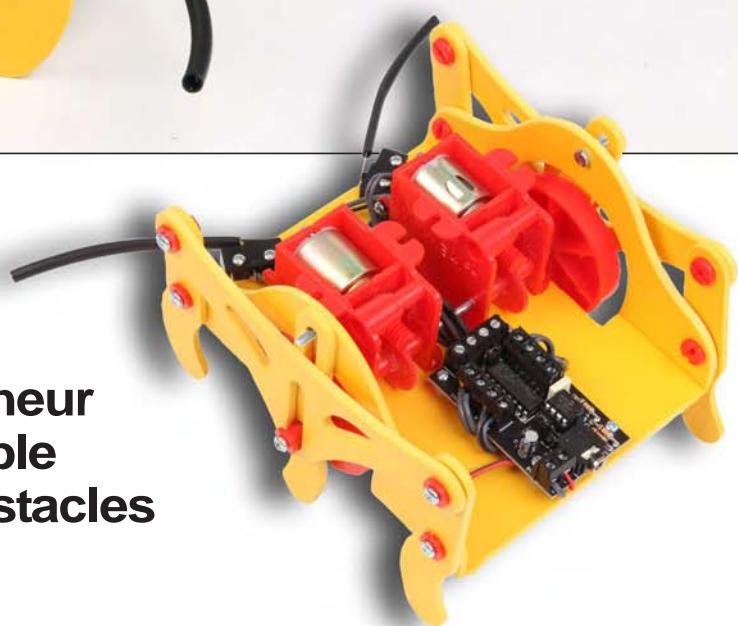


# HexaPod



Robot marcheur  
programmable  
éviteur d'obstacles







**Édité par la Sté A4**

5 avenue de l'Atlantique - 91940 Les Ulis  
Tél. : 01 64 86 41 00 - Fax. : 01 64 46 31 19  
[www.a4.fr](http://www.a4.fr)

## SOMMAIRE

<b>Présentation du produit</b>	02
<b>Dossier Technique et plans</b>	
Nomenclature générale	04
Dessins de définition	
Plaque usinée châssis	06
Grappe Propulso	07
Nomenclature des sous-ensembles	08
Sous-ensemble A (châssis)	09 à 11
Sous-ensemble B (motoréducteur)	12
Sous-ensemble C (électronique)	14
<b>Dossier de fabrication</b>	
Nomenclature du kit	15
Contrôles et réglages	17
<b>Programmation</b>	
Test de fonctionnement	18
Programmes	19 à 22

## CONTENU DU CDROM

Le CDRom de ce projet est disponible au catalogue de la Sté A4 (réf "CD-HXP") ou gratuit en téléchargement sur [www.A4.fr](http://www.A4.fr).

### Il contient :

- Le dossier en version FreeHand ;
- Le dossier en version PDF (lisible et imprimable avec le logiciel AcrobatReader) ;
- Des photos du produit, des images de synthèse, des perspectives au format DXF ;
- **La modélisation 3D complète** du produit dans ses différentes versions avec des **fichiers 3D** aux formats SolidWorks, Parasolid et eDrawings ;
- Les fichiers des programmes sous Programming Editor.

### Ce dossier et le CDRom sont duplifiables pour les élèves, en usage interne au collège\*

\*La duplication de ce dossier est autorisée sans limite de quantité au sein des établissements scolaires, à seules fins pédagogiques, à la condition que soit cité le nom de l'éditeur : Sté A4.

La copie ou la diffusion par quelque moyen que ce soit à des fins commerciales n'est pas autorisée sans l'accord de la Sté A4.

## Présentation 1/2

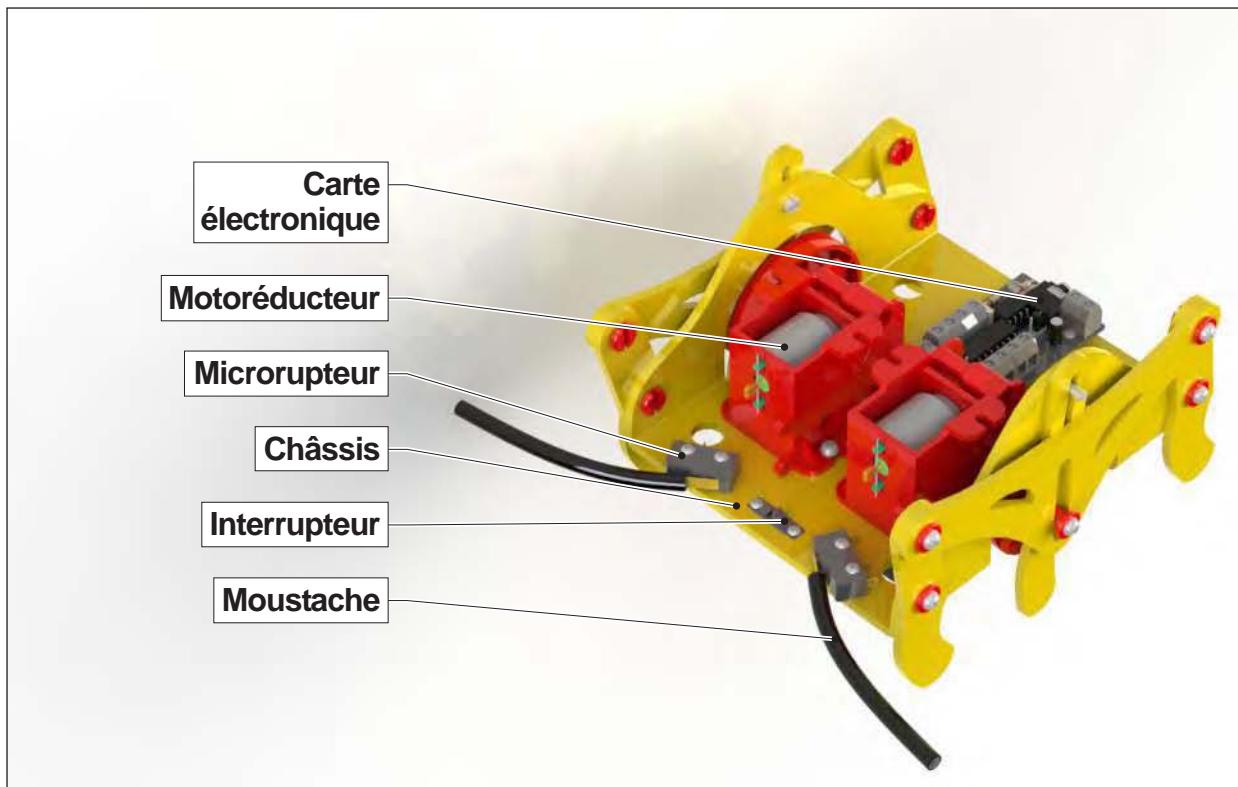
### Présentation du robot HexaPod

HexPod est un robot marcheur programmable. Il est équipé de deux moteurs indépendants pour diriger le robot dans quatre directions (avant, arrière, gauche, droite).

Deux microrupteurs connectés sur la même entrée de la carte permettent de détecter un obstacle (contact gauche et droit indifférenciés).

Le fonctionnement du robot est géré par la carte Picaxe MotoPilot (réf. RAX023-MOTDRIV08) que l'on programme à l'aide de l'environnement de programmation "Programming Editor".

Ce robot peut par exemple se déplacer selon une séquence pré-déterminée et effectuer des manœuvres d'évitement au contact d'un obstacle.



### Fabrication :

- pliage du châssis ;
- coupe et chanfreinage des axes d'entraînement ;
- montage des éléments mécaniques (pas de collage ; liaisons par vis) ;
- montage et câblage de la carte de pilotage MotoPilot sur le châssis.

Les pièces mécaniques des groupes moteurs et les articulations des pattes sont fournies injectées en grappe (panoplie PropulsO) ; le châssis et les pattes en PVC expansé 3 mm sont fournies pré-découpés.

