

FRÉDÉRIC GIAMARCHI

# **JE CONSTRUIS MON ROBOT SUMO**

**Bases techniques,  
programmation et réalisation**

**ETSF**

EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES FRANÇAISES

<p>Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.</p>		<p>d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour</p>
<p>Le Code de la propriété intellectuelle du 1<sup>er</sup> juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements</p>	<p>les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée. Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).</p>	

Couverture : Rachid Marai  
 Illustrations intérieures : Ursula Bouteville-Sanders

© Dunod, Paris, 2011  
 ISBN 978-2-10-055111-8

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2<sup>o</sup> et 3<sup>o</sup> a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

# TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE		PAGE
	<b>Avant-propos</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Les robots mini-sumo</b>	<b>5</b>
	1.1 Le projet	6
	1.2 L'étude	6
	1.3 Quelques réalisations	8
<b>2</b>	<b>Les règles du tournoi</b>	<b>11</b>
	2.1 Les règlements des tournois de robots sumo	12
	2.2 Les tableaux des rencontres	18
<b>3</b>	<b>L'architecture mécanique</b>	<b>19</b>
	3.1 Les types de structures	20
	3.2 Une mécanique simple mais fiable	22
	3.3 Étude dynamique	24
	3.4 La motorisation	27
<b>4</b>	<b>L'architecture électronique</b>	<b>35</b>
	4.1 Synoptique de la partie électronique	36
	4.2 Les différentes fonctions	37
	4.3 Les liaisons	39
	4.4 Les sources d'alimentation	41
<b>5</b>	<b>La programmation</b>	<b>43</b>
	5.1 Quels logiciels utilisés ?	44
	5.2 Les programmeurs	50
<b>6</b>	<b>Objectif intermédiaire</b>	<b>51</b>
	6.1 Les schémas électroniques	52
	6.2 Les convertisseurs microcontrôleur/PC	61

---

<b>7</b>	<b>La carte de contrôle</b>	<b>65</b>
	7.1 La carte Picky 16F	66
	7.2 La carte Picky 18F	70
	7.3 La carte Picky deuxième version	71
	7.4 L'alimentation	73

---

<b>8</b>	<b>Contrôle d'un moteur à courant continu</b>	<b>77</b>
	8.1 Principe du hacheur	78
	8.2 Schéma de commande	79
	8.3 Montage de type pont en H	82
	8.4 Commande de servomoteur	85

---

<b>9</b>	<b>Les capteurs</b>	<b>87</b>
	9.1 Détection de la bordure blanche	88
	9.2 Détection de l'adversaire par module récepteur infrarouge	93
	9.3 Détection de l'adversaire par capteur Sharp infrarouge	98
	9.4 Détection de l'adversaire par module ultrasons	100
	9.5 Détecteur de chocs	101
	9.6 Capteurs de vitesse	102
	9.7 Moniteur de tension	103
	9.8 Mesure de courant	103
	9.9 Autres capteurs	104

---

<b>10</b>	<b>Le robot de combat</b>	<b>107</b>
	10.1 Carte de détection de la bordure	108
	10.2 Carte principale	109
	10.3 Programmation	117

---

	<b>Conclusion</b>	<b>131</b>
--	-------------------	------------

---

	<b>Quelques références utiles</b>	<b>135</b>
--	-----------------------------------	------------

---

# AVANT-PROPOS

*« La raison est limitée, ce qui fait progresser la science  
c'est l'imagination. »*

Albert Einstein

À une époque où la recherche d'une éducation plus propice au développement de l'enfant et l'apprentissage des savoirs fondamentaux sont les directives des gouvernements, on constate l'échec des conseils prodigués par le haut et l'émergence de solutions locales initiées par des bonnes volontés.

Ce projet voudrait en être un autre exemple. L'enseignement est un sacerdoce qui nécessite plus de libertés pour s'adapter à l'évolution des mœurs de la société et des enfants qui représentent son futur. Comment motiver les adolescents ? Les médias le savent très bien depuis longtemps. Il faut faire briller des étoiles devant leurs yeux. Il faut les inviter à participer. Il faut les rendre acteurs de leur vie.

