UCL Faculté des sciences appliquées

FSA ELM E22M

Année académique 2003-2004

Projet Intégré en Mécatronique

« Le *Clear Ball* »

1. RAPPEL DES OBJECTIFS GÉNÉRAUX DU PROJET 2

1.1. LES PARTENAIRES DU PROJET 2
1.2. L'ÉVALUATION DU PROJET 3

2. ENONCÉ POUR L'ANNÉE 2003-2004 4

2.1. TÂCHE À ACCOMPLIR 4
2.2. AIRE DE TRAVAIL 4
2.3. RESTRICTIONS 6

3. ORGANISATION ET PLANNING 6

3.1. AVANT-PROJET 6
3.2. ÉTATS D'AVANCEMENT 7
3.3. PRÉSENTATION FINALE 8
3.4. COMPÉTITION 8

4. INFRASTRUCTURE 8

4.1. LABORATOIRE DE MÉCATRONIQUE 8
4.2. SITE INTERNET 9

1. Rappel des objectifs généraux du projet

L'objectif du projet intégré en mécatronique est l'intégration et la mise en pratique au sein d'un même dispositif à réaliser (par exemple un robot mobile) des différentes matières abordées dans les cours partenaires du projet. C'est également l'occasion d'aborder la problématique de l'intégration de disciplines (qui caractérise la « mécatronique »). La maîtrise de ces problèmes est le fruit d'une expérience et d'un savoir-faire qui ne peuvent s'acquérir qu'en concevant et en réalisant soi-même des systèmes mécatroniques : c'est certainement dans le cadre d'un projet que de tels objectifs peuvent être atteints de la meilleure façon qui soit.

À partir d'un énoncé donné en début d'année (voir ci-après), nous demandons aux étudiants ELME22, orientation mécatronique, de concevoir et réaliser un robot mobile capable d'accomplir la tache demandée. Une compétition entre les robots est organisée en fin d'année pour évaluer leurs performances relatives.

Les étudiants travaillent par groupes de 3 à 4. La constitution de ces groupes est libre. Les groupes peuvent éventuellement bénéficier, pour certaines parties du projet, de l'aide d'un ou plusieurs étudiants non-mécatroniciens suivant un ou plusieurs des cours fédérés au projet.

Les étudiants désignent par ailleurs en début d'année un *délégué projet* (un seul pour tous les groupes) qui est l'interlocuteur privilégié de l'équipe enseignante[1].

1.1. *Les partenaires du projet*

Les enseignements partenaires du Projet Intégré en Mécatronique sont repris sur la figure 1.