**Note :** pour plus de détails sur la partie mécanique du robot voir le dossier HexaTec.

### Outils spécifiques pour faciliter la réalisation

Ces 2 outils facilitent la fabrication mais ne sont pas indispensables.

#### - Cisaille pour les axes acier de Ø 2 et 3 mm (réf. MA-CISAX03)

Permet une coupe facile et sans danger par les élèves.  
Assure une coupe très propre, presque sans bavure,  
sans risque de fausser l'axe.

#### - Appareil à moleter pour les axes acier de Ø 3 mm (réf. MA-MOLT03)

Permet de renforcer l'entraînement en rotation des roues et roues dentées montées serrées sur les axes des groupes moteurs.  
Evite le glissement de la roue dentée qui entraîne l'axe des roues.



## Programmation

Ce dossier propose des exemples de programmes pour animer le robot HexaPod. Les programmes sont réalisés en mode graphique avec l'application Programming Editor Picaxe®.

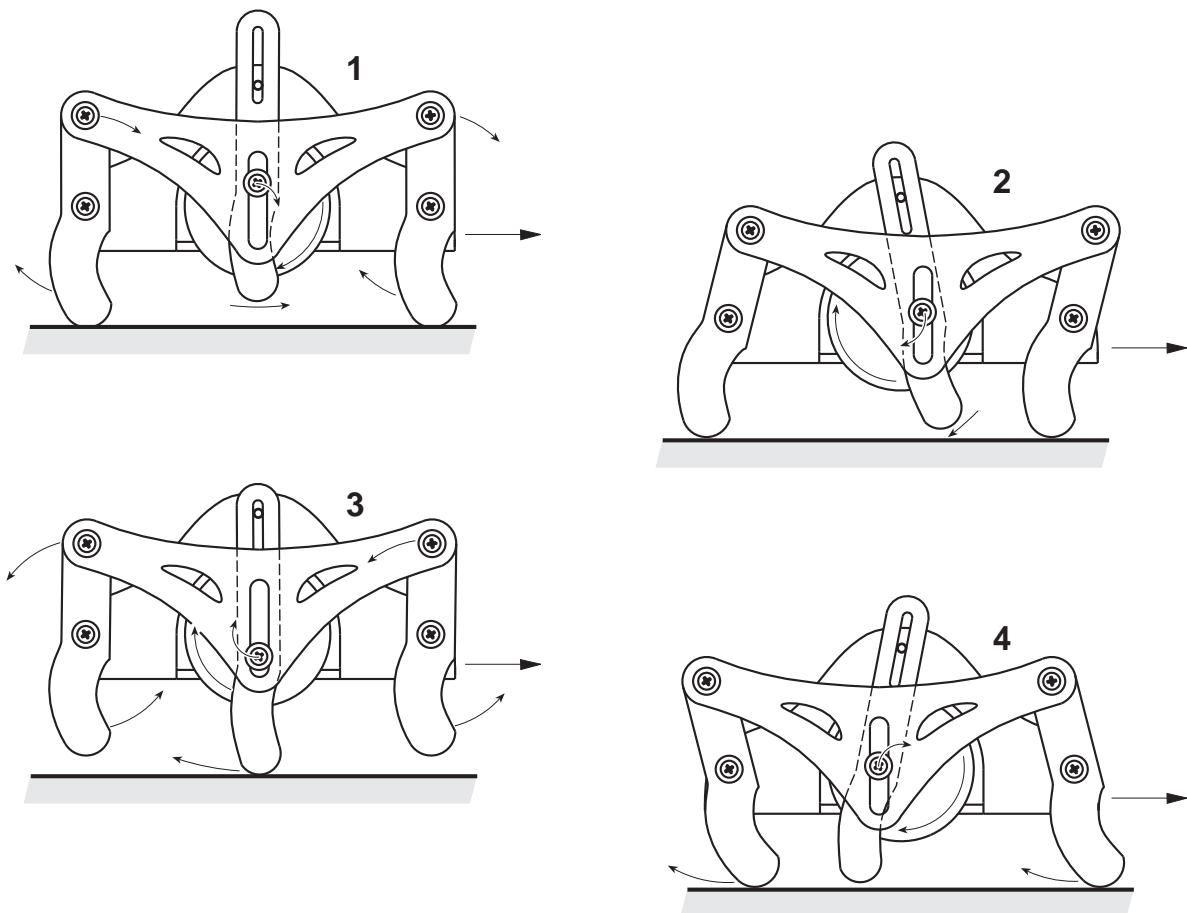
Démarche type pour programmer le robot HexaPod :

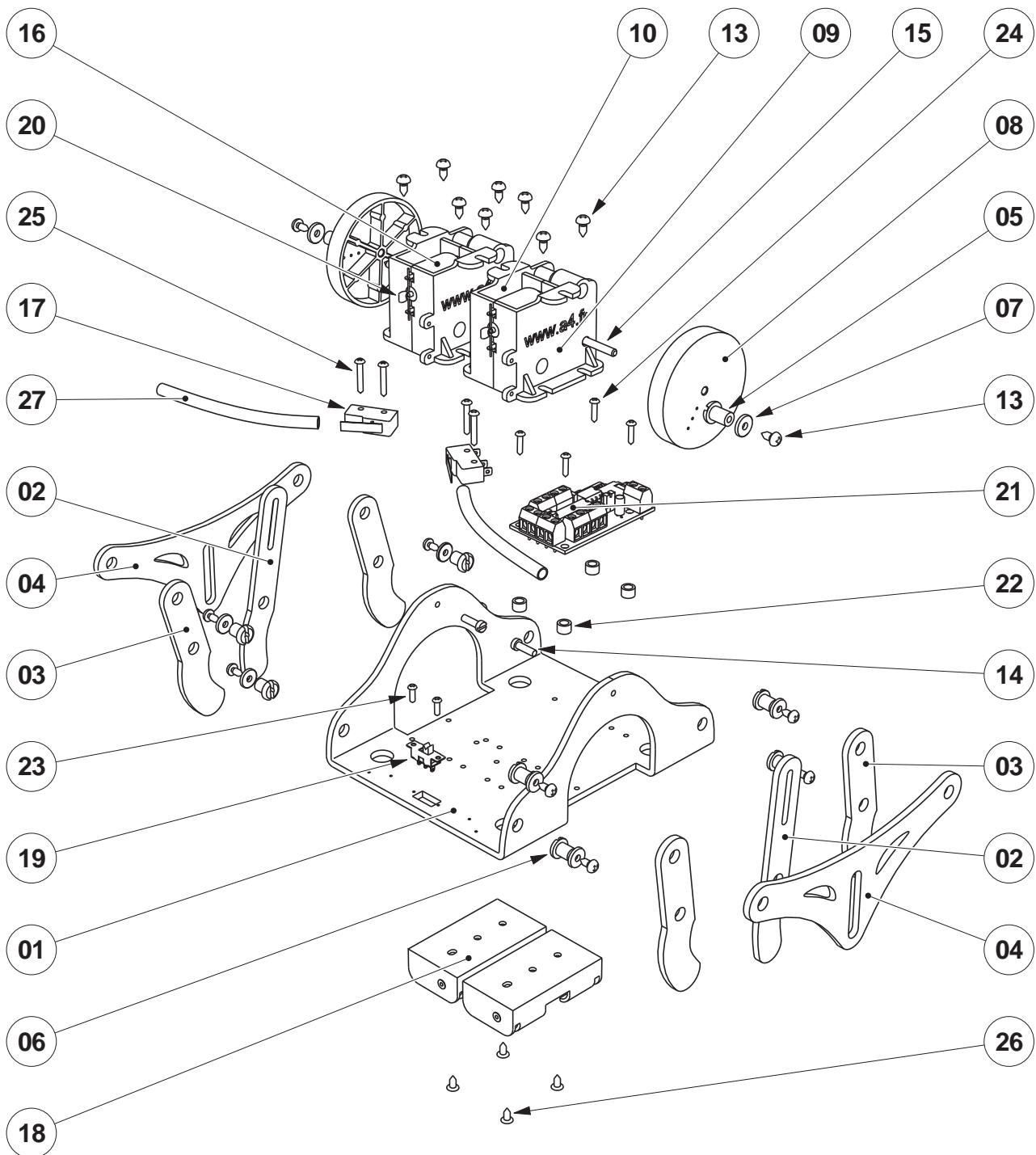
- installer Programming Editor sur un PC ;
- mettre en service le câble de programmation (installer les pilotes) ;
- lancer Programming Editor ;
- choisir le mode correspondant au microcontrôleur Picaxe utilisé (mode 08M2 pour HexaPod) ;
- raccorder HexaPod à l'ordinateur au moyen du câble de programmation ;
- mettre la carte sous tension (allumer le robot) ;
- ouvrir un programme existant ;
- transférer (charger) le programme dans la carte Picaxe qui équipe le robot. Un programme transféré dans une carte Picaxe écrase tout programme précédemment chargé ; une fois programmé, le robot est autonome, on peut débrancher le câble de programmation.