Dans le cadre d'une pédagogie de découverte des sciences, l'étude et la réalisation d'un objet, même ludique, n'est plus suffisant. Il faut aller au-delà, créer une dynamique de groupe, un projet commun, un but à atteindre. Participer à une compétition régionale, c'est développer un esprit de compétition qui peut donner le goût de l'effort, du détail, du travail récompensé.

Ce livre vous propose de concevoir vous-même un robot de type mini-sumo, mais ce n'est pas tout. Il s'agit aussi d'une mise à jour de vos connaissances en électronique, mécanique et programmation pour concevoir et programmer d'autres robots.

Effectivement, même si l'ouvrage est orienté vers la conception d'un robot de type mini-sumo, ses divers chapitres peuvent être lus dans une optique plus globale et servir à concevoir un robot différent.

L'accent est mis sur les divers points essentiels pour concevoir un robot avec un maximum de chances de réussite.

Le projet permet de suivre un règlement, de choisir une architecture mécanique, de sélectionner une motorisation en fonction de la puissance recherchée, de calculer les composants, de dessiner les schémas électroniques, de programmer une stratégie.

Il vous est proposé de concevoir votre robot mini-sumo en deux étapes. L'intérêt pédagogique est mis en avant afin d'assurer la réussite de ce projet.

La première étape permet de mettre en œuvre les premiers capteurs avec un microcontrôleur et une petite interface de commande des moteurs. L'objectif à atteindre est bien évidemment de se rassurer en résolvant les petits problèmes techniques de base qui empoisonnent le débutant.

Puis nous proposons une deuxième étape où la conception sera complète avec des aspects de test et fiabilité proches d'une démarche qualité. Cette étape plus longue doit vous apprendre à structurer votre travail et à planifier les tâches. L'objectif final n'est pas seulement la réalisation d'un robot compétitif mais surtout l'accomplissement personnel d'une tâche *a priori* ambitieuse.

La réalisation personnelle d'un montage électronique est une démarche qui est devenue de plus en plus marginale dans notre société. Au fur et à mesure que la technologie devient plus sophistiquée, nous nous éloignons des composants pour ne voir que le système et sa facilité de mise en œuvre. Sortir chaque nouvel objet technique nécessite pourtant des heures de recherche et de développement.

Son utilisation à la portée de tous et son faible coût réduisent l'électronique à un vulgaire ustensile de la vie quotidienne. Nous ne prenons plus le temps de comprendre lorsque cela ne fonctionne plus et nous changeons pour un nouveau modèle. De toute manière, les services après-vente ne sont plus là que pour faire illusion. En effet, les produits électroménagers sont prévus pour tomber en panne au bout d'un certain nombre d'heures de fonctionnement. Et la panne est volontairement irréparable. D'autre part, il n'y a quasiment plus de techniciens dignes de ce nom derrière chaque service après-vente.

Il est vraiment dommage que notre société occidentale laisse les connaissances techniques à d'autres pays peu scrupuleux qui n'hésiteront pas à nous asservir.

Il existe pourtant des solutions pour attirer les jeunes vers les sciences. Les compétitions de robotique permettent de vivre une aventure personnelle ou en groupe très enrichissante. Au même titre que les compétitions sportives, tous les aspects exaltants et humains sont présents pour apprécier les réalisations. Parmi

celles-ci, les tournois de robots mini-sumo sont très spectaculaires. Initiés par le Japon depuis les années 1990 où ils sont devenus très populaires, ils sont apparus aux États-Unis dix ans plus tard et depuis quelques années sur notre vieux continent.

Les compétitions de robotique sont des lieux d'échanges entre passionnés et aussi l'occasion de montrer les réalisations plus ou moins sophistiquées des amateurs ou des chercheurs.

Nous sommes émerveillés par les prouesses informatiques que des sociétés développent pour le cinéma. Or, au Japon, il existe de nombreux salons où les amateurs de robotique viennent montrer leur réalisation devant les yeux tout autant émerveillés des visiteurs.

Les outils logiciels dont nous disposons actuellement sont extraordinaires en comparaison des premiers programmes sous DOS. Les composants actuels sont fantastiques par leurs performances. Le domaine de la robotique offre à tous des possibilités de projets pour une centaine d'années. Internet permet d'échanger des idées au travers des forums. Tout cela, ensemble, ne peut que générer des grandes avancées où chacun peut avoir sa place. L'exemple le plus intéressant est le concours Google Lunar X Prize, qui propose un prix de 30 millions de dollars à qui enverra un robot sur la Lune. Cette démarche, à la base pédagogique, doit permettre à tous de participer aux grands enjeux de ce nouveau siècle.

