

Le mini-projet en seconde ISI (première partie)

VALÉRIE BOULLIER¹

Le hors-série n° 6 du BO du 31 août 2000 présentait un nouveau programme de seconde générale et technologique applicable cette année scolaire : l'option Initiation aux sciences de l'ingénieur (ISI), qui remplace l'option Systèmes automatisés (SA) jusqu'alors enseignée. L'objectif de ce programme est d'apporter aux élèves une culture technique car ils sont de plus en plus entourés par des systèmes qui mettent en jeu les nouvelles technologies de l'information et de la communication. Aussi cet enseignement doit permettre de comprendre le fonctionnement, les principes mis en jeu... des produits de leur environnement.

Au même titre que l'étude de la physique et des sciences et vie de la terre donne un sens au monde naturel, l'option ISI doit donner un sens au monde artificiel qui nous entoure.

MOTS-CLÉS lycée technologique, prébac, référentiel et programme

Avant participé aux Journées académiques sur l'ISI dirigées par M. Jean-Pierre Martin, inspecteur pédagogique régional, j'ai souhaité rappeler les grandes lignes du BO et surtout mettre en avant les nouveautés, et donc la nouvelle philosophie, de cette option.

Le mini-projet étant un point délicat de ce programme, je m'attacherai plus particulièrement à ce sujet et vous ferai part d'une première expérience réalisée par l'équipe pédagogique en charge de l'ISI au lycée Voillaume d'Aulnay-sous-Bois.

Les outils proposés sont transférables à tous les projets.

UNE NOUVELLE APPROCHE

Cet enseignement de détermination se caractérise par l'approche, à un niveau

élémentaire, des principales technologies mises en œuvre dans les produits actuels. Il vise à :

- permettre l'acquisition des connaissances et des démarches permettant la compréhension des systèmes et des produits pluritechniques présents dans l'environnement quotidien de l'élève ;
- promouvoir l'utilisation des nouvelles technologies informatiques ;
- développer le travail en équipe ;
- aider à la construction d'un projet personnel.

L'élève va donc être placé devant des produits pluritechniques et non plus uniquement devant des systèmes automatisés industriels. Il va se construire un savoir technique, mais aussi scientifique en rapprochant ces deux matières au cœur d'une même discipline : l'ISI.

Les deux derniers points présentés ci-dessus vont lui permettre de découvrir la démarche de projet et, par la même occasion, de mettre en avant ses capacités personnelles à travailler en équipe, à organiser, à résoudre... un mini-projet.

L'ORGANISATION GÉNÉRALE

L'enseignement inductif est à privilégier en plaçant l'élève devant des produits empruntés à son quotidien. Face à ces objets réels, il doit pouvoir les observer, les manipuler et les démonter afin de trouver les réponses à ces trois interrogations :

- « À quoi ça sert ? » ;
- « Comment est-ce réalisé ? » ;
- « Comment ça fonctionne ? » ;

Il doit aussi être capable d'en avoir une image virtuelle : il est indispensable qu'il dispose d'outils informatiques permettant la modélisation des systèmes et la simulation de leur comportement.

La fin de l'année (tableau 1) sera consacrée à un mini-projet où il devra analyser et résoudre en autonomie un problème technique simple, s'impliquer dans un travail de groupe et une démarche de projet.

LE CONTENU DU PROGRAMME

L'étude des automatismes est beaucoup moins présente dans ce nouveau programme, où l'on s'attache beaucoup plus à la connaissance des produits, aux manipulations des objets (montage et démontage), à l'informatique (connaissance des réseaux, utilisation de modeleur 3D...) et à la mise en place d'un mini-projet.

Le programme proposé se découpe en quatre parties :

- « À quoi ça sert ? » : l'analyse fonctionnelle des produits
Expression du besoin.
Produit et valeur ajoutée.
Organisation fonctionnelle des produits.
Outils d'expression de l'analyse fonctionnelle.

1. Professeur certifié de génie mécanique productive au lycée Voillaume d'Aulnay-sous-Bois.

3/4 année		1/4 année
TP Favoriser l'approche inductive des savoirs	Activités de synthèse Structurer les connaissances Faire émerger des concepts	Mini-projet Renforcement des savoirs Apprentissage de la conception Développement des capacités de créativité, de réflexion, d'autonomie et de travail en groupe Utilisation de la communication écrite et orale
trois heures hebdomadaires		