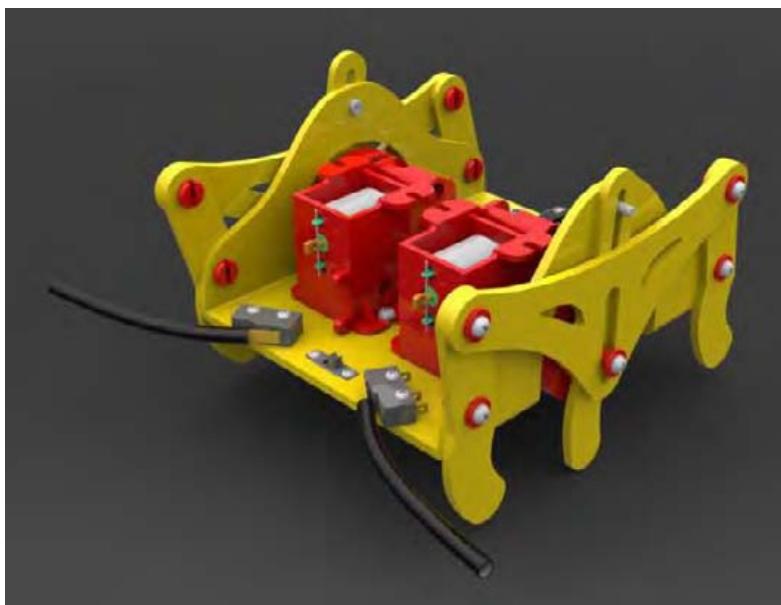
**Note :** l'application Programming Editor est téléchargeable gratuitement à partir du site a4 ([www.a4.fr](http://www.a4.fr)).

Le dossier intitulé "Programmation en mode graphique avec Programming Editor" réf. D-PE décrit les instructions de programmation offertes par Programming Editor et propose des exemples de montages et de programmes qui illustrent leurs utilisations.

