

Le bricolage en projet, vers des salles de créativité scientifique

Exemple d'un projet qui dure !

Pierre BONTON¹ et Lounis ADOUANE²

Mèl : Pierre.Bonton@univ-bpclermont.fr Lounis.Adouane@univ-bpclermont.fr

1 Université Blaise Pascal – Département de physique – LASMEA UMR 6602 CNRS

2 Université Blaise Pascal – Polytech' Clermont-Ferrand – LASMEA UMR 6602 CNRS
63177 Aubière, France

RESUME : L'intérêt de bricoler dans les disciplines scientifiques et technologiques est sans doute essentiel. Le bricolage est, peut-être, la première étape au cours de la conception d'un nouveau projet. Dans la réalisation finale d'un produit, il rentre des notions de rigueur et surtout de robustesse et de standardisation où est exclu tout ce qui n'est pas normalisé. Il demeure néanmoins qu'à l'origine d'un projet, on se cherche, on tâtonne, on essaie, on se plante, on réessaie... on bricole quoi ! L'exemple choisi dans cet article concerne la mise en œuvre sur plusieurs années d'un robot dénommé « Petit Poucet ». Plus que le projet lui-même, nous voulons montrer les problèmes liés à la continuité d'un projet d'un groupe d'étudiants à un autre.

Après une introduction à propos de ceux qui disent « bricoler », l'exemple sera développé. Il concerne l'étude d'un robot qui sème des cailloux comme le Petit Poucet. Ce projet a été développé par des étudiants en master d'électronique, de mécatronique et dans une école d'ingénieur (Polytech) à Clermont-Ferrand. C'est un projet qui a duré quelques années (5 ans). C'est sans doute un projet comme beaucoup d'autres. Ce que nous voulons développer ici est le passage de témoin entre équipes : comment d'une année sur l'autre les étudiants s'approprient les travaux précédents ? Un projet scientifique ou technologique à l'université possède la même façon de faire « qu'une conduite de projet », au sens industriel du terme. Et, dans la première étape, celle de la naissance et de la conception même du projet, nous bricolons toutes et tous. Claude Lévi-Strauss dans « La pensée sauvage » [1] oppose l'ingénieur qui se définit par son projet et le bricoleur qui crée avec les moyens du bord. Doit-on évoluer de la bricole vers la rigueur ? La définition du « bricolage » s'affinera dans le corpus de ce texte !

Mots clés : Robotique, Vision, Conception Assistée par Ordinateur, Bricolage, Continuité d'un projet.

1 INTRODUCTION : ILS BRICOLENT ! [2]

Au moyen âge « bricola » était en Italie une machine de guerre. Au XVI^{ème} siècle, le vocable bricoleur était employé pour signifier une « marche hésitante ». Au XVII^{ème} il avait un sens érotique analogue à « bagatelle ». Au XVIII^{ème}, il est employé pour désigner un chien qui ne suit pas droit la piste. Au milieu du XIX^{ème} il correspond à celui qui se livre à un travail technique sans connaissances techniques. C'est en 1926 que le terme « bricolage » est attesté et a eu la signification moderne actuelle. C'est-à-dire : faire avec les moyens du bord, réparer et aménager de ses propres mains.

Sans doute, les démarches de l'ingénieur et du bricoleur apparemment s'opposent. Mais déjà Lévi-Strauss convenait que cette différence n'était pas aussi absolue. La pensée mythique (cette bricoleuse) et la pensée domestiquée de l'ingénieur sont deux démarches également valides [1]. Mais, avant de réfléchir sur « notre monde bricolé », nous avons interrogé des doctorants à propos de l'influence du bricolage sur leurs travaux de recherche.