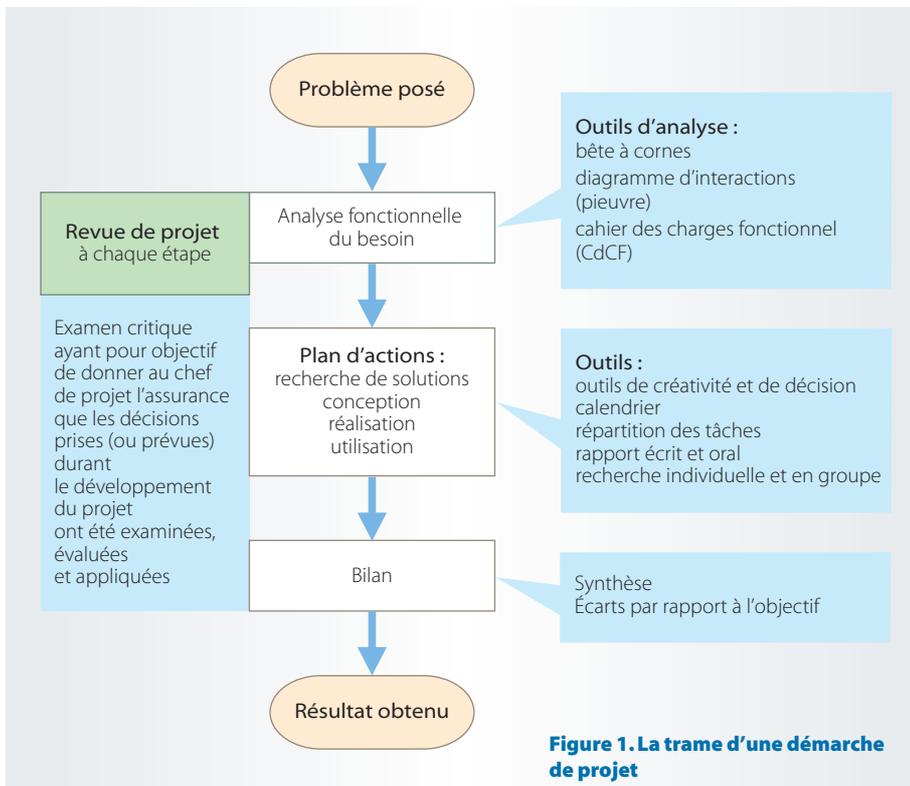


Figure 1. La trame d'une démarche de projet

● « Comment est-ce réalisé? » : les solutions technologiques associées aux fonctions

Animer un mécanisme.

Commander et contrôler un système.

● « Comment ça fonctionne? » : l'introduction aux principes de base du comportement des systèmes

Les circuits de puissance.

Les mécanismes de transformation du mouvement.

La chaîne de contrôle commande.

● La mise en œuvre d'un mini-projet

Synthèse des acquis de l'année afin de structurer sa pensée.

La partie la plus novatrice est bien sûr le mini-projet, c'est pourquoi il est développé ensuite, à partir du BO et à travers un exemple, la réalisation d'un robot.

LA PRÉSENTATION DU MINI-PROJET

Le mini-projet doit être l'occasion d'un travail en groupe et d'un réinvestissement des savoirs vus en phase d'apprentissage, et non de nouvelles acquisitions.

Cette activité permet de participer à une réalisation concrète où chaque élève aura un rôle actif, et devra suivre une démarche de projet.

Le projet demandé sera clairement identifié par un début et une fin et devra faire apparaître l'ensemble des actions à mener pour satisfaire la problématique.

La trame d'une démarche de projet

Dans l'exemple présenté ci-après (robot) n'est développée que la première phase : l'analyse fonctionnelle du besoin (figure 1).

Le référentiel

Le référentiel propose d'intégrer, au travers de la démarche de projet, dix problématiques.

1. Conception et réalisation par assemblage d'une chaîne fonctionnelle répondant à une fonction de service, au moyen d'un logiciel de CAO.
2. Évolution d'un produit ou d'un système en réponse à une modification du cahier des charges.

3. Modification du cycle de fonctionnement d'un produit ou d'un système en fonction d'une problématique.

4. Modification d'un programme induite par la prise en compte d'une information nouvelle sur le système.

5. Étude de conception d'un petit mécanisme simple en DAO 3D.

6. Étude de la relation produit-matériau-procédé pour une ou deux pièces intéressantes d'un mécanisme donné.

7. Similitudes entre un équipement présent dans le laboratoire et une installation industrielle voisine.

8. Analyse fonctionnelle et étude partielle d'un produit complexe récent de l'environnement quotidien.

9. Comparaison entre deux produits réalisant la même fonction globale.

10. Étude des composants programmables de la partie commande d'un système.

Le choix du support doit être motivant pour l'élève et peut éventuellement répondre à plusieurs problématiques en même temps.

Le professeur devra décrire précisément le travail demandé à chaque élève du groupe (correspondant à tout ou partie d'une problématique) et demander à la première séance une analyse du projet présenté.

Quelques remarques

Le nombre de mini-projets doit être limité pour une bonne gestion des groupes de travail ainsi que du matériel présent dans le laboratoire de ISI. Il faut mettre en place une conduite de classe rigoureuse en privilégiant une structure commune à l'ensemble des projets.