## Cinématique des pattes du robot HexaPod

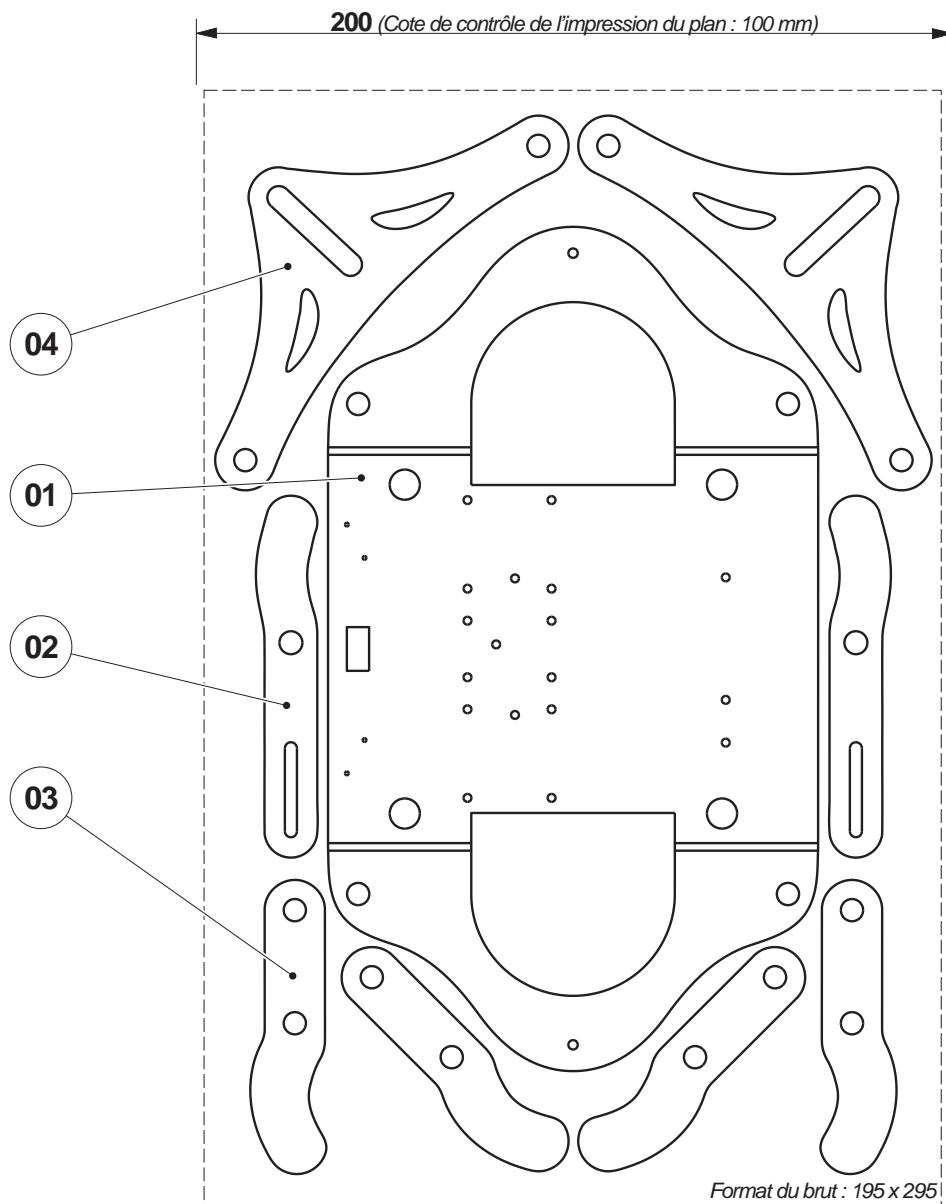






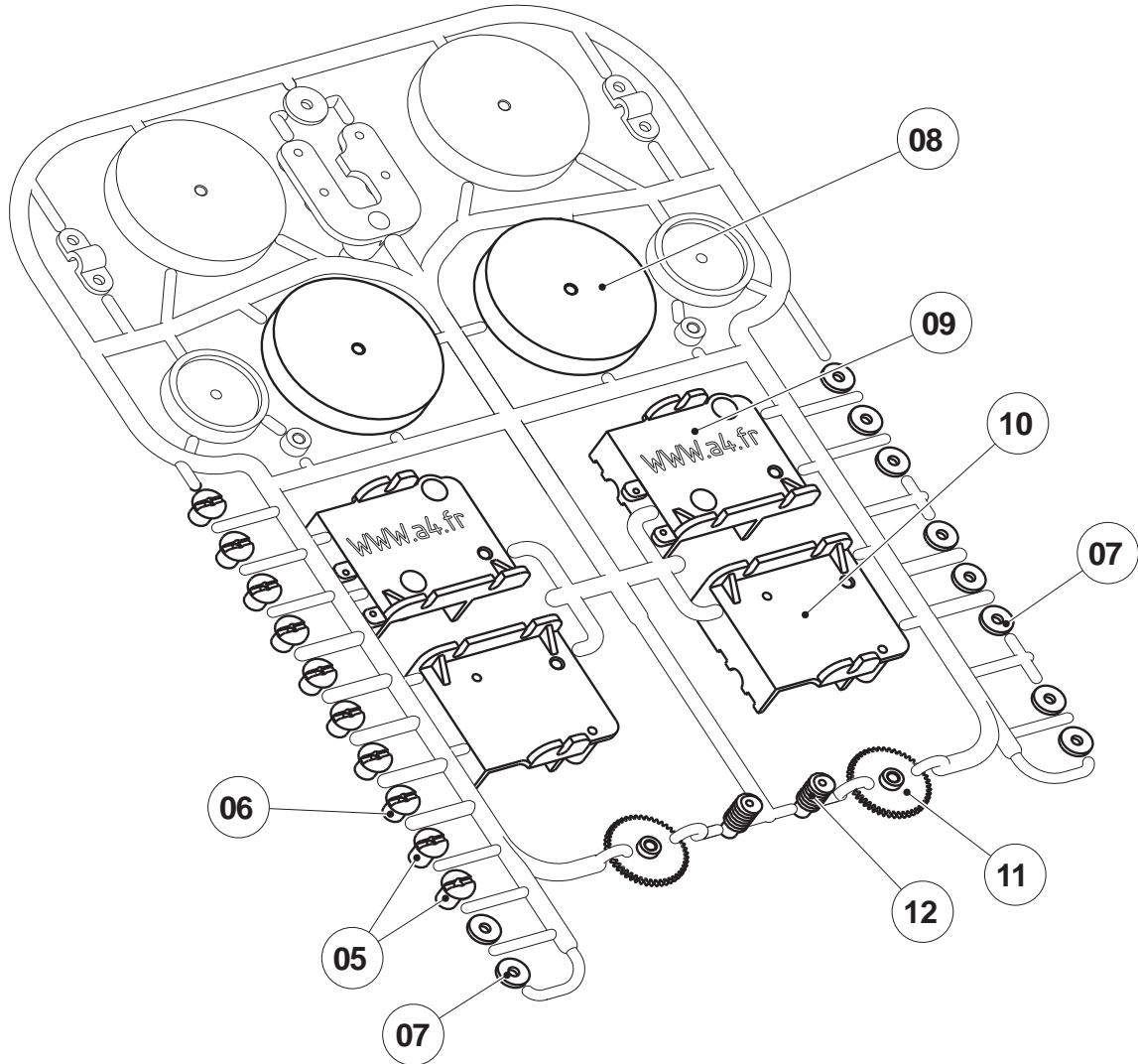
REPÈRE	NOMBRE	DESIGNATION	CARACTÉRISTIQUES
28	04	Fil souple deux conducteurs	Gainé PVC section 1,8 mm, longueur 150 mm. Réf. FIL-SOUP-2C
27	02	Moustache	Gaine plastique Ø 4 x 3 mm, longueur 70 mm. Réf. Gaine-ISOL-3X3M8
26	04	Vis	Acier tête fraîsée Ø 2,9 x 6,4 mm. Réf. VIS-TF-2M9X6M4
25	04	Vis	Acier type tête cylindrique Ø 2,2 x 13 mm. Réf. VIS-TC-2M2X13
24	04	Vis	Acier type tête cylindrique Ø 2,2 x 9,5 mm. Réf. VIS-TC-2M2X9M5
23	02	Vis	Acier type tête cylindrique Ø 2,2 x 6,4 mm. Réf. VIS-TC-2M2X6M4
22	04	Entretoise	Entretoise nylon Ø 6 x hauteur 4 mm. Réf. SK-005-3155-BC
21	01	Carte électronique	Carte pilotage 2 moteurs, avant/arrière. Réf. RAX023-MOTDRIV08
20	02	Condensateur	Condensateur céramique 100 nF (marqué 104). Réf. CER-100N
19	01	Interrupteur	Inverseur à glissière, bouton hauteur 4 mm. Réf. INV-GLI-C
18	02	Support de piles	Pour deux piles LR6 avec sorties fil. Réf. SUP-PIL-2R06-01
17	02	Microrupteur	Dimensions 6 x 10 x 20mm, avec levier 40 mm. Réf. MICRORUP-43M
16	02	Moteur	1,5 à 4,5 V - Ø 21 - Axe de sortie Ø 2. Réf. MOT-D21-2-A
15	02	Axe	Acier doux zingué Ø 3 x 50 mm. Réf. AX-AC-3X166
14	02	Vis	Acier tête cylindrique fendue Ø M3 x 10 mm. Réf. VIS-ACZ-M3X10
13	22	Vis	Acier type tête cylindrique Ø 3 x 6,4 mm. Réf. VIS-TC-2M9X6M4
12	02	Vis sans fin	ABS injecté. Réf. PO-GRAP-R
11	02	Roue dentée	ABS injecté 48 dents. Réf. PO-GRAP-R
10	02	Flanc droit	ABS injecté. Pour groupe moteur A et B. Réf. PO-GRAP-R
09	02	Flanc gauche	ABS injecté. Pour groupe moteur A et B. Réf. PO-GRAP-R
08	02	Roue d'entraînement	ABS injecté Ø 48. Réf. PO-GRAP-R
07	10	Rondelle	ABS injecté Ø 3 x 9. Réf. PO-GRAP-R
06	08	Entretoise épaulée hauteur 6,5	ABS injecté Ø 3 x 6 - Hauteur 6,5. Réf. PO-GRAP-R
05	02	Entretoise épaulée hauteur 8	ABS injecté Ø 3 x 6 - Hauteur 8. Réf. PO-GRAP-R
04	02	Translateur	Plaque PVC expansé 3 mm prédécoupée. Réf. HT-CHAS-P-J
03	04	Petite patte	Plaque PVC expansé 3 mm prédécoupée. Réf. HT-CHAS-P-J
02	02	Grande patte	Plaque PVC expansé 3 mm prédécoupée. Réf. HT-CHAS-P-J
01	01	Châssis	Plaque PVC expansé 3 mm prédécoupée. Réf. HT-CHAS-P-J

 <b>Collège</b>	 <b>Classe</b>	<b>A4</b>	PROJET	<b>Hexapod</b>	<b>PARTIE</b>
			<b>TITRE DU DOCUMENT</b>		
			<b>Nomenclature générale</b>		



04	02	Translateur	Plaque PVC expansé 3 mm usinée
03	04	Petite patte	Plaque PVC expansé 3 mm usinée
02	02	Grande patte	Plaque PVC expansé 3 mm usinée
01	01	Châssis	Plaque PVC expansé 3 mm usinée
REPERE	NOMBRE	DESIGNATION	CARACTERISTIQUES