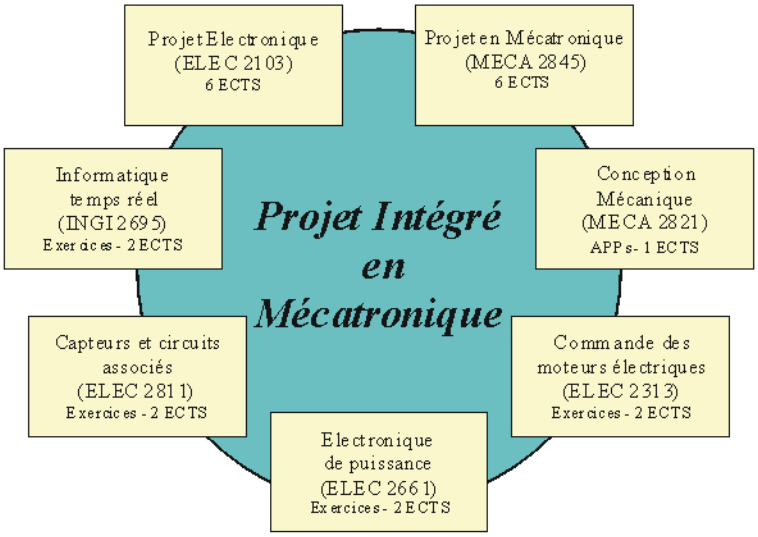

Figure 1 : Enseignements fédérés par le projet intégré en mécatronique

Il s'agit des projets en conception mécanique et en électronique, MECA 2845 et ELEC 2103 ainsi que de la partie exercice des cours ELEC 2313, ELEC 2661, ELEC 2811 et INGI 2695. Par ailleurs 3 APP du cours MECA2821 seront consacrés au projet.
Ils représentent ensemble 21 ECTS, soit une charge de travail comprise entre 420 et 525 heures par étudiant (un ECTS correspond par définition à une charge de travail tout compris pour l'étudiant de 20 à 25 heures).

[1] Ce ne doit pas être nécessairement de délégué de cours déjà bien surchargé par d'autres tâches.

Le projet est par ailleurs fortement connecté à d'autres enseignements. Il y a bien sûr la partie théorique des cours dont les heures d'exercices sont totalement impliquées dans le projet et qui leur sert en quelque sorte d'espace d'application. Ce type d'interaction existe aussi avec d'autres enseignements comme les cours d'électronique ou de fabrication mécanique même si ces cours ne sont intégrés au projet.
En tout on peut donc considérer que le Projet Intégré en Mécatronique a une influence directe ou indirecte sur un volume de cours équivalent à 53 ECTS. Il pèse donc sur environ 80% du volume de travail de l'année ELME22M.