L'élève devra savoir clairement ce que l'on attend de lui (objectif général) et

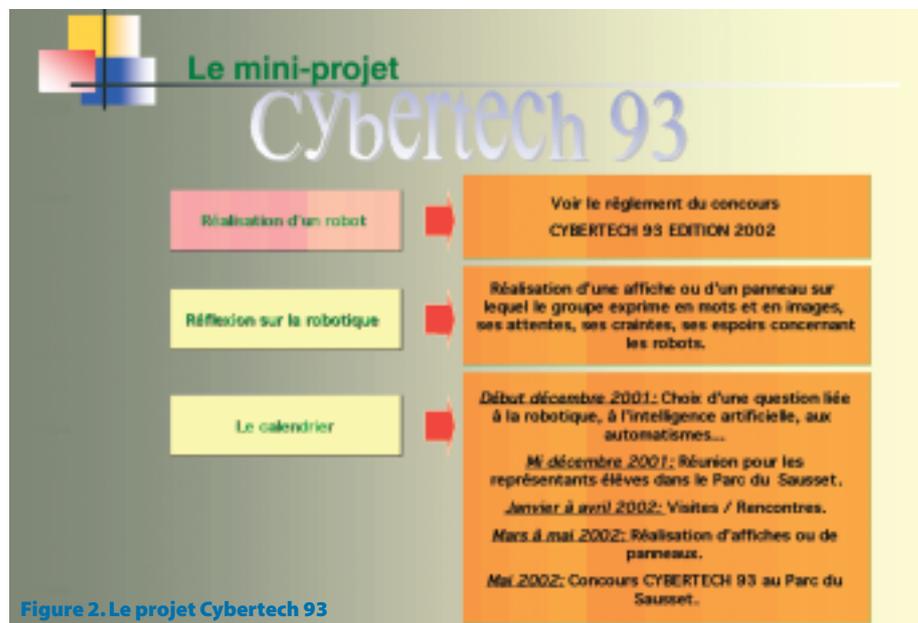


Figure 2. Le projet Cybertech 93

connaître les objectifs intermédiaires qu'il devra atteindre (planning précis). Il tiendra un cahier de suivi qui lui permettra de rendre compte du travail effectué, des choix faits... et de réaliser une évaluation de ses capacités à :

- organiser son travail ;
- communiquer au sein d'un groupe ;
- rendre compte de son travail par écrit et par oral ;
- répondre à une problématique ;
- valider une réalisation simple.

Cette activité, devant mettre en pratique des connaissances vues précédemment, doit être placée en fin d'année scolaire sur une durée de six à huit séances de trois heures. Ce temps est nécessaire pour appréhender les différentes étapes vues dans la démarche de projet.

UN EXEMPLE DE MINI-PROJET : RÉALISATION D'UN ROBOT

Dans notre lycée, l'équipe pédagogique et le chef des travaux ont décidé de nous inscrire au concours Cybertech (que nous avons connu par l'intermédiaire des professeurs du collège du Parc d'Aulnay-sous-Bois) et d'utiliser ce support pour les mini-projets en seconde ISI. Tous nos groupes (une demi-classe avec un professeur) ont donc été mis sur ce travail : réaliser un robot correspondant au règlement donné par la Fondation 93, capable de se déplacer le plus rapidement possible sur 4,80 mètres et de s'arrêter ensuite dans une zone de 40 centimètres. Comme on peut le voir sur la figure 2, le calendrier du concours nous a imposé un planning élève un peu différent de celui préconisé, puisque nous avons commencé la présentation du projet début décembre. Nous avons ensuite travaillé régulièrement sur cette activité en continuant en parallèle les travaux pratiques. Malgré cette planification un peu compliquée, ce concours nous a paru un exercice motivant pour les élèves, qui apprécient de créer, concevoir et réaliser des objets par eux-mêmes et de se confronter au jugement des autres et d'un jury. Ils ont pu ainsi découvrir les sciences industrielles d'une manière différente au travers d'un thème ludique, et toucher du doigt la complexité de la fabrication d'un produit.

La présentation du mini-projet

Le règlement du concours (présenté en annexe) a été développé par Dominique Nibart avec le support de l'Association pour l'enseignement de la technologie (Assetec), du Centre ressources techno-

logie du collège Pablo-Neruda, de la municipalité d'Aulnay-sous-Bois et des revues *Électronique pratique* et *Génération électronique*.

La conduite du projet

La figure 3, qui a été présentée et développée devant les élèves, formalise les étapes essentielles définies et attendues par l'équipe pédagogique.

Ce premier article n'aborde que la **phase de définition**, ayant abouti au « cahier des charges fonctionnel ».

Le CdCF

Le cahier des charges fonctionnel d'un produit est le document qui présente d'abord le problème de manière générale, puis ensuite exprime le besoin en termes de fonctions de service.