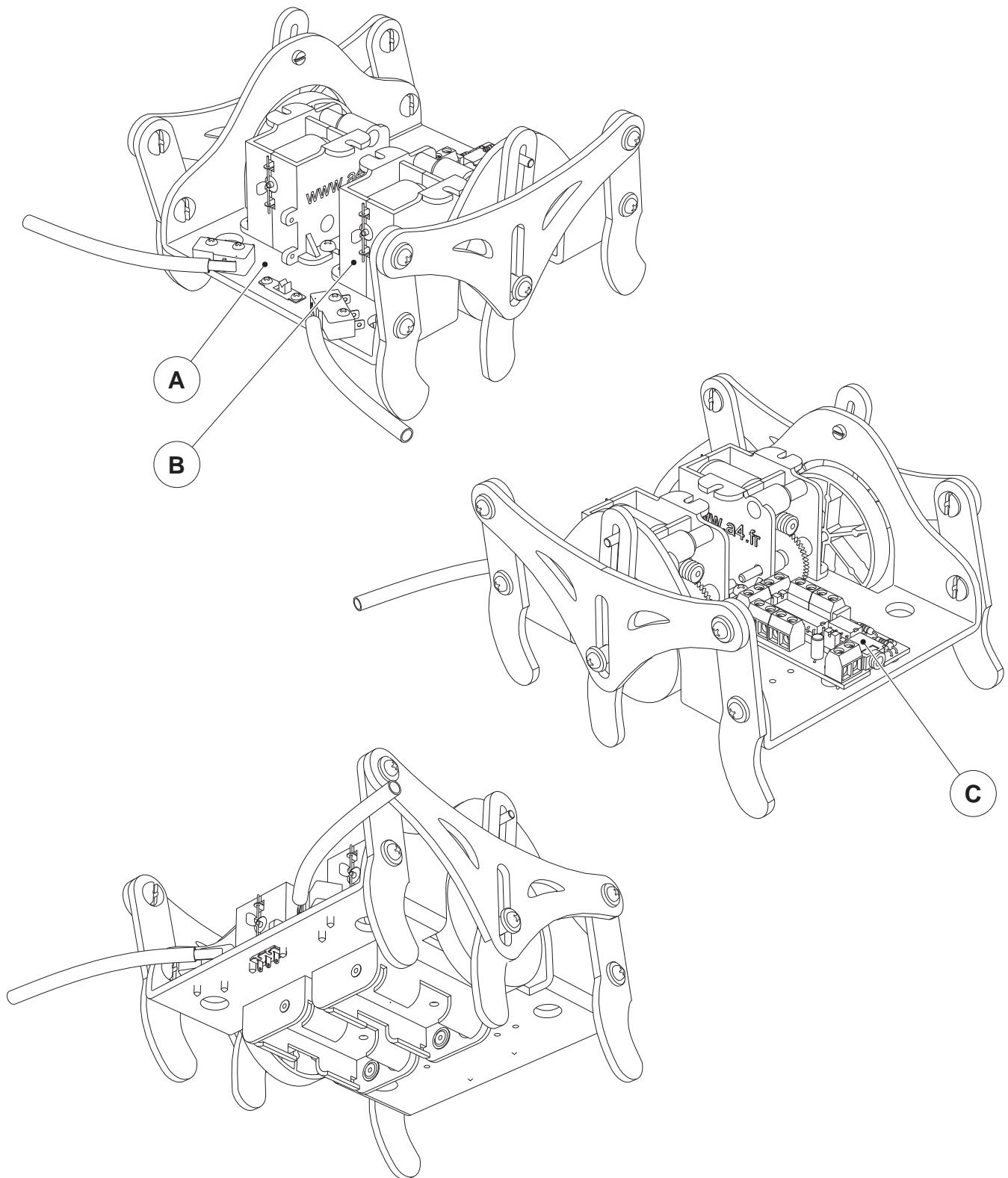
 Collège	 Classe	<b>A4</b> <b>PROJET</b> <b>HexaPod</b>	<b>PROJET</b>	<b>PARTIE</b> <b>Pièces pré découpées</b> <b>(Châssis)</b>
			<b>TITRE DU DOCUMENT</b>	
Nom		Date	<b>Plan et nomenclature des pièces usinées</b>	



**Panoplie de pièces  
injectées en grappe.  
Matière : ABS**

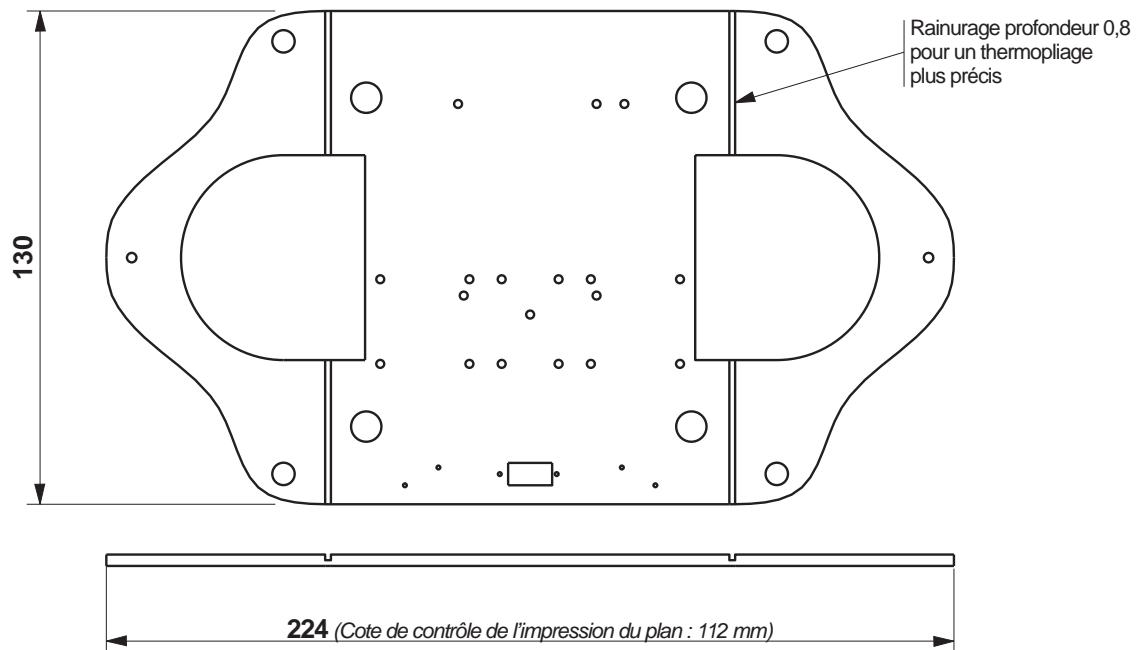
les pièces non repérées  
ne sont pas utilisées

REPERE	NOMBRE	DESIGNATION	CARACTERISTIQUES
12	02	Vis sans fin	
11	02	Roue dentée	48 dents
10	02	Flanc droit	Pour groupe moteur A et B
09	02	Flanc gauche	Pour groupe moteur A et B
08	02	Roue d'entraînement	$\varnothing 48$
07	10	Rondelle	$\varnothing 3 \times 9$
06	08	Entretoise épaulée hauteur 6,5	$\varnothing 3 \times 6$ - Hauteur 6,5
05	02	Entretoise épaulée hauteur 8	$\varnothing 3 \times 6$ - Hauteur 8
<b>PROJET</b>			
<b>A4</b>		<b>HexaPod</b>	<b>PARTIE</b>
<b>Collège</b>		<b>Classe</b>	<b>Pièces mécaniques injectées</b>
<b>TITRE DU DOCUMENT</b>			
<b>Nomenclature de la panoplie PropulsO</b>			