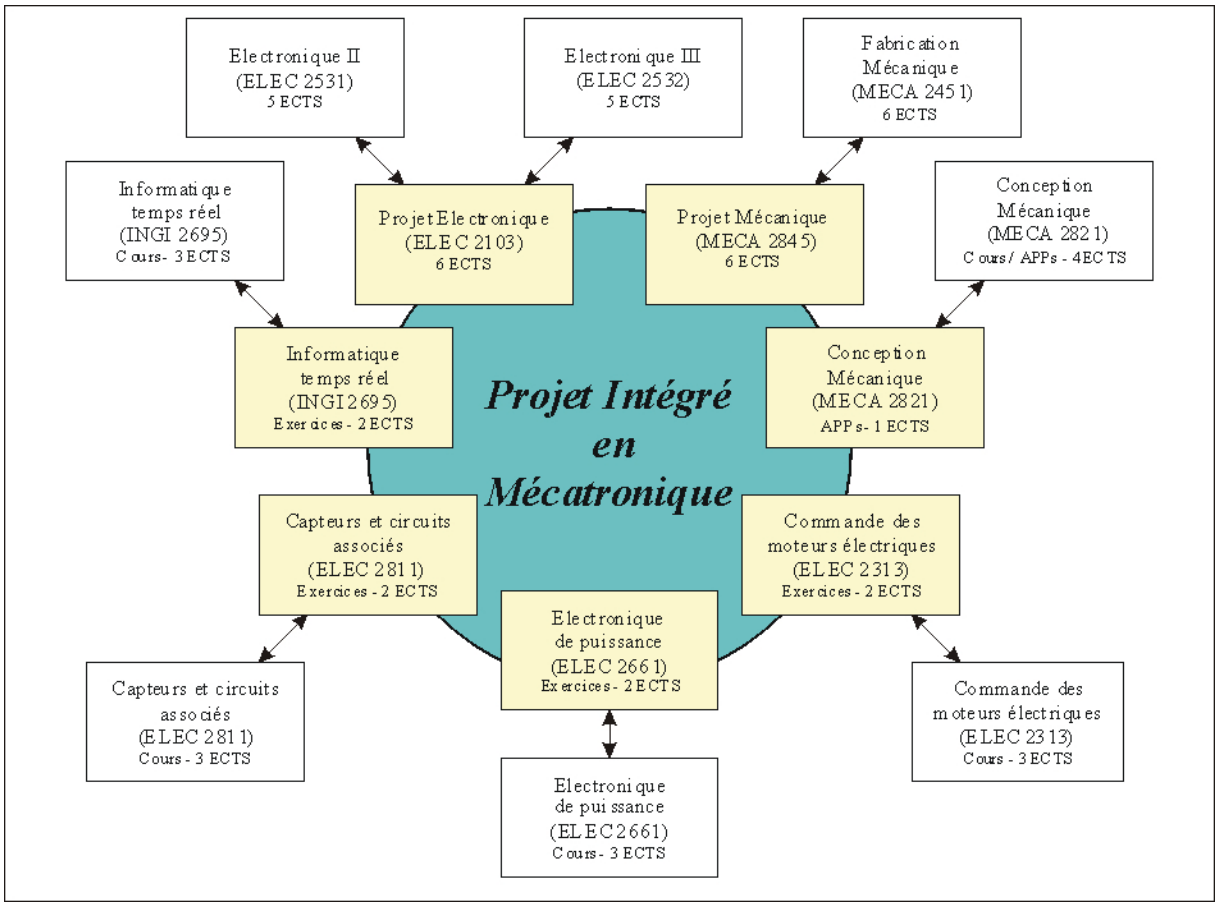

Figure 2 : Enseignements impliqués par le projet intégré en méactronique

1.2. *L'évaluation du projet*

Chacun des cours fédérés dans le projet reste un intitulé indépendant auquel est attachée une cote. Il n'y a donc pas a priori une mais plusieurs cotes pour le projet.
La cotation de chacune des parties du projet sera représentative de l'évaluation qui sera faite par l'enseignement concerné, **du travail réalisé par le groupe dans la matière correspondante**. Il revient aux titulaires de fixer les critères d'évaluation spécifiques à la matière, conformément aux cahiers des charges des cours concernés.

La cotation du projet tiendra compte également de la ***qualité du projet dans son ensemble***. Les critères communs retenus pour l'évaluation de celle-ci sont :

- l'originalité des concepts mis en œuvre dans le robot et en particulier les efforts qui ont été accomplis en vue de rechercher un optimum mécatronique (rechercher la manière la plus simple, la plus économique et la plus fiable d'accomplir une fonction donnée) ;

- la manière dont ces concepts ont été mis en œuvre et intégrés dans le robot ;
- la qualité du rapport et des présentations faites en cours d'année qui expliquent le travail réalisé, les difficultés rencontrées et éventuellement ce qui pourrait être amélioré si le robot devrait être refait.

La performance brute du robot (sa capacité à remplir la tâche, son classement dans la compétition réalisée en fin d'année) n'a finalement que peu d'influence dans l'établissement de la cote. Ceci dit les robots les plus performants étant en général ceux qui ont fait l'objet d'une conception intelligente et d'une réalisation soignée, les gagnants de la compétition se voient rarement attribuer les plus mauvaises cotes.

2. Enoncé pour l'année 2003-2004

Pour définir le règlement de la compétition de l'année 2003-2004, nous nous sommes inspirés des règles du tennis… en espérant que les étudiants ELME22 sauront se montrer à la hauteur de leurs compatriotes (féminines) qui évoluent sur le circuit international. Nous en avons toutefois simplifié les règles et rebaptisé "*clear ball*"

2.1. *Tâche à accomplir*

Le jeu se joue avec huit balles. L'objectif, tout comme au tennis, est d'envoyer les balles de l'autre coté du filet. Il n'existe cependant pas de règles quant aux nombre de rebonds éventuels avant que la balle ne soit renvoyée.

La partie dure normalement 3 minutes. Au signal de départ, les robots peuvent aller chercher une des quatre balles initialement situées sur leur partie du terrain de jeu, et l'expédier du coté adverse. La balle ne doit en aucun cas sortir du terrain. On comptera 1 point de pénalité par balle hors du terrain[2].

Au terme des trois minutes de jeu, on compte le nombre de balles dans chacune des parties du terrain. Chaque balle vaut 1 point et le robot ayant le moins de point (pénalités incluses), c'est à dire ayant le mieux "nettoyé" son terrain, est déclaré vainqueur.