Voici quelques unes de leurs réponses :

« Je bricole car je ne calcule pas ce que je vais faire. »

« Je bidouille souvent dans mon coin. »

« Quand le protocole ne marche pas, je bricole. »

« Les appareils ne sont pas assez sophistiqués, alors on se débrouille. »

« Je bricole 100 % du temps. »

« Bricoler c'est jouer avec l'imprévisible. »

« C'est en bricolant que j'apprends, c'est mon auto formation. »

« Voila 6 mois que j'ai commencé ma thèse et 6 mois que je bricole... »

Leurs réflexions « à chaud » montrent la part importante donnée à la bricole dans leur recherche. Ils sont doctorants en robotique, informatique et biologie. Ils sont inscrits en première ou deuxième année de thèse. Chaque réponse demanderait sans doute un développement propre et approfondi. Mais, déjà elles se suffisent à elle-même et elles montrent toute la part donnée à la « bricole » pour des chercheurs... d'idées. En sciences, essentiellement en master, nous travaillons beaucoup sous la forme de projets. Les étudiants ont un, deux ou trois mois, suivant le niveau de leurs études, pour étudier et réaliser un système¹. Ils sont assez libres et étudient dans des salles que nous qualifierions de « créativité ». En général, ils ont à leur

¹ Le mot « système » est ici pris au sens automatique du terme, c'est-à-dire il forme un tout avec des conditions initiales, nulles par exemple un robot. Le système obéit à des consignes qu'il doit suivre au mieux. Des perturbations voire des bruits peuvent brouiller son fonctionnement. D'où l'intérêt de travailler en boucle fermée, c'est-à-dire « asservir » le système, pour réduire le plus possible l'influence de ces perturbations sur le fonctionnement du système.

disposition des ordinateurs et quelques appareils de mesures. La réalisation se fait en collaboration avec les ateliers de mécanique ou d'électronique de l'université. Là encore, le bricolage est d'actualité. Doit-on associer ce mot au développement de l'imaginaire ? Imaginer technologiquement et réaliser, dans un environnement où tout n'est pas prévu, font appel à la « bidouille ». Dans une entreprise où, la plupart du temps, tout est normé, codifié, les objectifs sont clairs, les procédures établies, les objets bien définis et la place donnée au bricolage est alors très limitée ; du moins quand le produit est en phase de réalisation. Ce qui ne veut pas dire, même dans cette phase, que la créativité n'existe pas dans l'industrie et heureusement ! Dans nos universités, sans doute les pressions sont moins fortes (du moins pour l'instant) ; aussi nos projets scientifiques ou technologiques sont souvent sous-tendus par des techniques types « essais/erreurs ». Ils font appel à un esprit qui met en jeu une combinaison entre la rigueur normative et le bricolage.

Le projet robotique intitulé « Le Petit Poucet » qui rendra compte de l'apport du bricolage dans la conception et la réalisation d'une application à partir d'une idée claire mais avec des objectifs qui ne le sont pas forcément. Sans doute au cours de la reprise du projet par d'autres étudiants, l'aspect créativité fera place au pragmatisme « ça doit marcher ! ». Naturellement, dans nos projets nous utilisons des outils « standard » plus ou moins évolués. L'étudiant choisit un logiciel, des composants électroniques, des solutions mécaniques déjà largement testées et utilisées... L'addition de tous ces éléments existants peut quelquefois s'apparenter à un « jeu de construction » ; mais plus souvent ils sont utilisés comme apport d'une idée créatrice. La différence est importante : dans le premier cas on utilise une bibliothèque pour construire en fonction de ce qui existe, dans le deuxième cas on crée et on cherche si dans la bibliothèque il existe des préceptes pour nous aider. C'est naturellement la création, suivie de la recherche, qui nous intéresse ici. Souvent dans des applications pragmatiques, il est plus rentable et plus rapide d'utiliser ce qui est en magasin ; c'est le cas dans le milieu industriel au risque d'annihiler l'imaginaire. Au contraire, dans un travail de recherche, on favorise le développement d'idées, donc du bricolage, au risque d'être moins performant. La performance au sens « ça marche » arrive après.