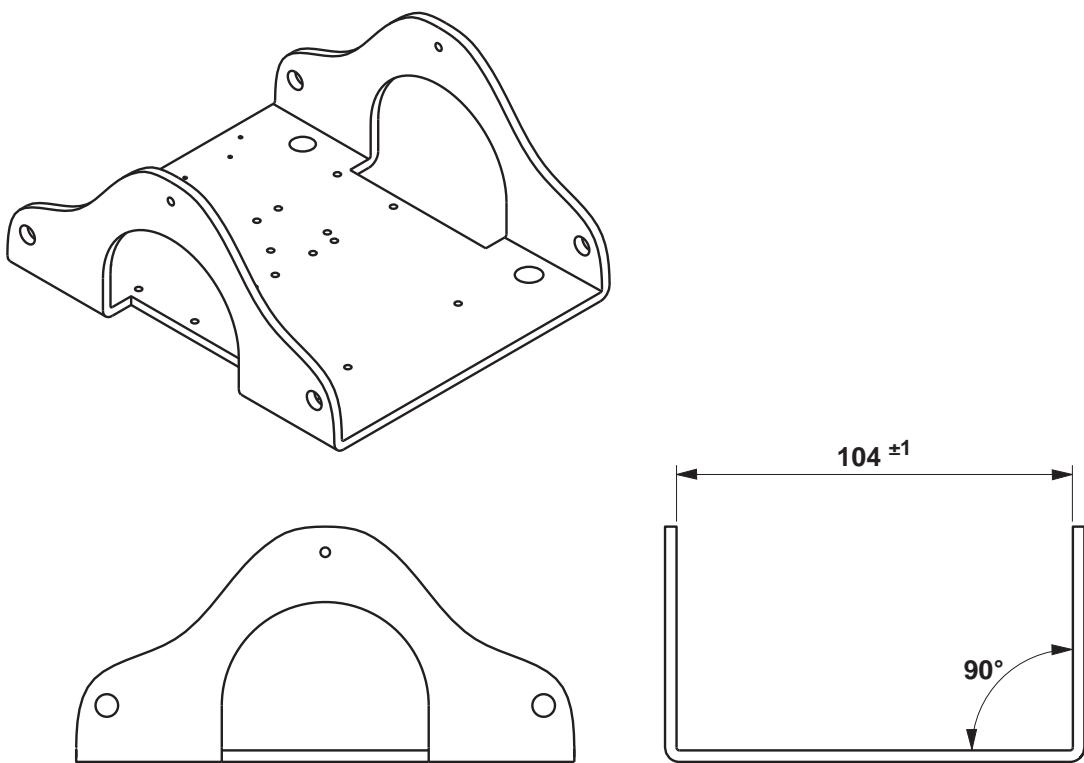


<b>C</b>	01	Carte et électronique	Carte pilotage 2 moteurs. Réf. RAX023-MOTDRIV08
<b>B</b>	02	Moteurs	Panoplie de pièces injectées en ABS. Grappe PropulsO. Réf. PO-GRAP-R
<b>A</b>	01	Châssis	Planche de pièces pré découpées. Réf. K-HXP-01
<b>REPERE</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>DESIGNATION</b>	<b>CARACTERISTIQUES</b>
		<input type="checkbox"/>  Collège	 Classe
<b>A4</b>		PROJET	<b>HexaPod</b>
<b>TITRE DU DOCUMENT</b>		<b>PARTIE</b> <b>Ensemble</b>	
Nom		Date	
<b>Nomenclature des sous-ensembles</b>			

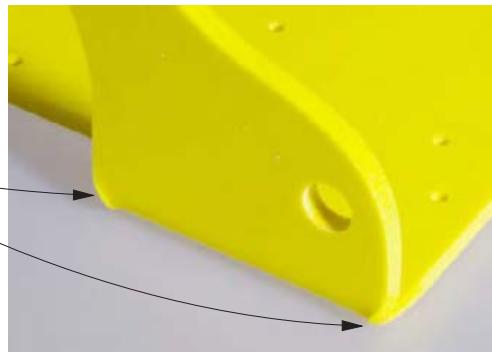
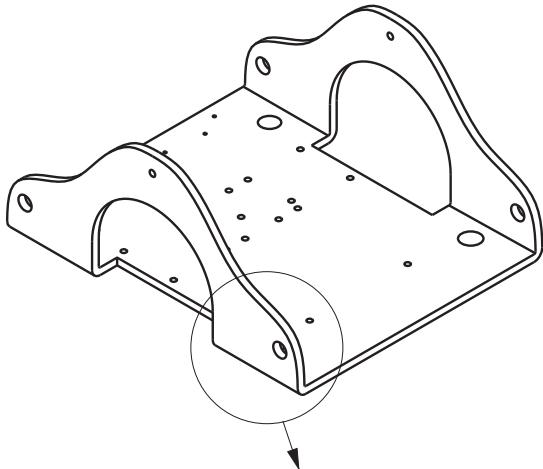
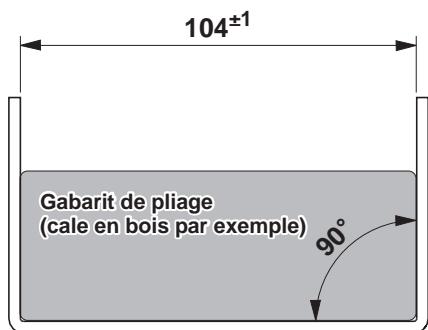
Dessin de définition du châssis brut d'usinage. PVC expansé 3 mm (repère 01).



Dessin de définition du châssis plié (repère 01).

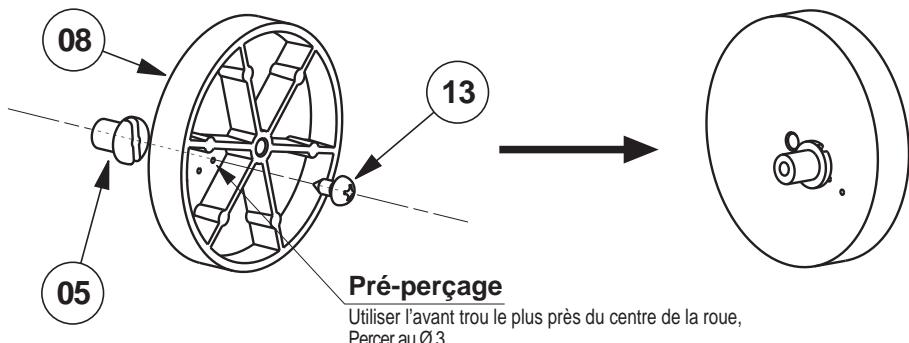


## Détail du pliage du châssis (repère 01)

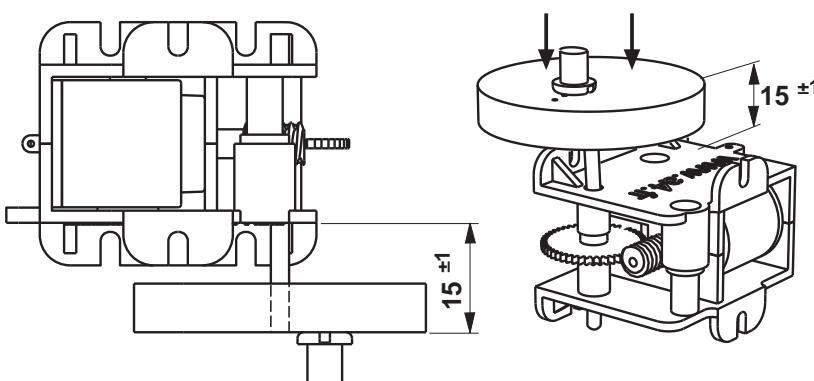


Supprimer les excroissances qui apparaissent aux extrémités des zones de pliage avec une lime douce ou une cale à poncer. (Ceci est important pour permettre le mouvement des petites pattes qui devront glisser contre les côtés du châssis.)