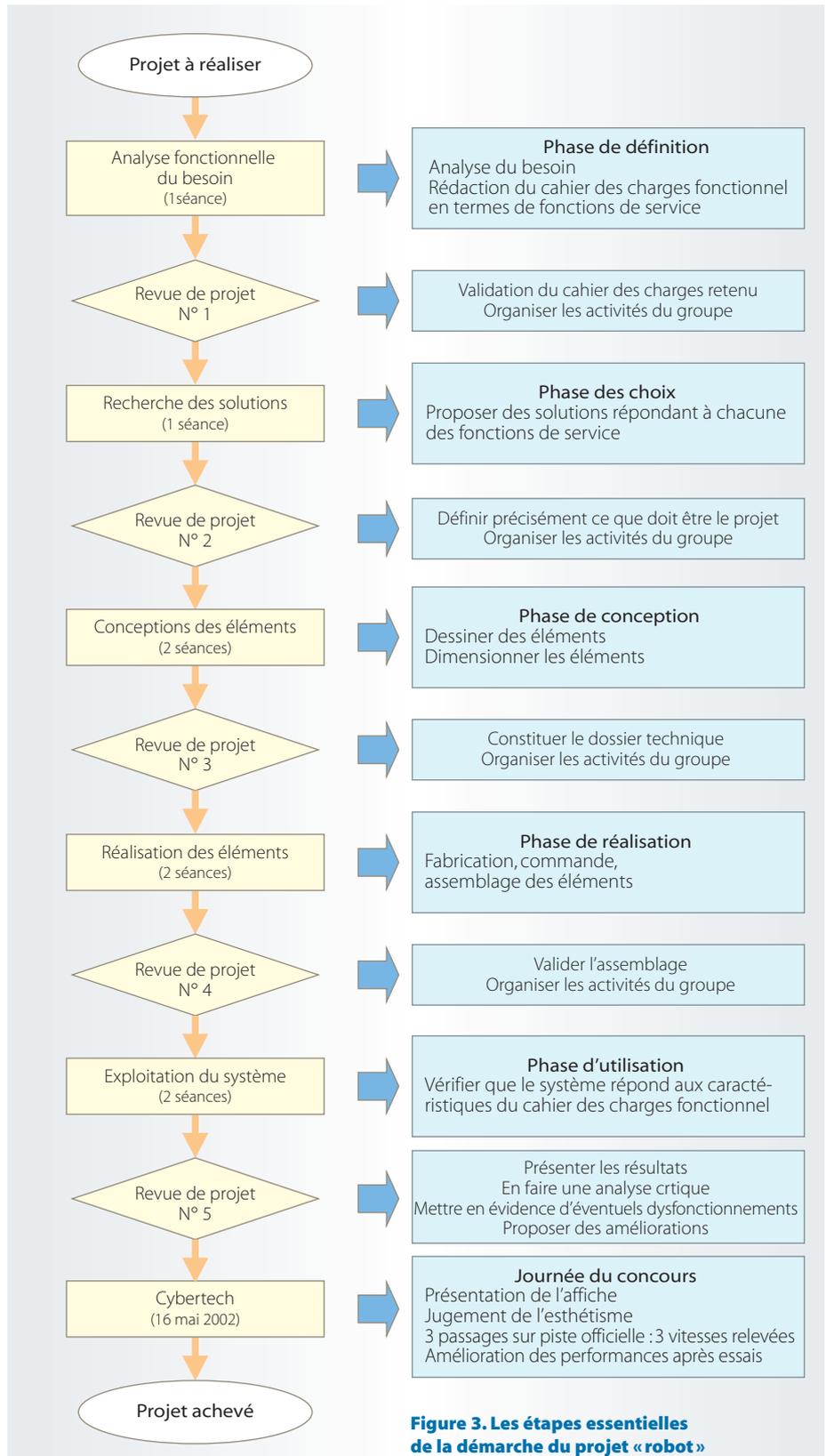


Figure 3. Les étapes essentielles de la démarche du projet « robot »

Règlement du Cybertech 93

Article 1

Le concours est ouvert à tous les élèves de l'école primaire jusqu'aux sections de techniciens supérieurs.

Article 2

Les conditions de participation sont les suivantes :

- chaque équipe est constituée d'un minimum de six élèves d'un même niveau ;
- chaque équipe peut être tutorée par des élèves d'un niveau supérieur ou inférieur (collégiens avec primaires, lycéens avec collégiens).