2 LE « PETIT POUCKET »

Ce projet n'a pas de finalité, il ne sert à rien ! C'est, peut-être, pour ça qu'il est essentiel ! C'est, sans doute, pour ça qu'il faut que les étudiants se débrouillent ! C'est, de fait, une créativité à part entière dans la première phase. L'idée est de fabriquer

un petit poucet robotisé. Le robot se perd en évitant les obstacles, à l'aide d'une caméra, et sème des petits cailloux. Il doit retrouver par la suite son chemin en détectant les cailloux semés (toujours grâce à la caméra) qui constitueront les points clés de la trajectoire retour du robot. Durant cette phase, le robot devra ramasser les petits cailloux.

Le robot représenté en Fig. 1 a été acheté à une société puis a été bricolé pour répondre à l'histoire du Petit Poucet. C'est-à-dire, se perdre en évitant les obstacles et envoyer des ordres à la remorque pour semer des petits cailloux. La remorque a été entièrement étudiée et réalisée par les étudiants. Ils disposent, pour cela, d'un logiciel de CAO (Conception Assistée par Ordinateur) pour la dessiner (Fig. 2). Ici, ils doivent développer leur imaginaire et donc leur créativité. Même si l'outil CAO de conception est évolué, le choix des matériaux et la mise en espace leurs sont propres et souvent ils bricolent.

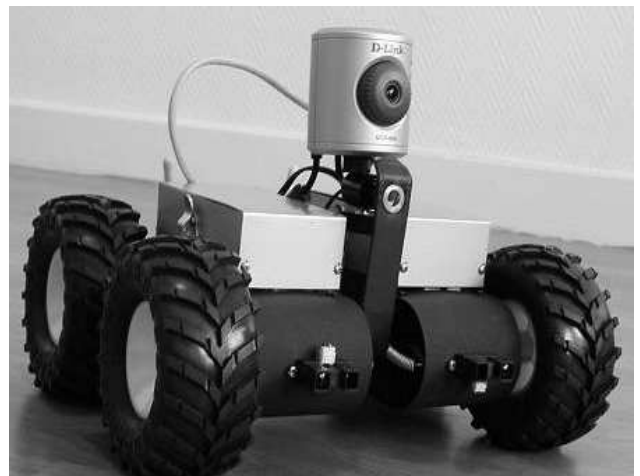


Fig. 1 : Le robot avec sa caméra

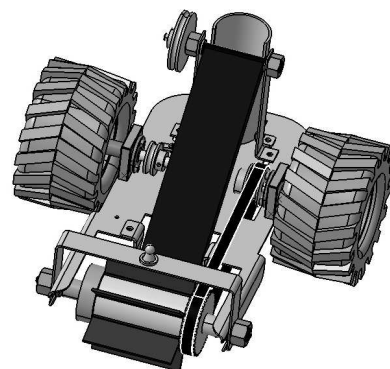


Fig. 2 : Dessin de la remorque : Conception Assistée par Ordinateur avec le logiciel CATIA

Ils essaient et simulent leurs idées. Ils modifient et simulent de nouveau avant de fabriquer. Un exemple de solution innovante concerne le fait de semer des petits cailloux (ici des palets) par la remorque, pour que le robot puisse les reconnaître et les ramasser à son retour. La fonction distribution doit permettre de semer des palets à intervalles réguliers. Pour ce faire il a été retenu une solution technologiquement nouvelle, qui associe l'électronique et un matériau novateur. L'objectif est de distribuer des palets de façon complètement autonome. L'utilisation d'un matériau dit AMF (Alliage à Mémoire de Forme) a été choisi : le Flexinol (nom commercial). C'est un alliage à base de nickel et de titane. Il a la particularité de « changer d'état » en fonction de sa température. Dans notre application le fil en AMF, au départ détendu, sera chauffé par le courant électrique le traversant, ceci fera augmenter sa température par effet Joule qui lui permettra ainsi de retrouver sa forme apprise (d'où la notion de mémoire de forme). Il actionnera alors un système mécanique qui fera tomber un palet. Une fois non alimenté électriquement, il reprendra sa forme détendue.