## Détail du montage des entretoises (05) sur les roues (08)

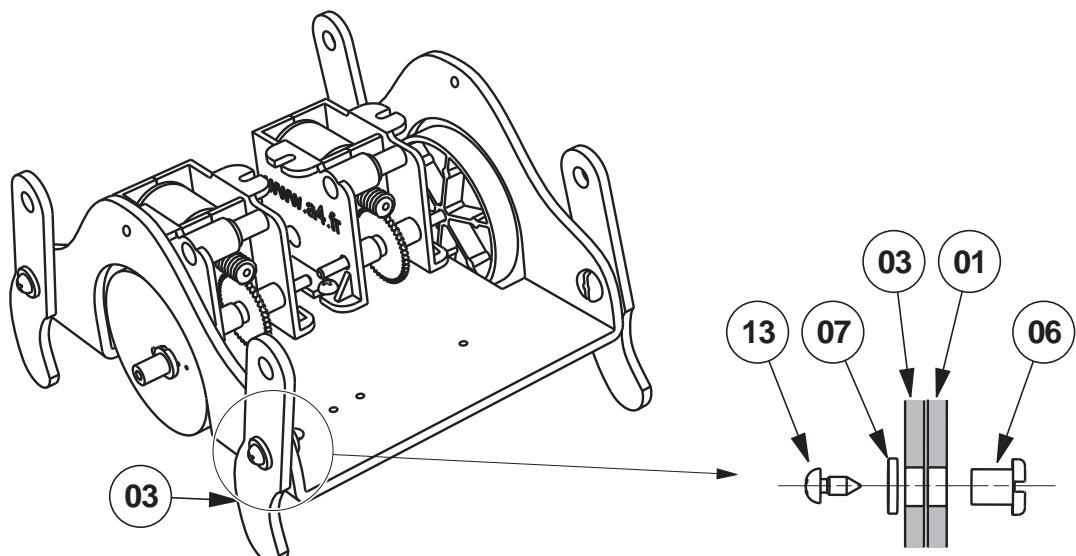


## Emmanchement à force des roues (08) sur les axes des groupes moteur (15)

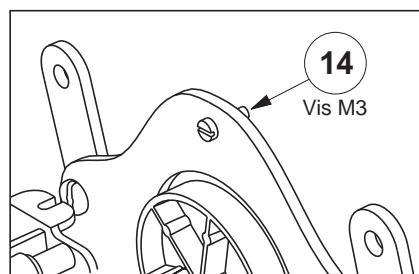


Exemple sur le groupe moteur gauche (A) :  
Emmancher avec un maillet la roue sur l'axe.  
L'axe doit affleurer la face externe de la roue.  
Pour réaliser cette opération, l'autre extrémité de l'axe doit être en appui sur un tas (cale métallique).

## Montage des petites pattes (03) sur le châssis (01)

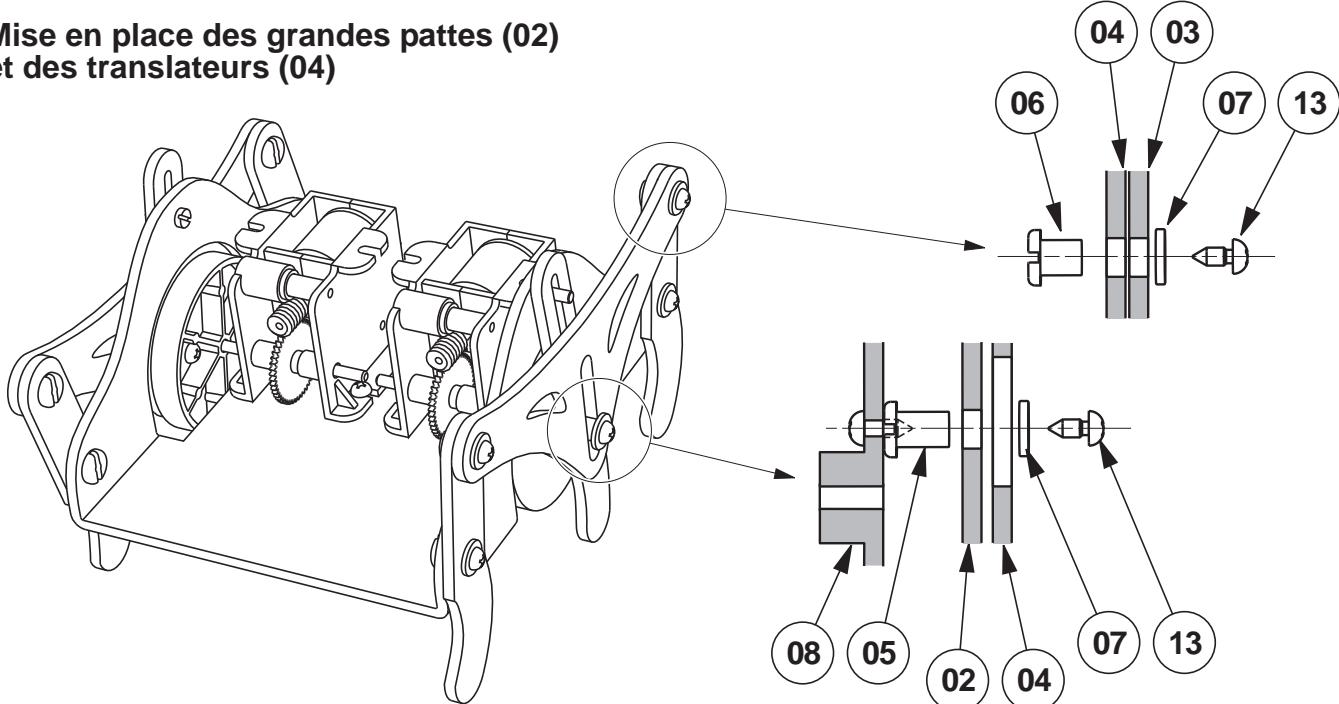


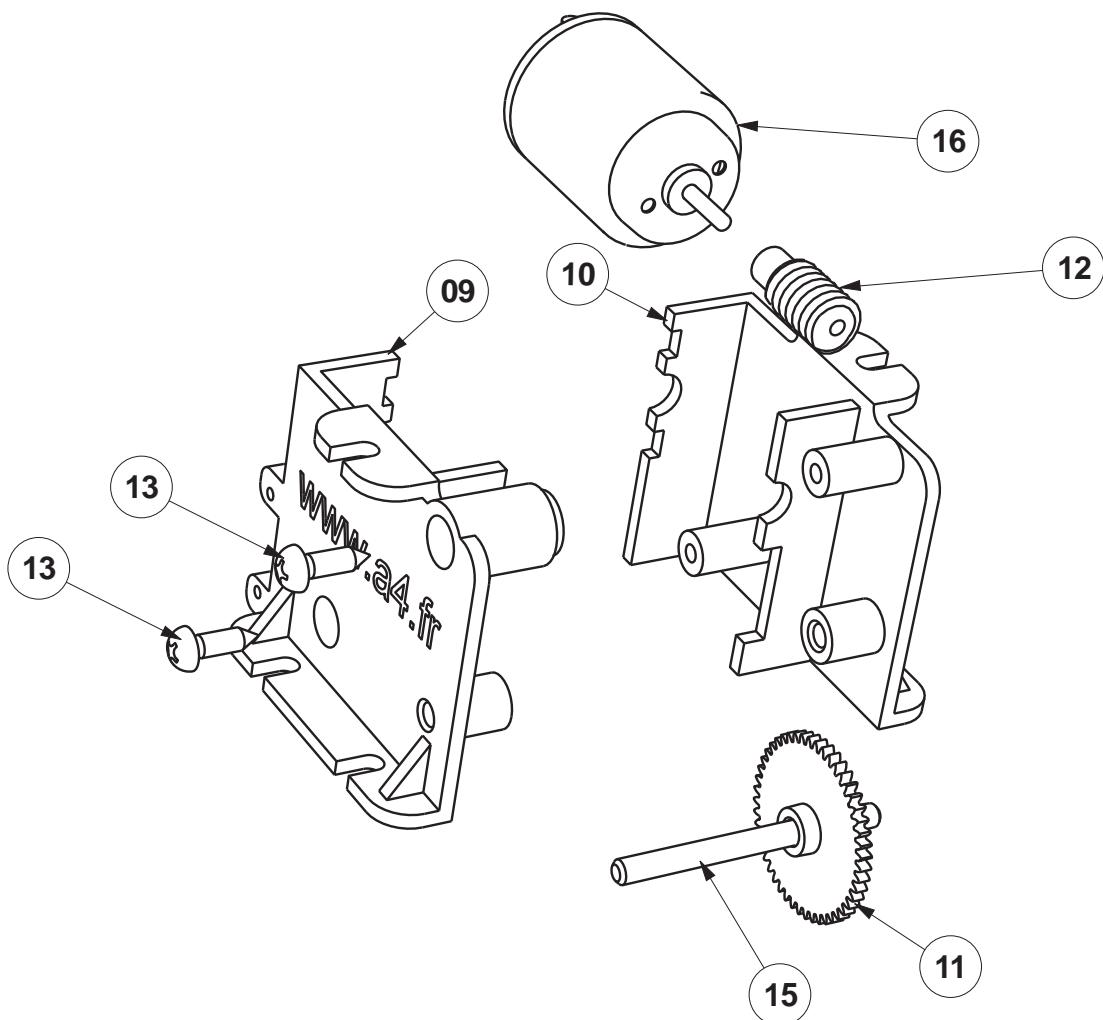
## Mise en place des vis M3 (14) sur le châssis (01)