Je remercie tous les amateurs que j'ai pu rencontrer depuis une dizaine d'années aux travers de mes tournois. Ce sont eux qui m'ont donné l'envie d'écrire ces ouvrages et d'organiser toutes ces rencontres amicales qui nous réunissent.

Je remercie tous ceux qui ont accepté de me permettre de publier les photos de leurs réalisations.

Je remercie aussi mes étudiants avec lesquels j'ai pu tester différentes approches pédagogiques, mes collègues, pour leur soutien, et ma famille, pour sa patience.



**1****LES ROBOTS  
MINI-SUMO**

<b>1.1</b>	<b>Le projet</b>	<b>6</b>
<b>1.2</b>	<b>L'étude</b>	<b>6</b>
<b>1.3</b>	<b>Quelques réalisations</b>	<b>8</b>

<b>2</b>	Les règles du tournoi	11
<b>3</b>	L'architecture mécanique	19
<b>4</b>	L'architecture électronique	35
<b>5</b>	La programmation	43
<b>6</b>	Objectif intermédiaire	51
<b>7</b>	La carte de contrôle	65
<b>8</b>	Contrôle d'un moteur à courant continu	77
<b>9</b>	Les capteurs	87
<b>10</b>	Le robot de combat	107

Réaliser un robot de ses mains est une réussite en soi, le programmer, le débayer, l'améliorer est une satisfaction personnelle. Mais lorsqu'il s'agit de le comparer aux autres lors d'une rencontre ou d'un combat, c'est le stress, l'angoisse, l'émotion, la joie, la déception. On ne rencontre ces sentiments que lors des tournois et il est tout à fait logique de les comparer aux rencontres sportives qui peuvent être des moments de joie pour les équipes et leurs supporters.

### 1.1 LE PROJET

La conception d'un robot pour le loisir, pour la compétition ou pour apprendre autrement est devenue un enjeu commercial. De nombreuses sociétés essaient d'en tirer parti en proposant des produits toujours plus innovants et spectaculaires. Mais ces robots restent chers et leurs performances sont souvent bien au-delà de nos besoins.

Après avoir testé de nombreux types de robots simples ou plus compliqués, ludiques ou techniques, étonnants ou amusants, il est possible d'en retenir certains comme représentatifs de la robotique ludique pour débayer. À l'exemple du suiveur de ligne qui représente parfaitement le robot d'initiation. Or, il lui manque quelque chose d'essentiel, le spectaculaire.

Le robot de type mini-sumo est très proche dans sa conception d'un suiveur de ligne, mais il possède un atout majeur, il doit être capable de combattre contre un adversaire. Il s'agit là d'un sentiment humain, être plus fort que l'autre.

### 1.2 L'ÉTUDE

Ce livre vous propose d'analyser les diverses parties essentielles d'un robot de type sumo afin de vous permettre de réaliser le vôtre.

Nous avons souhaité vous montrer un premier exemple simple sans trop rentrer dans les détails. Son intérêt réside dans le temps nécessaire pour le réaliser et le faire fonctionner. Nous savons combien il est frustrant de réaliser un robot, puis de constater qu'il ne fonctionne pas ou mal. Vous pourrez le programmer pour détecter la bordure du dohyo et lui faire suivre cette bordure tout autour du dohyo ou plus simplement une ligne.

Pour réaliser un robot de type mini-sumo, vous pouvez lire l'ensemble des chapitres qui expliquent successivement le fonctionnement, le choix et les calculs des divers éléments, ou bien passer directement à la réalisation finale qui propose une solu-

tion toute faite regroupant un compromis des divers éléments étudiés.

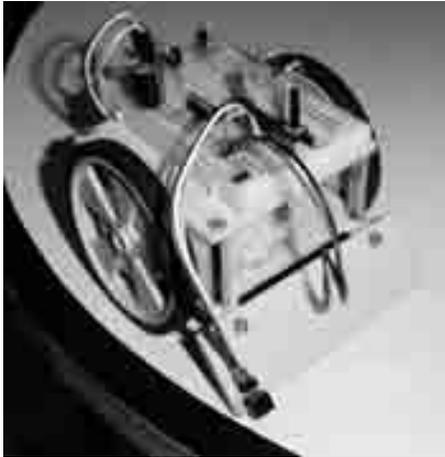


Figure 1.1.  
Première réalisation,  
un robot suiveur de  
bordure.

