, Blekko.com, nouveau moteur de recherche encore en version bêta propose un référencement hybride mi-classique, mi-collaboratif pour faire plonger au fond des référencement ce type de contenu).

Quelle transposition didactique ?

Tous les parents ont entendu des remarques de leurs propres enfants relatives aux économies d'eau et d'énergie à la maison, cela parce que les enseignants du primaire développent des activités d'apprentissage à ce sujet qui résonnent avec l'actualité. D'une manière générale nos élèves sont

sensibles aux questions de la pollution, de la justice et de la solidarité.

Une transposition est possible : apprendre à réfléchir à des questions d'actualité relatives à l'usage social des technologies et en relation avec les programmes. Il est ainsi possible de mener des investigations documentaires en utilisant des extraits de la presse pour les enfants comme "mon quotidien", "l'actu", "okapi" ou "phosphore" où l'on présente très régulièrement des sujets d'actualité en prise avec des questions technologiques.

CONCLUSION

Deux formes d'activité constituent le socle de la recherche technologique : analyser des objets et en inventer d'autres. La pratique de Léonard de Vinci s'organise autour de ces deux aspects.

Parmi les différents traits méthodologiques repérables quatre ont été signalés :

- ▲ dessiner et écrire pour réfléchir,
- ▲ imaginer/rêver des objets,
- ▲ découvrir des principes élémentaires et les combiner dans des structures complexes,
- ▲ réfléchir à l'impact de la technique, ou des modèles techniques, sur notre environnement social, culturel et matériel.

Deux autres n'ont pas été évoqués :

- ▲ se nourrir des recherches existantes et de l'expérience des plus expérimentés que soi (pendant la première partie de son existence LDV va abondamment étudier toutes les formes mécaniques présentes dans son environnement),
- ▲ faire usage de modèles technologiques pour expliquer des phénomènes dans d'autres domaines (par exemple LDV tente d'expliquer le fonctionnement du coeur humain en reprenant le principe des fours, selon l'idée que c'est le coeur qui produirait la chaleur du corps).

Ces éléments se combinent pour constituer la forme de recherche de LDV. Elle n'est pas transposable d'un bloc bien entendu mais s'y référer pour transposer, point par point et dans des activités ciblées, ses caractères les plus significatifs, nous permettrait de familiariser progressivement les élèves avec la réalité de l'activité du chercheur en technologie, tout en leur fournissant des repères culturels valorisés.

Pour finir, lorsque un élève arrive au collège en 6e, il s'est familiarisé avec sa langue grâce à 8 années de formation scolaire (de la petite section au cm2) par des apprentissages qui lui ont permis d'acquérir un vocabulaire et une connaissance de la grammaire et de la syntaxe, pour lire, écrire, s'exprimer oralement et comprendre des textes. De la même manière, cet élève dispose de connaissances en mathématiques. Qu'en est-il en ce qui concerne la technologie ? On peut le regretter mais à ce jour nos élèves de 6eme sont pour ainsi dire analphabètes en la matière. Dès lors il convient d'être modeste et ambitieux à la fois. Modeste parce que l'apprentissage d'un vocabulaire et d'une grammaire technologiques, ainsi que la familiarisation avec des méthodes de recherche et de production, vont nécessiter plusieurs années. Ambitieux parce que les élèves ont de vrais questionnements et parce les enjeux sont considérables, notre objectif étant d'intégrer dans la culture de chaque élève les connaissances technologiques qui leur permettront de se conduire en citoyens éclairés.

Intervention réalisée dans le cadre du Colloque 2011 de l'ASSETEC au Musée des Arts et Métiers.
Publié dans le bulletin de l'ASSETEC, dernier trimestre 2012

Toutes les reproductions des carnets de Léonard de Vinci sont reprises du catalogue : Les ingénieurs de la Renaissance, de Brunelleschi à Léonard de Vinci (GALLUZI, 1995).

Merci à Patricia d'Isola, professeure de technologie au collège Marcel Pagnol de Saint-Ouen l'Aumône, pour le prêt de productions de ses élèves.

Photographies : Christophe Le François

BASEN I. (2001). La machine à pondre des articles. Courrier International n° 1091, septembre 2011.

CHEVALLARD Y. (1985) La transposition didactique. Grenoble : La Pensée Sauvage. (nouvelle édition augmentée de "Un exemple de la transposition didactique" avec M.-A. Johsua).

DEFORGES Y. (1993). De l'éducation technologique à la culture technique. Paris : ESF.

JACOMY B. (1990). Une histoire des techniques. Paris : Seuil.

GALLUZI, P. (1995). Les ingénieurs de la Renaissance, de Brunelleschi à Léonard de Vinci. Paris : Cité des Sciences et de l'Industrie.

GILLES B. (1978). Histoire des techniques. Paris : Gallimard.

GILLES B. (1980). Les mécaniciens grecs : la naissance de la technologie. Paris : Seuil.

LEBEAUME, J. & MARTINAND, J.-L. (coord.) (1998) Enseigner la technologie au collège. Paris : Hachette. 334 p.

MARKS P. (2011). Ces fous volants dans leurs drôles de machines. Courrier International n° 1089, septembre 2011.

ULLRICH H. et KLANTE D. (1973). Initiation technologique, de la maternelle à l'école élémentaire. Paris : MDI pour la version française (1986)

WELFELE O. (1998). Organiser le désordre : usages du cahier de laboratoire en physique contemporaine. L'écrit en sciences, Alliage n° 37-38. <http://www.tribunes.com/tribune/alliage/37-38/welfele.htm>