Si toutefois un robot parvient, avant la fin du temps réglementaire, à nettoyer entièrement son terrain et qu'il ne compte aucun point de pénalité (aucune balle expédiée hors du terrain de jeu), il sera déclaré vainqueur par KO.

2.2. *Aire de travail*

L'aire de travail est représentée sur la figure 3.

[2] si la sortie de la balle résulte d'un mouvement ambigu, par exemple une balle expédiée par le robot 1 qui rebondit sur le robot 2 avant de sortir, l'arbitre se réserve le droit de remettre la balle litigieuse en jeu d'un coté ou de l'autre.

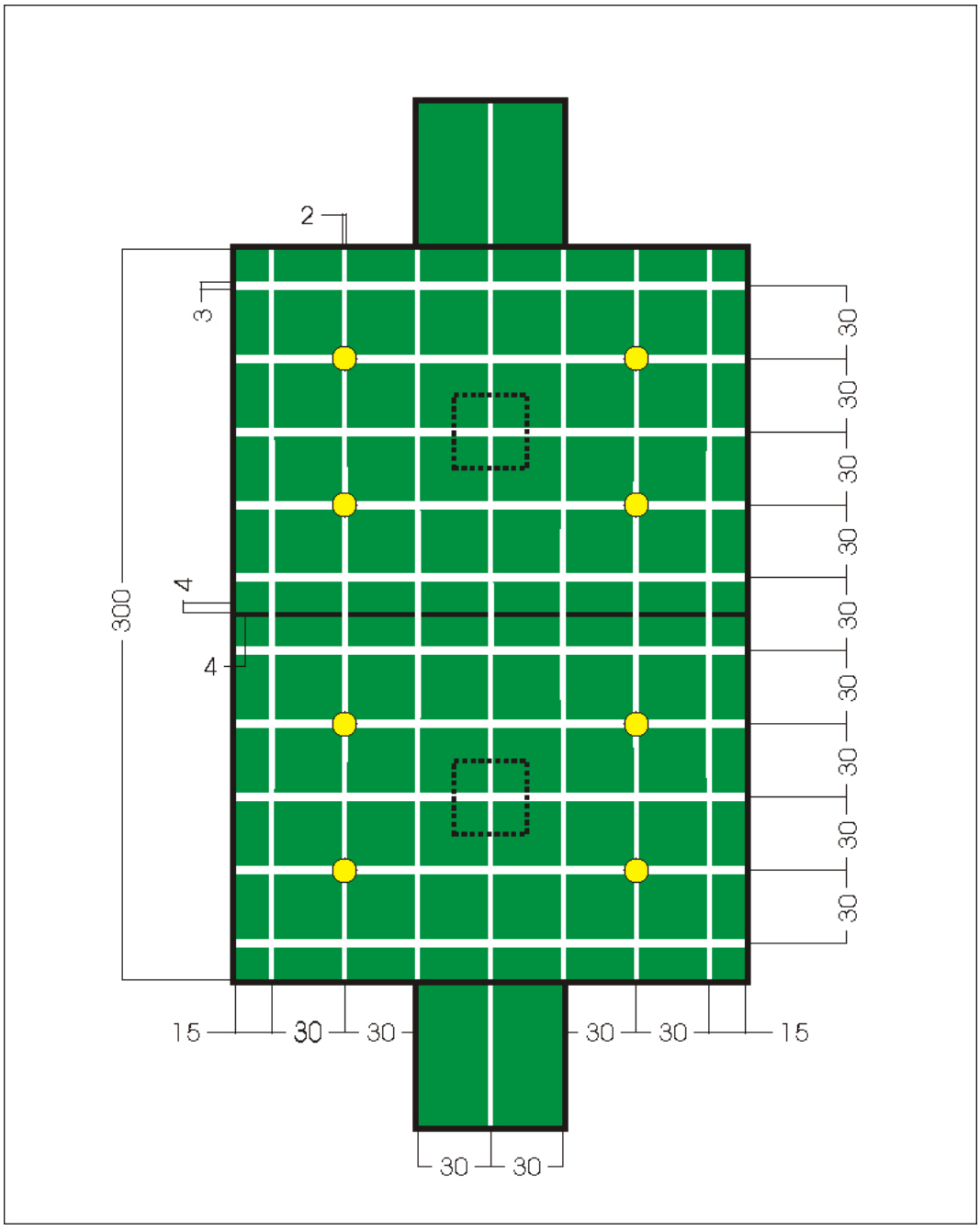

Figure 3 : Aire de travail (les cotes sont données en cm)

Il s'agit d'une table rectangulaire de 300 cm x 210 cm, peinte en vert. L'aire de jeu est quadrillée de lignes blanches. L'espacement entre chacune d'entre elles est de 30 cm. Il y a donc 10 lignes sur la longueur totale du terrain (donc 5 de chaque coté du filet) et 7 lignes sur sa largeur. Les lignes transversales ont une largeur de 3 cm, les lignes horizontales, une largeur de 2 cm.

L'ensemble de l'aire de jeu est délimité par un mur de 7 cm de haut (ce rebord est situé à l'extérieur de la piste et n'entre donc pas dans les dimensions mentionnées ci-dessus). Les surfaces carrées de 60 x 60 cm située aux extrémités du terrains sont destinées à recueillir les balles hors jeux (lancées hors du terrain). Il est interdit aux robots de venir y récupérer les balles.

Le "filet" central est constitué d'un mur de 15 cm de haut. Les 7 cm à la base de ce filet ainsi que tous les murs entourant la surface de jeu sont recouverts de bandes catadioptres, à l'exception des 4 coins marquant la jonction entre le filet et les murs où des bandes mortes de 4 cm sont préservées.