La solution proposée, quoique tout à fait opérationnelle et compétitive, n'en reste pas moins perfectible. Malgré les nombreuses versions qui ont été réalisées, nous avons pu constater, à l'occasion, quelques destructions de composants. Certes les maquettes ont été soumises à rude épreuve entre les mains d'étudiants débutants qui découvraient l'art de la soudure ou encore la programmation d'un microcontrôleur. Il en ressort une incroyable résistance de certains composants électroniques lors de court-circuit, comme les régulateurs de tension ou les microcontrôleurs, ou encore des destructions, à la pelle, de capteurs optiques trop chauffés.

Les principales causes de non-fonctionnement sont les connexions erronées et l'empressement à tester son programme, sans l'avoir simulé au préalable.



Figure 1.2.  
La réalisation  
proposée,  
finaliste 2010.

## 1.3 QUELQUES RÉALISATIONS

Voici quelques réalisations des robots mini-sumo ayant participé aux précédents tournois. Derrière chaque réalisation, il y a un passionné qui donne le meilleur de lui-même. Certains candidats nous présentent régulièrement de superbes réalisations. Mais pour la plupart, et ce sont les plus nombreux, ce n'est pas l'esthétique qui est recherchée, mais la technique qui surpassera les autres robots. Chaque robot se démarque des autres par des petits détails qui font parfois la différence.



Figure 1.3.  
Yemo, superbe robot  
à chenilles qui a été  
troisième en 2005.



Figure 1.4.  
Nimesis, vainqueur  
en 2005.

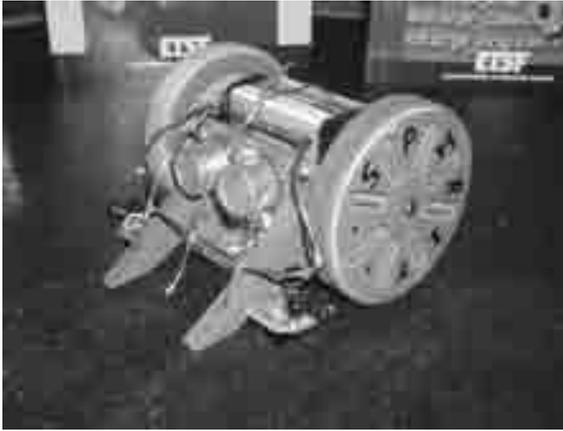


Figure 1.5.  
Spirit le gladiateur,  
puissant vainqueur  
en 2007.

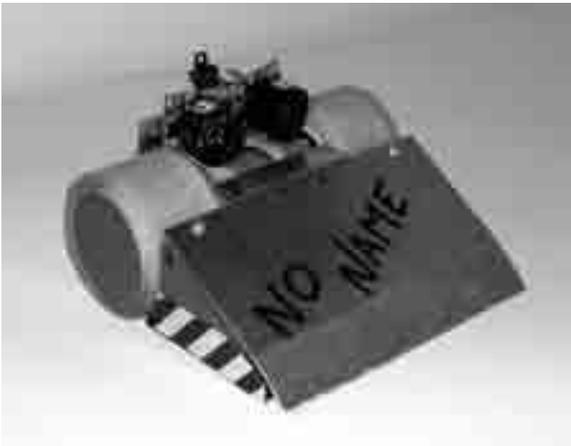


Figure 1.6.  
Noname, très rusé  
finaliste 2007.