Article 3

Le projet doit répondre aux contraintes suivantes :

- coût maximal de 500,00 F (un justificatif du coût devra être fourni) ;
- la somme de la longueur, de la largeur et de la hauteur du projet ne doit pas dépasser 1 mètre ;
- l'ensemble peut être réalisé avec des éléments du commerce, des éléments fabriqués par les élèves ou des éléments de récupération (dans ce cas sera pris en compte le coût du produit dans le commerce). Le produit doit être une création originale (pas de kits ou de maquettes existants) ;
- le mode de pilotage du produit est libre, néanmoins aucun participant ne pourra intervenir sur le plateau d'évolution pendant l'épreuve ;
- aucune liaison entre le départ et l'arrivée ne sera autorisée ;
- le produit devra se déplacer de manière autonome sans liaisons d'aucunes sortes (électrique, radioélectriques, mécanique, manuelle, etc.) ;
- le produit devra rester en contact avec le sol ;
- rien ne doit être déposé sur la piste avant, pendant et après l'épreuve ;
- les dispositifs à allumage ne sont pas autorisés ;
- la propulsion animale n'est pas autorisée ;
- les moteurs thermiques et chimiques ne sont pas autorisés ;
- les dispositifs de lancement ne sont pas autorisés ;
- il ne doit pas y avoir intervention de professeurs ou d'autres personnes pendant le déroulement des épreuves ;
- il n'est pas autorisé de déposer ou de fixer quoi que ce soit sur la piste ;
- la piste doit être laissée propre après le passage de chaque machine ;
- une fois que le robot a franchi la ligne de départ, personne ne peut intervenir sur son fonctionnement ;
- à la fin de la compétition le robot doit être représenté au jury. Il doit être intact ;
- le produit qui sort de la zone de freinage est éliminé ;
- le produit est « posé » au point de départ, il ne doit pas être poussé pour démarrer ;
- les trois essais ne doivent pas durer plus de 4 minutes ;
- un partenariat avec une entreprise est envisageable.

Article 4

L'épreuve consiste à se déplacer sur un plateau de 5 m x 2 m.

L'engin doit parcourir 4,80 m avec une tolérance de $\pm 0,20$ m. Il s'arrêtera seul dans cette limite ;

Les équipes ont droit à trois essais sur la piste d'évolution. Seul le temps du meilleur essai sera pris en compte (une période d'« essais libres » se déroulera avant).

Le produit qui sort de la zone de freinage est éliminé.

Le produit est « posé » au point de départ, il ne doit pas être poussé pour démarrer.

L'équipe « gagnante » est celle dont le produit a mis le moins de temps pour parcourir la distance. Le produit le plus esthétique ainsi que le produit proposant des solutions technologiques originales seront récompensés. Un classement combiné du produit le plus complet sera également effectué.

Ces classements ne sont effectués que pour valider les solutions, il ne s'agit pas de vaincre des adversaires mais de se faire plaisir.

Article 5

Avant le début des épreuves, chaque équipe sera tenue de montrer son produit et d'expliquer aux autres concurrents les raisons des choix technologiques retenus. Il s'agit de constituer un lieu d'échange afin de dédramatiser l'aspect passionnel de la compétition. L'objectif est de participer en travaillant en équipe et en s'enrichissant de la réflexion des autres. Il s'agit de participer et non de gagner à tout prix.

Il est essentiel que le produit soit entièrement conçu par les élèves même si les solutions retenues ne sont pas celles « désirées » par le professeur. La conception du robot constitue un moment privilégié de découverte et d'appropriation de savoirs. La compétition n'est là que pour valider les solutions.

Article 6

Le jury est constitué d'un représentant par équipe.

Le jury est souverain dans ses décisions.

CONTACTS

Fondation 93 – Atelier des sciences

70, rue Douy-Delcupe, 93100 Montreuil

Tél. : 01 49 88 66 36

Fax : 01 49 88 66 35

E-mail : communication@fondation93.org

Assetec (Association pour l'enseignement de la technologie)

116, rue d'Alix, 93600 Aulnay-sous-Bois

Tél. – Fax : 01 64 66 12 65

E-mail : assetec@aol.com ●

Son élaboration s'effectue en deux phases successives (figure 4) :

- présentation du problème ;
- expression fonctionnelle du besoin.

L'objectif pédagogique étant d'analyser le règlement donné et de construire le CdCF du robot (produit à réaliser), nous allons passer en revue chaque partie selon le point de vue théorique, puis nous présenterons l'application faite par l'équipe pédagogique. Les élèves ont eux-mêmes fait cette démarche, qui les a conduits à proposer tout ou partie des différents résultats obtenus.

En seconde ISI, il n'est pas question de demander aux élèves d'élaborer un cahier des charges ; dans le cas particulier qui nous concerne, l'ensemble des données constitutives dudit cahier est présent dans le règlement du concours, aussi n'est-il demandé aux élèves qu'un travail de formalisation pour identifier clairement le besoin.