Les balles sont initialement placées aux intersections des 2ème et 6ème lignes transversales et des 2ème, 4ème, 7ème et 9ème lignes horizontales. La position de départ des robots doit être centrée sur les intersections des 3ème et 8ème lignes horizontales avec la 5ème ligne transversale.

Toutes les dimensions données ici s'entendent avec une tolérance de ± 2%.

2.3. *Restrictions*

Le périmètre extérieur[3] des robots ne doit jamais dépasser 120 cm. Les robots ne peuvent transporter qu'une balle à la fois.

L'utilisation de produits corrosifs ou pyrotechniques et d'être vivants est interdite. Les robots doivent de façon générale être conçus de façon à ne pas risquer d'endommager l'aire de travail ou le robot adverse.

Toute action n'ayant pas un rapport direct avec le fonctionnement du robot, mais visant à nuire au bon déroulement du jeu, tel que décrit dans ce règlement, sera refusée.

3. Organisation et planning

Cinq étapes importantes jalonneront le déroulement du projet sur l'année :

- la présentation de l'avant-projet, au cours de la semaine 7 du premier quadrimestre ;
- l'état d'avancement 1 / remise des plans de fabrication, au cours de la semaine 13 du premier quadrimestre ;
- l'état d'avancement 2, au cours de la semaine 6 du second quadrimestre ;
- l'état d'avancement 3 / confirmation, au cours de la semaine 10, juste avant les vacances de Pâques ;
- la présentation finale et le déroulement de la compétition au cours de la semaine 13.

Ces jours et lieux seront précisés au cours de l'année. Seront également précisées à cette occasion les attentes exactes de l'équipe enseignante pour chacune de ces échéances.