3 LE PASSAGE DE TEMOIN

Il est clair que le robot acheté correspond à un cahier des charges précis. Nous en avons acheté plusieurs et ils doivent être interchangeables. Malheureusement, ou heureusement en fait, nous avons acheté des robots à des périodes différentes. La version avait évolué et nous avons eu des difficultés pour réaliser l'interchangeabilité. Qui n'a pas été confronté un jour à des versions différentes de logiciels qui tout d'un coup ne lisent plus nos anciens fichiers ? Intervient alors un « ras le bol » contre ces bricoleurs informaticiens qui ne voient que l'évolution du produit et non pas son adaptation. Ce mot « bricole » est donc apparemment à double sens. Nous avons choisi, dans ce papier, le sens positif du terme. Dans l'exemple de l'évolution des versions, c'est plus un manque de réflexion ou une impossibilité de faire que d'insinuer le bricolage ; enfin peut-être !

Souvent dans le monde industriel, les bureaux d'études et développements sont liés à des contraintes : fournisseurs, rentabilité, qualité ... Ses contraintes annihilent quelques fois la créativité. Nous devons donc développer aussi l'esprit « bricolage » chez nos étudiants en parallèle à la démarche de projet où tout doit être prévisible. Et ces deux démarches apparemment contradictoires sont au contraire complémentaires. La complémentarité vient du fait que la créativité est essentielle pour la conception d'un produit nouveau alors que dans une démarche de fabrication tout doit être prévu pour faire un produit conforme. Pour résumer conception rime avec

créativité ; fabrication rime avec conformité. Même si la frontière est perméable voire floue entre ces deux démarches !

Le bricolage est la première étape d'étude d'un prototype avant sa réalisation. Cette première étape est un vrai travail, elle génère toutes les autres et elle est naturellement essentielle. Dans une démarche technologique (industrielle) ou scientifique, elle correspond à l'observation, la mesure, la modélisation, la construction d'un prototype et un retour sur la conception s'il y a lieu. Ceci avant la fabrication, et même après la fabrication il y a une vérification plus ou moins permanente qui peut amener un retour sur la conception. Naturellement, les concepteurs font aussi appel à l'expérience, à des bibliothèques (data book) et à des normes ; mais c'est l'esprit de créer, d'évoluer et de bricoler qui prime. Naturellement, la fabrication doit aussi faire appel à un esprit créatif ; mais c'est la norme et la conformité qui priment. Certaines industries, il y a quelques dizaine d'années, respectaient les normes ISO et une démarche qualité rigoureuse. Ils fabriquaient des produits conformes et satisfaisant le client, mais ils concevaient peu de produits nouveaux... les normes ISO ont d'ailleurs évoluées vers une version 2000 qui prend en compte ces dérives et l'environnement. Elles ont encore beaucoup à faire pour prendre en compte l'Homme !

Pour le passage des connaissances entre les différents groupes, les étudiants ont été confrontés à ce que laisse le groupe précédent pour optimiser leur compréhension du sujet. C'est un vrai problème que ce soit dans l'industrie pour faire évoluer un système ou bien le poursuivre comme dans notre cas. Les questions peuvent s'exprimer ainsi : Où sont les documents ? Sont-ils à jour ? Le langage informatique utilisé est-il compatible avec l'ancien ? Les outils de « conduite de projet » sont-ils adaptés à un suivi dans le temps ? ...

Les premiers groupes [3 et 3bis] ont travaillé sur la découverte du sujet et sur la recherche de solutions. Ils ont dû passer par des étapes d'essais/erreurs et par le « bricolage ». Dans un deuxième temps la remorque a été conçue par CAO [4 et 4bis] puis réalisée à l'atelier de mécanique du département de physique de l'UFR Sciences et Technologies. L'équipe suivante a étudié la carte de liaison entre le robot et la remorque [5] pour faire passer les informations. Il y a eu des difficultés sur la réalisation de cette interface dues à des changements de version du robot. Enfin, la dernière équipe a pu réaliser le montage final (Fig. 3) et a permis de commander le robot en boucle ouverte [6]. Il reste à réaliser la commande référencée vision et à raconter l'histoire du Petit Poucet «robotiquement» !