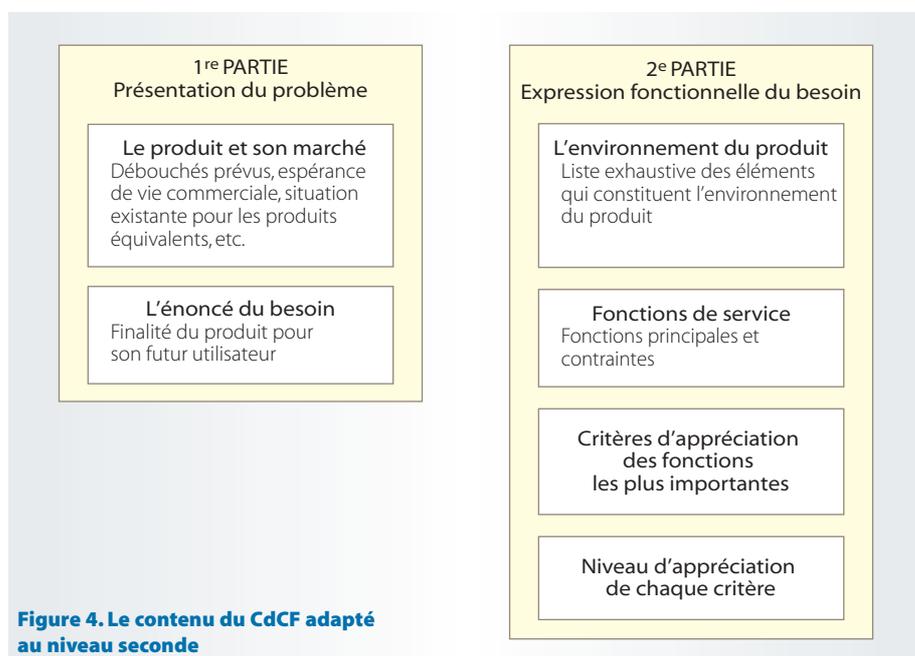


Figure 4. Le contenu du CdCF adapté au niveau seconde

La présentation du problème

Dans le cadre d'un concours, l'équipe doit concevoir un robot (exemplaire unique). Il a pour objectif d'amener les élèves à réaliser un produit technique innovant et esthétique et à découvrir les sciences industrielles d'une manière différente, en s'échangeant des idées créatrices autour d'un thème ludique et récréatif. D'une manière globale, le produit à concevoir doit répondre aux principales spécifications suivantes :

- longueur + largeur + hauteur \leq 1 mètre ;
- il est interdit d'utiliser des kits ou des maquettes existantes ;
- les dispositifs à allumage ou de lancement ne sont pas autorisés ;
- le robot ne doit pas être poussé pour démarrer ;
- la propulsion animale, les moteurs thermiques et chimiques ne sont pas autorisés.

L'énoncé du besoin

Il s'agit d'exprimer le **but** et les **limites** de l'étude, c'est-à-dire l'exigence fondamentale qui justifie la conception du produit. Pour cela, on utilise la « bête à cornes », qui est un outil graphique permettant d'exprimer ce besoin.

Pour construire la bête à cornes, il faut se poser trois questions (figure 5) :

- À qui le produit rend-il service ?
- Sur qui (sur quoi) le produit agit-il ?
- Dans quel but ?

Ces explications ont permis d'élaborer ensuite la bête à cornes du robot (figure 6).

L'expression fonctionnelle du besoin

Rappelons qu'un produit n'a de sens que si des éléments de l'environnement en reçoivent des satisfactions. Il existe en fonction des relations que les éléments extérieurs entretiennent entre eux à travers lui-même d'une part et des interactions qu'il réalise avec cet environnement d'autre part : ce sont les **fonctions de service** qui répondent aux besoins des utilisateurs.

Le diagramme « pieuvre » constitue l'outil de description le mieux adapté afin :

- de mettre en évidence le milieu environnant agissant sur le produit étudié ;
- d'identifier toutes les fonctions que le produit devra réaliser.

Lors de la création du diagramme, le produit ne doit pas être vu comme un assemblage de pièces, mais comme un assemblage de fonctions appelées **fonctions de service**.

Parmi les fonctions de service, on distingue :

- les **fonctions principales** (FP), qui traduisent les interactions établies entre les

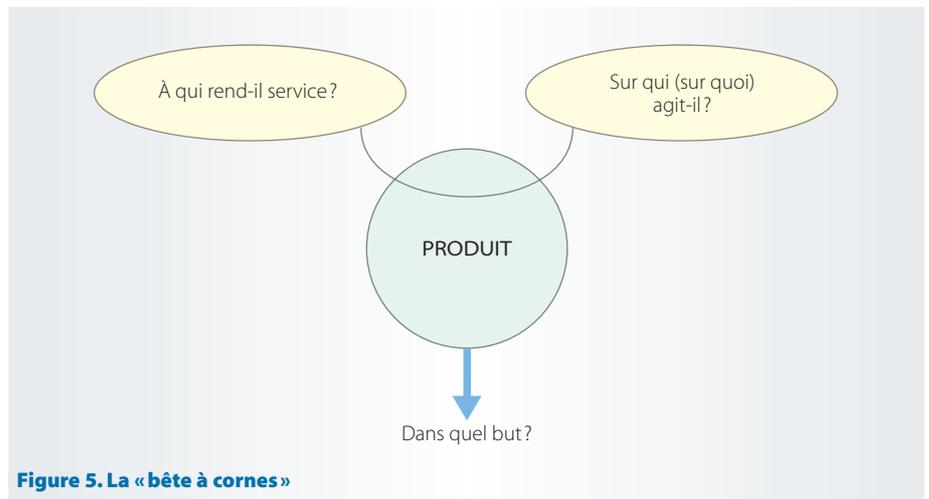


Figure 5. La « bête à cornes »