3.1. *Avant-projet*

Comme dans tout projet mené par des ingénieurs et non par des bricoleurs, l'étape de fabrication des robots ne peut commencer qu'une fois le concept clairement défini et accepté par l'équipe enseignante en tant que donneur d'ordre. C'est ce que l'on appelle l'***avant-projet***. Établissement d'un cahier des charges, schéma fonctionnel, brainstormings, tableaux morphologiques, évaluation et comparaison des solutions sont autant d'étapes à réaliser pendant les semaines qui précèdent la présentation de votre avant-projet. Le cours de conception mécanique (MECA 2821) servira de base à la réalisation de cette étape fondamentale du projet.

L'avant-projet présenté et approuvé par l'équipe enseignante, la conformité du robot réalisé par rapport à ce que prévoyait l'avant-projet devient dès lors un des critères principaux d'évaluation durant toute la phase de réalisation. Toute modification apportée par rapport à cet avant-projet doit donc être indiquée et justifiée.

On comprend dès lors l'importance de cette étape cruciale dans le déroulement du projet. Sachant qu'un robot gagnant est avant tout un robot bien conçu, c'est lors de cette phase que se détermine

[3] mesuré sur la projection orthogonale du robot sur l'aire de travail.

souvent le classement de la compétition finale. À ce propos, les ELME22 qui vous ont précédés, nous ont demandé de vous transmettre ces deux conseils :

- Prenez le temps de penser avant d'agir, par exemple dessinez les pièces avant de les usiner : vous éviterez d'avoir à les recommencer.
- Le plus simple est souvent ce qui marche le mieux : un projet bien conçu et simple dans ses principes prend moins de temps à réaliser et est plus fiable (prend moins de temps à dépanner).

Respecter durant la phase de réalisation les choix faits lors de cette étape de conception ne doit pas être perçu comme une contrainte. Il s'agit plutôt pour les groupes d'une garantie de bonne fin. D'une part, parce que remettre sans cesse en cause les choix faits est la meilleure façon de ne jamais passer à l'action et de n'avoir ainsi aucun robot opérationnel en fin d'année. D'autre part, parce que l'équipe enseignante n'accepte un avant-projet que si elle estime, d'après son expérience, que sa réalisation est faisable, par des étudiants ingénieurs, dans le cadre du volume horaire prévu. Certaines modifications de l'avant-projet peuvent conduire à un surcroît de travail non négligeable qui vous empêcherait de finir le projet dans les temps.

Les groupes disposent durant cette phase importante de l'aide d'un tuteur. Ce tuteur restera d'ailleurs une personne de référence pour le groupe pour toute la suite du projet.

En ce qui concerne la ***présentation*** de l'avant-projet, après un rappel des objectifs du projet et du cahier des charges, les différentes étapes de la démarche de conception seront exposées en quelques transparents. La solution retenue sera exposée en détail en veillant à bien préciser les concepts retenus pour les différentes disciplines et leur intégration.
L'avant-projet électromécanique doit, entre autres, être présenté sous forme d'une maquette et d'éventuels schémas d'ensemble qui contiendront déjà les éléments principaux du dispositif à concevoir et ses cotes fonctionnelles (emplacement des roues, des moteurs, des capteurs, des cartes, des batteries…). Nous vous demandons également de choisir un « nom » pour votre robot, ce qui permet d'identifier facilement les groupes.

3.2. *États d'avancement*

Les états d'avancement sont des occasions de rencontrer l'équipe d'enseignant pour faire le point sur… l'état d'avancement du projet, groupe par groupe.

Les enseignements qui peuvent en être tirés sont tout aussi utiles pour les étudiants que pour l'équipe. C'est l'occasion pour les groupes de faire le point sur la situation, de recevoir des conseils, de vérifier si le planning des actions restant à mener d'ici l'échéance finale est réaliste. D'expérience, les avis et les conseils que vous pourrez recueillir à cette occasion sont précieux. N'omettez pas de les notez et d'en rédiger une synthèse dès l'issue de la rencontre

À partir de la vision de l'état d'avancement de l'ensemble des groupes à une date donnée, l'équipe d'enseignants peut éventuellement prendre les mesures nécessaires (apport d'une aide supplémentaire, modification d'un point du règlement) pour permettre au projet de continuer à se dérouler dans de bonnes conditions.