Fig. 3 : Le robot et sa remorque

Concernant la dernière transmission de témoin, elle s'est faite en 2010 et c'est grâce notamment à un travail de synthèse de tous les travaux antérieurs que le prototype illustré en Fig. 3 a pu enfin être concrétisé [6]. Ce sont des élèves ingénieurs de Polytech' Clermont-Ferrand qui ont pris en main les derniers développements [6]. Le fonctionnement des projets dans cet établissement repose sur des points de rendez-vous assez fréquents entre : les clients, les tuteurs académiques, les tuteurs industriels et les étudiants. Ceci est passé donc par des notions de gestion de projet, d'appels d'offre, de revues de projet où les étudiants sont confrontés aux différents points de vue (clients/académiques/industriels). Les étudiants apprennent ainsi que pour mener à bien un projet, ce n'est pas que la résolution d'une multitude de problèmes techniques, mais c'est justement la juxtaposition de plusieurs éléments clés : gestion du temps, compétences, communication, adaptabilité, évolutivité, etc. [7] et [8]. L'utilité des diagrammes tels que celui de Gantt ou WBS (Work Break-down Structure) prennent alors tous leurs sens dans ce genre de projet pluridisciplinaire.

Notre ambition dans un tel projet est seulement de faire comprendre la nécessité de bien transmettre et de se projeter dans l'avenir. Il existe sans doute des outils pour cette démarche. Il s'agit simplement d'une sensibilisation à ce problème de transmission des connaissances. L'évolution a été claire après le passage du premier témoin. Et, les documents, les programmes, les références ont été systématiquement classés et organisés pour une bonne reprise du projet par un nouveau groupe d'étudiants.

Vous allez dire que c'est la moindre des choses, encore faut-il être mis devant le fait ! Puisque nous avons mis en avant les normes. Existe-t-il néanmoins des normes de suivis ?

4 EVALUATION

L'évaluation sur le sujet est positive car il correspond à une étude réelle avec mise en application. Le fait de reprendre un projet a été enrichissant pour les étudiants. Ils ont additionné leurs connaissances dans leurs spécialités. Ils se sont rendu compte de l'importance de laisser des documents lisibles et faciles d'accès. Ils ont pu se rendre compte de l'évolution entre la créativité du début reliée à une recherche quelquefois « bricolée » et la réalisation finale ou rien ne doit être laissé au hasard.

5 CONCLUSION : La « bidouille » comme commencement ! Aux limites de nos connaissances !

Chaque fois qu'apparaît une idée à développer et à construire. Chaque fois, à l'origine d'un nouveau projet, nous devons tâtonner, bidouiller pour créer à partir, au départ, de notre imaginaire. Si par la suite nous sommes rattrapés par la réalité d'arriver à un produit fini, la première étape est vraiment de bricoler. Même si une démarche de gestion de projet et une démarche qualité sont nécessaires pour fabriquer, notre imaginaire a besoin d'essayer dans le relatif et non dans l'absolu. Il est clair que le monde des entreprises et en particulier les industriels savent la part qu'ils doivent donner à l'innovation. Et l'innovation passe souvent par le bricolage, nous tâtonnons souvent pour créer. C'est ce qu'ont, sans doute, voulu dire les doctorants dans leurs commentaires sur leurs recherches au début de ce texte. Et c'est sûrement ce qu'a fait le premier groupe d'élèves sur ce projet. Ceci n'empêche en rien la rigueur, nous pourrions disserter sur la rigueur du bricolage qui ne s'oppose pas à la rigueur du pragmatisme !