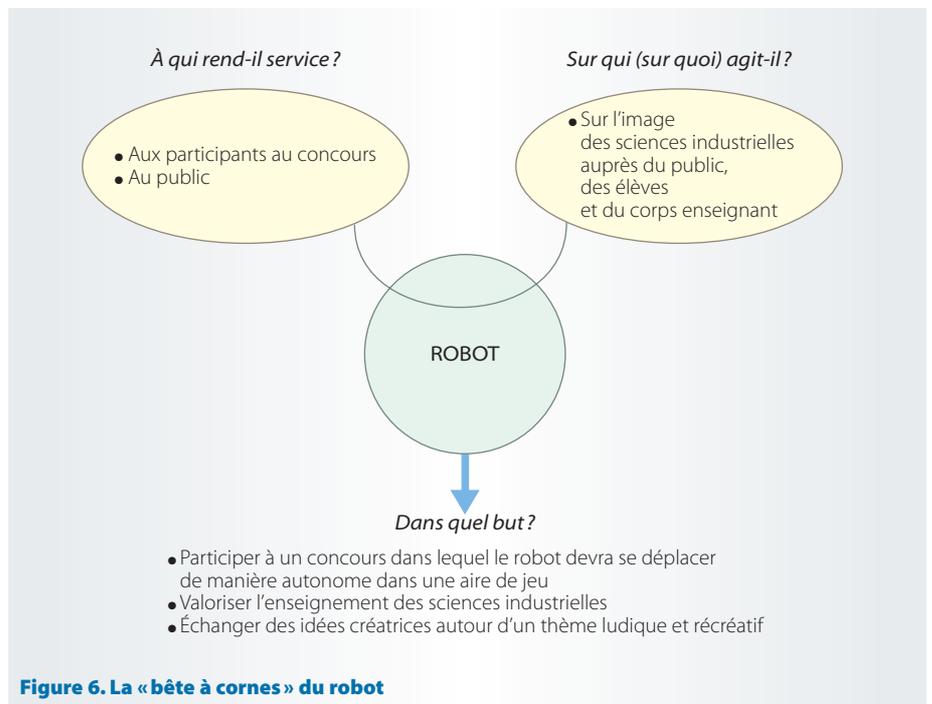


Figure 6. La « bête à cornes » du robot

milieux extérieurs par l'intermédiaire du produit :

- les **contraintes** (C), qui traduisent des exigences d'adaptation du produit au milieu extérieur.

La construction du diagramme pieuvre s'effectue en trois phases successives :

- l'identification des éléments ou des entités qui constituent les milieux extérieurs du produit ;
- l'identification des fonctions principales en relation entre deux éléments du milieu extérieur ;
- l'identification des contraintes par rapport aux différents éléments du milieu extérieur.

À partir des analyses précédentes, nous avons construit le diagramme pieuvre relatif au robot lors de sa séquence d'utilisation (figure 7).

Ayant mis en évidence les fonctions principales et les contraintes du robot, il ne reste plus qu'à effectuer la caractérisation de

celles-ci en définissant les critères d'appréciation ainsi que leur niveau (tableau 2). Ainsi la phase de caractérisation de chaque fonction de service a fait l'objet d'une organisation « intelligente » des données du cahier des charges initial et, bien sûr, d'une adaptation du vocabulaire de la norme aux termes significatifs tels que « critères », « niveau ».

Rappelons qu'un **critère d'appréciation** est la caractéristique retenue pour apprécier dans quelle mesure une fonction est remplie ou une contrainte respectée. Pour une même fonction, il y a souvent plusieurs critères d'appréciation, de natures différentes. Par exemple, pour « chauffer une salle », on retient la température T, l'humidité relative H et la vitesse de l'air V.

Le **niveau** définit, dans l'échelle adoptée, la valeur du critère. Il peut être soit chiffré, avec ou sans tolérance, soit non chiffré. Si l'on reprend l'exemple ci-dessus,

on obtiendra : $T = 18\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$; $H = 60\% \pm 3\%$; $V = 0,5\text{ m/s}$.

Nous avons ainsi construit le CdCF du robot, qui servira lors des revues de projet pour valider ou écarter une solution.

CONCLUSION

Au moment où le numéro 121 de *Technologie* se prépare, nous sommes à une semaine du concours, donc à la fin du mini-projet. Quel constat dresser de cette première expérience ?

Les élèves ont apprécié le projet de réaliser un robot et de participer à un concours. Ils ont reconnu avoir des difficultés à organiser leur travail et à répartir les tâches entre chaque membre du groupe. Il leur manquait des connaissances sur les moteurs électriques à courant continu, les réducteurs...