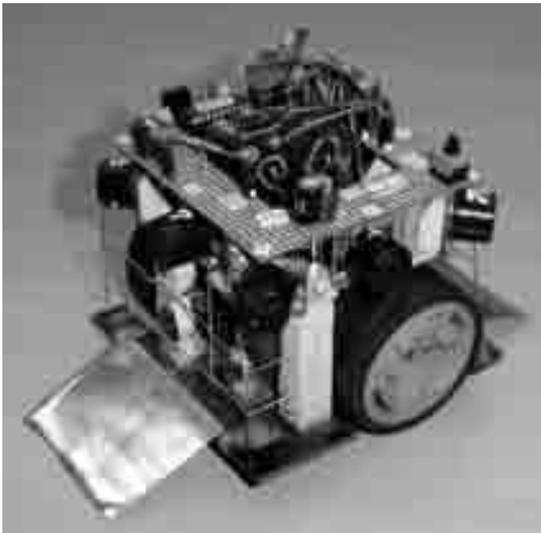


Figure 1.7.  
Nikaia, vainqueur  
de l'édition 2010.

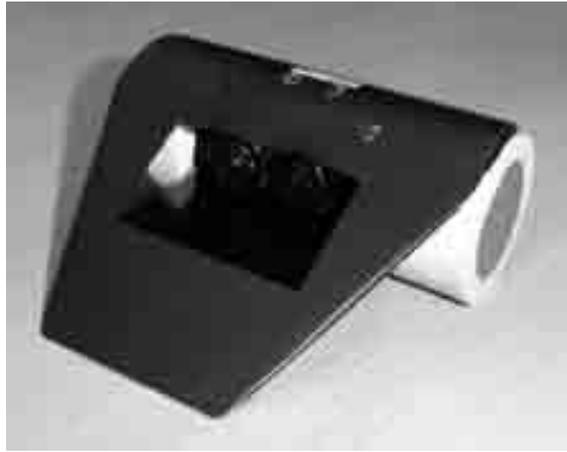


Figure 1.8.  
Chimère, demi-finaliste 2010.

Encore une fois, en vous baladant sur la Toile, vous trouverez de nombreux exemples de réalisations. Il est toujours intéressant de voir les idées que certains concurrents trouvent pour améliorer leur robot.

### Suppléments en ligne

Rendez-vous sur [www.dunod.com](http://www.dunod.com) à la page associée au livre pour télécharger les documents permettant de réaliser le projet de robot sumo présenté dans cet ouvrage.

Également disponibles sur le site de l'auteur :  
[www.geii.iut-nimes.fr/fg](http://www.geii.iut-nimes.fr/fg)

# 2

## LES RÈGLES DU TOURNOI

2.1 Les règlements des tournois de robots sumo	12
2.2 Les tableaux des rencontres	18

<b>3</b>	L'architecture mécanique	19
<b>4</b>	L'architecture électronique	35
<b>5</b>	La programmation	43
<b>6</b>	Objectif intermédiaire	51
<b>7</b>	La carte de contrôle	65
<b>8</b>	Contrôle d'un moteur à courant continu	77
<b>9</b>	Les capteurs	87
<b>10</b>	Le robot de combat	107

## 2.1 LES RÈGLEMENTS DES TOURNOIS DE ROBOTS SUMO

Les règles suivies correspondent à celles des concours de robots sumo en vigueur au Japon et aux États-Unis, avec quelques modifications.

Une grande liberté est laissée aux organisateurs sur le type de robots sumo : autonome, filoguidé, micro, mini, 1,5 kg ou 3 kg. Mais le plus couru de tous est le mini-sumo autonome. Il est plus facile à réaliser, les risques de destruction sont très faibles et le coût de la réalisation reste dans le domaine du raisonnable.

### Le tournoi de robots mini-sumo en France

Seuls les robots autonomes sont acceptés. Mais afin de faire plaisir aux plus jeunes, il est toujours intéressant de réaliser quelques maquettes simples pour les faire participer. Voici un exemple de réalisation de conception très simple qui a permis d'animer certains tournois associés à des manifestations pour enfants. Il est demandé aux enfants de monter la partie mécanique, châssis, axe, roues, engrenages. La platine moteur doit avoir été soudée préalablement par les étudiants du club. La décoration est la touche d'humour laissée à la discrétion des enfants.



Figure 2.1.  
Mini-sumo  
filoguidé.

### Le règlement du tournoi en France

#### Chapitre 1 – Définition d'un combat

##### *Article 1 : définition*

Un combat oppose deux robots mini-sumo, sur un cercle de sumo (dohyo) en accord avec des règles. Chaque robot est activé par une personne. Les robots doivent avoir été construits par les

participants. Le combat dure jusqu'à ce qu'un des deux combattants marque un point (Yuko), la décision étant délivrée par un juge.