En ce qui concerne spécifiquement l'état d'avancement 1, il est impératif qu'à cette date, les plans de fabrication des pièces à faire usiner par l'atelier de mécanique soit achevés. Faute de quoi, il est impossible de vous garantir que ces pièces pourront être fabriquées dans les délais.

En ce qui concerne spécifiquement l'état d'avancement 3, on s'attend qu'à cette date la structure électromécanique des robots soit achevée et opérationnelle. Faute de quoi, la présentation et l'évaluation de votre robot pourrait être reportée à la session de septembre.

3.3. *Présentation finale*

La présentation finale se veut une synthèse du travail réalisé tout au long de l'année. Vous y rappellerez donc en quelques transparents les principales étapes de votre projet, confronterez le robot que vous avez réalisé avec l'*avant-projet* que vous aviez défini au premier quadrimestre en justifiant les corrections et les changements apportés.
On attend que vous portiez un regard critique sur le travail que vous avez effectué et que vous donniez les enseignements que vous en avez tirés.

Une démonstration privée achèvera cette présentation finale. Elle constituera la première série d'essai en vue de la qualification des robots à la phase de compétition.

3.4. *Compétition*

La compétition se déroulera en deux temps : une phase de qualification, une phase de duels.

Pour être qualifiés, les robots doivent avoir montré qu'ils sont de saisir une balle et l'envoyer de l'autre coté du filet. Les robots seront chronométrés et classés du plus rapide au plus lent. Deux séances d'essai sont prévues. L'une de ces séances sera « privée » et aura lieu à la fin de la présentation finale, l'autre « publique », au début de la compétition. C'est la somme cumulée des deux temps aux essais qui sert de référence pour l'établissement du classement. Les robots incapables de réaliser au moins une fois la tâche au cours de l'une ou l'autre de ces séances ne sont pas qualifiés pour la phase de duels.

On trouvera sur la page web du projet des exemples de tableau de compétition en fonction du nombre de robots qualifiés.

4. Infrastructure

4.1. *Laboratoire de mécatronique*

Un local est mis à la disposition des étudiants sur toute la durée du projet, à leur usage exclusif (bâtiment Maxwell, aile C). Ce local est équipé de PC (un par groupe), d'un petit atelier de fabrication mécanique, d'équipements électriques (alimentations, oscilloscopes), d'un stock de composants électriques et mécaniques…

Par respect pour le personnel de service, nous vous demandons de maintenir tout au long de l'année le local qui vous est confié dans un état de propreté raisonnable (brosses, balais et aspirateurs sont à votre disposition). Le ménage est fait le lundi : rangez à la veille du week-end ou au plus tard le dimanche soir.
Pensez aussi que d'autres personnes travaillent dans le bâtiment et peuvent souhaiter le faire dans le calme.

Compte tenu des investissements financiers réalisés par l'université dans ce projet (près de 50 000 €) et la mise à la disposition des étudiants d'équipements importants (machine-outils, outillages divers, PC, logiciels, moteurs, micro-controleurs, …), une ***caution de 60 €***, est demandée à chaque étudiant. Aucune clef du laboratoire ne sera remise au groupe avant que tous ses membres aient payé la caution. Le paiement de la caution et la remise des clefs s'effectue au secrétariat LEI, Bâtiment Maxwell, Aile B.

La caution vous sera restituée en 14ème semaine du second quadrimestre après que les robots aient été démontés, l'état des pièces coûteuses (moteurs, micro-processeurs, …) vérifié, l'inventaire des outils mis à votre disposition réalisé et le local nettoyé.

Les organisateurs du projet se réservent le droit de retenir du montant de la caution les frais liés au remplacement des pièces et outils mises hors d'usage ou perdus.

4.2. *Site internet*

Plus d'information sur le ***site officiel*** du projet:

http://www.lei.ucl.ac.be/elme22