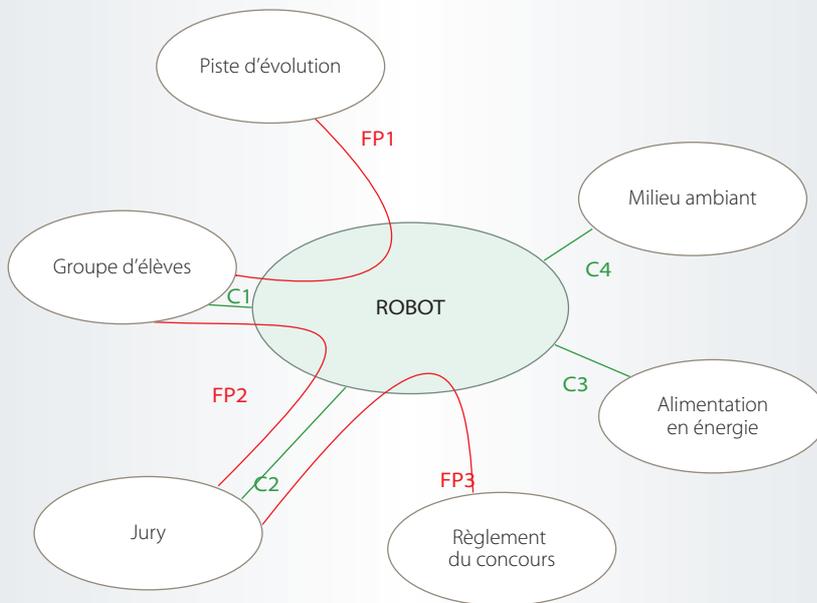
En partant de ce constat, la progression pédagogique à venir prendra en compte ces données par l'intermédiaire de nouveaux travaux pratiques. L'ensemble de ceux-ci sera planifié avant la mise en œuvre du mini-projet.

Pour les professeurs, chaque séance doit être très encadrée. Il faut, de leur part, une planification précise de chacune d'elles et un système d'évaluation formative permettant d'apprécier l'investissement personnel de l'élève dans le travail de groupe, et ceci, à chaque étape du projet (motivation, prise de décision, capacité de recherche de documents...).

Dans un mini-projet de réalisation comme celui-ci, la plus grande difficulté est de gérer la demi-classe (15 élèves) dans le contexte du laboratoire d'ISI actuel car il n'y a aucun matériel de fabrication. Dans notre exemple, les élèves, étudiant dans un lycée technique, bénéficiaient d'un atelier de fabrication ; ils étaient amenés à aller dans :

- le secteur BTS MAI (pour trouver de la matière plastique...);
- le secteur ISP et STI (pour réaliser un certain nombre d'opérations de découpage, perçage, tournage...);
- le magasin (pour s'approvisionner en vis, écrous, stubs, joints toriques... et outillage);
- le secteur ISI (pour réaliser l'assemblage, les tests concernant le produit final et créer une affiche sur la problématique de la robotique).

En conclusion, pour éviter une trop grande dispersion des élèves sur plusieurs zones, il faudrait créer une zone qui concentrerait toutes les activités liées au projet. ■



FP1 : permettre au groupe d'élèves de faire évoluer leur robot sur une piste (longueur 4,80 m) et de s'arrêter dans une zone déterminée (40 cm après)

FP2 : permettre au groupe d'élèves de valoriser les sciences industrielles en participant à un concours (au travers de trois prix : technique, esthétique, communication)

FP3 : permettre au jury de juger la conformité du robot vis-à-vis du règlement (budget donné, contraintes techniques)

C1 : être autonome entre le départ et l'arrêt

C2 : plaire au jury

C3 : s'adapter aux sources d'énergie existantes

C4 : résister au milieu ambiant (rester intact)

Figure 7. Le diagramme « pieuvre » du robot

Tableau 2. La caractérisation des fonctions de service		
Fonctions	Critères d'appréciation	Niveaux
FP1	Système de locomotion Rapidité Système d'arrêt Adhérence Masse Stabilité, position du centre de gravité	Distance = 4,80 m Temps < 3,5 s Zone de 40 cm Continue M ≥ 100 g Continue
FP2	Motivation et investissement du groupe Classement au concours	Au maximum 3 premières places
FP3	Coût Règlement du concours	C < 76,22 euros Conforme
C1	Signaux de pilotage Relation matérielle avec l'extérieur	Internes Aucune
C2	Formes Couleurs Matières Solutions technologiques	Design moderne Harmonieuses Modernes Innovantes
C3	Types et niveaux Autonomie	Voir règlement 3 essais au maximum
C4	Durabilité Fiabilité Résistance	Durée de vie = 1 jour 90 % (9 fois sur 10) Chute ≤ 0,50 mètre