## Chapitre 2 – Caractéristiques d'un dohyo

### Article 2 : définition de l'intérieur d'un dohyo

L'intérieur d'un dohyo représente sa surface, y compris sa bordure.

### Article 3 : le dohyo

Le dohyo est un cercle de 77 cm de diamètre sur 22 mm d'épaisseur minimum (**figure 2.2**). Il est réalisé en bois recouvert d'une plaque d'aluminium de 5 mm d'épaisseur.

- La surface du dohyo est lisse et peinte en noir mat.
- Les lignes de départ (Shikiri-Sen) sont indiquées par deux lignes parallèles marron de 10 cm de long sur 1 cm de large, placées à 5 cm du centre du dohyo.
- Le bord extérieur est indiqué par un cercle de 2,5 cm, peint en blanc brillant, délimitant le dohyo. Le cercle blanc est considéré comme inclus dans le dohyo.
- Le juge peut décider de remplacer le dohyo si nécessaire pendant les jeux.

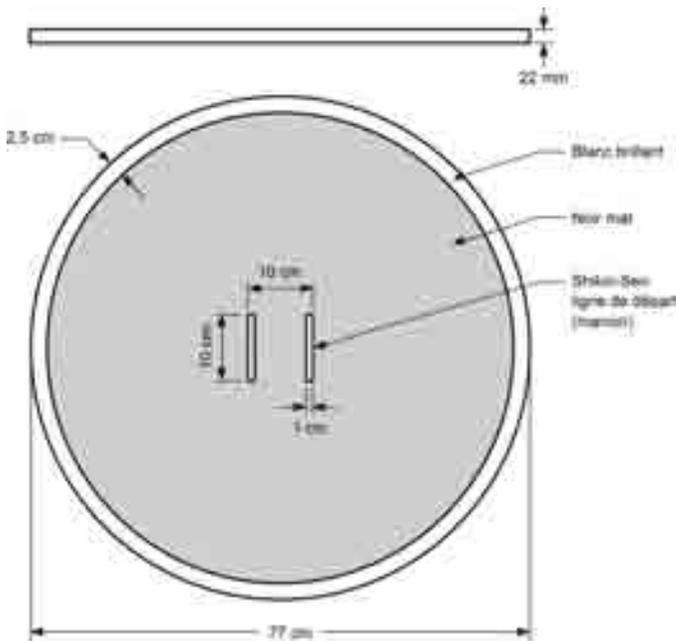


Figure 2.2.  
Schéma  
du dohyo.

### *Article 4 : en dehors du dohyo*

La zone en dehors s'étend jusqu'à 60 cm au-delà des limites du dohyo. Sa couleur ne doit pas être blanche. Il n'y a pas de restrictions sur la nature et la forme de cette zone, dans la mesure où elle respecte l'esprit des règles.

### **Chapitre 3 – Caractéristiques des robots**

#### *Article 5 : caractéristiques*

Les dimensions initiales sont de 10 cm x 10 cm de côté pour une hauteur sans limite.

- Cette classe de robots correspond à celle des moins de 500 g.
- Les robots autonomes doivent démarrer au bout de 5 secondes.
- La source d'énergie est impérativement électrique, de type piles ou accumulateurs.

#### *Article 6 : limitations sur le design du robot*

- Un robot ne doit pas gêner le fonctionnement de son adversaire, par des projections ou des lumières.
- Un robot ne doit pas dégrader le dohyo.
- Un robot ne doit pas utiliser des systèmes qui le bloquent sur place (comme des aspirateurs ou de la colle).
- Un robot ne doit pas projeter quelque chose (liquide, gaz, poudre, feu...).

### **Chapitre 4 – Les rencontres**

#### *Article 7 : principes des rencontres*

- Un combat consiste en trois rencontres de 3 minutes chacune. Le premier à remporter 2 points Yuko est déclaré vainqueur du combat.
- Le robot ayant le plus de points Yuko à la fin d'un combat est déclaré vainqueur.
- Quand aucun des robots n'a reçu de points Yuko ou les deux robots ont un point Yuko, le vainqueur est désigné par les juges. S'il n'existe pas de supériorité évidente et qu'aucun vainqueur n'a pu être désigné, une rencontre supplémentaire est jouée.