Claude Bernard (fondateur de la médecine expérimentale, où le corps humain est l'objet des expérimentations) se heurte au défi de l'étude d'un système ayant une multitude de paramètres qu'il est difficile d'isoler, et dont, de surcroît, l'isolation même nous éloigne de la réalité naturelle [9]. Dans ce contexte, Claude Bernard s'exprime en disant « Dans le raisonnement expérimental, l'expérimentateur ne se sépare pas de l'observateur. L'observateur doit être le photographe des phénomènes, son observation doit représenter exactement la nature. Il faut observer sans idée préconçue; l'esprit de l'observateur doit être passif, c'est-à-dire se taire; il écoute la nature et écrit sous sa dictée. Mais une fois le fait constaté et le phénomène bien observé, l'idée arrive, le raisonnement intervient et l'expérimentateur apparaît pour interpréter le phénomène ». Mais *a priori*, avant d'observer, il faut tester, bricoler et là peut-être l'idée ou la solution arrive !

Nous sommes attirés par ce qui nous échappe. Nous avons des difficultés à comprendre ce que nous ne voyons pas. C'est d'ailleurs sans doute pour cette raison que beaucoup d'erreurs ont été commises dans la formulation des phénomènes physiques. Tous les raisonnements scientifiques commencent par l'observation. Mesurer ce que nous observons est la deuxième étape avant de modéliser et de vérifier. Et il faut attendre les progrès technologiques - microscopes ou lunettes astronomique- pour voir l'infiniment grand et l'infiniment petit dans une certaine limite. C'est au-delà de ces limites que les suppositions et que les modèles deviennent intéressants. Cette limite où commence les secrets ... Les secrets de l'invisible ! Au-delà de nos limites, nous supposons et nous sommes enclins à bricoler ! Mais, nous ne pouvons bricoler et/ou construire qu'avec ce que nous avons : que ce soit matériel ou intellectuel. Aussi, plus nous serons éduqués plus nous développerons notre esprit critique, plus nous créerons et construirons... plus nous bricolerons... pour aller au-delà de nos limites ! C'est une conclusion à questionnement. Nous avons essayé de répondre dans ce texte à cette question : « comment le bricolage rentre-t-il dans la créativité ? ».

Bibliographie

- [1] Claude LEVI-STRAUSS, « La pensée sauvage » *Editeur : Plon (France) 1962.*
- [2] Françoise ODIN, Christian THUDEROS, et all « Des Mondes Bricolés ? » *Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Suisse, 2011.*
- [3] Jérôme CHOVINO, Alexandre ROY, *rapport de projet, IUP mécatronique, 2007.*
- [3bis] Mouhamadou BA, Alioune CISSE, rapport de projet « commande d'un robot par wifi », *Master M2 EEA 2007.*
- [4] Nicolas LAFAYE et Jérôme LEPERS, « Le Petit Poucet » *rapport de projet, Master M1 STIC, Clermont-Ferrand 2008.*
- [4bis] Sébastien FONLUPT, « Conception par CAO d'un système automatisé », *IUP mécatronique 2008.*
- [5] Tingting JIA, « Le Petit Poucet » *rapport de projet, Master M2 STIC, Clermont-Ferrand 2009.*
- [6] Karim BENMOULAY, Adil JOUBBI, rapport de projet « Commande par vision », *Génie Electrique 3eme année de Polytech' Clermont-Ferrand 2010.*
<http://polytech.univ-bpclermont.fr/ge/projets/wakka.php?wiki=P10A07index>, dernière consultation sur Internet, Avril 2011.
- [7] Gérard HERNIAUX, « Organiser la conduite de projet » *Insep Consulting, septembre 2005, ISBN 2914006500.*
- [8] ISO 10006 : 2003, Systèmes de management de la qualité -- Lignes directrices pour le management de la qualité dans les projets, http://www.iso.org/iso/fr/catalogue_detail.htm?csnumber=36643
- [9] Claude BERNARD, Introduction à l'étude de la médecine expérimentale, 1865. (Rééd. Champs, Flammarion, ISBN 2080811371).