Visser directement dans le trou ; la vis accroche dans le plastique tendre du châssis.

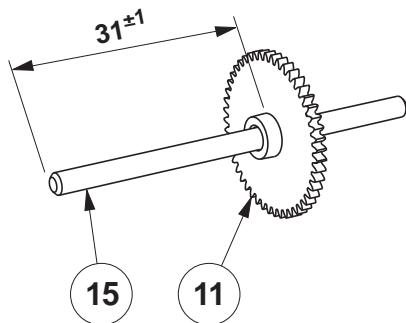
## Mise en place des grandes pattes (02) et des translateurs (04)



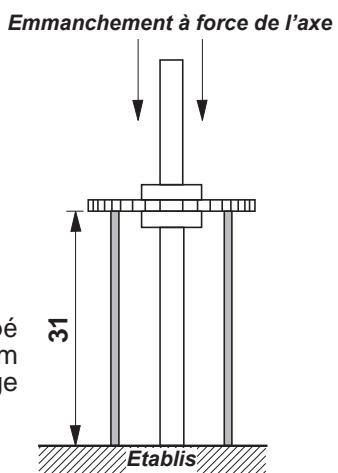


28	02	Fil souple deux conducteurs	Gainé PVC section 1,8 mm, longueur 150 mm. Réf. FIL-SOUP-2C		
20	02	Condensateur	Condensateur céramique 100 nF (marqué 104). Réf. CER-100N		
16	02	Moteur	1,5 à 4,5 V - Ø 21 - Axe de sortie Ø 2 - Réf. MOT-D21-2A		
15	02	Axes de transmission	Acier doux zingué Ø 3 x 50 mm. Réf. AX-AC-3X166		
13	04	Vis TC Ø 3 x 6,5	Acier type tête cylindrique Ø 3 x 6,4 mm. Réf. VIS-TC-2M9X6M4		
12	02	Vis sans fin	ABS injecté. Réf. PO-GRAP-R		
11	02	Roue dentée	ABS injecté 48 dents. Réf. PO-GRAP-R		
10	02	Flanc droit	ABS injecté. Pour groupe moteur A et B. Réf. PO-GRAP-R		
09	02	Flanc gauche	ABS injecté. Pour groupe moteur A et B. Réf. PO-GRAP-R		
REPERE	NOMBRE	DESIGNATION	CARACTERISTIQUES		
		 	<b>A4</b> <b>PROJET</b> <b>HexaPod</b>		
Collège		Classe			
Nom		Date			
<b>TITRE DU DOCUMENT</b> <b>Eclaté d'un motoréducteur</b> <b>et nomenclature pour les deux motoréducteurs</b>					
					
<b>PARTIE</b> <b>Sous-ensemble B</b> <b>Motoréducteur</b>					

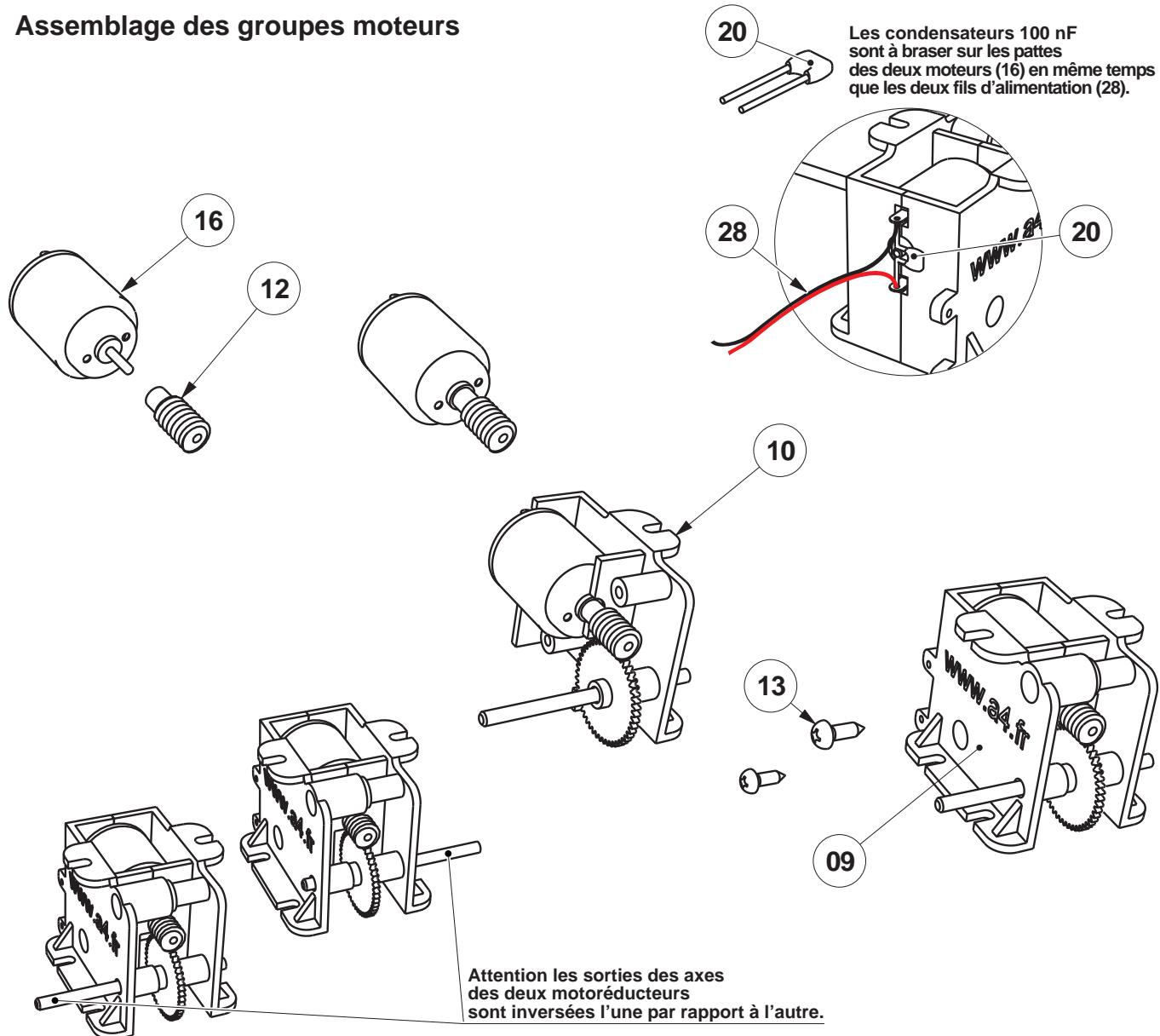
## Emmanchement de la roue dentée (11) sur l'axe (15)

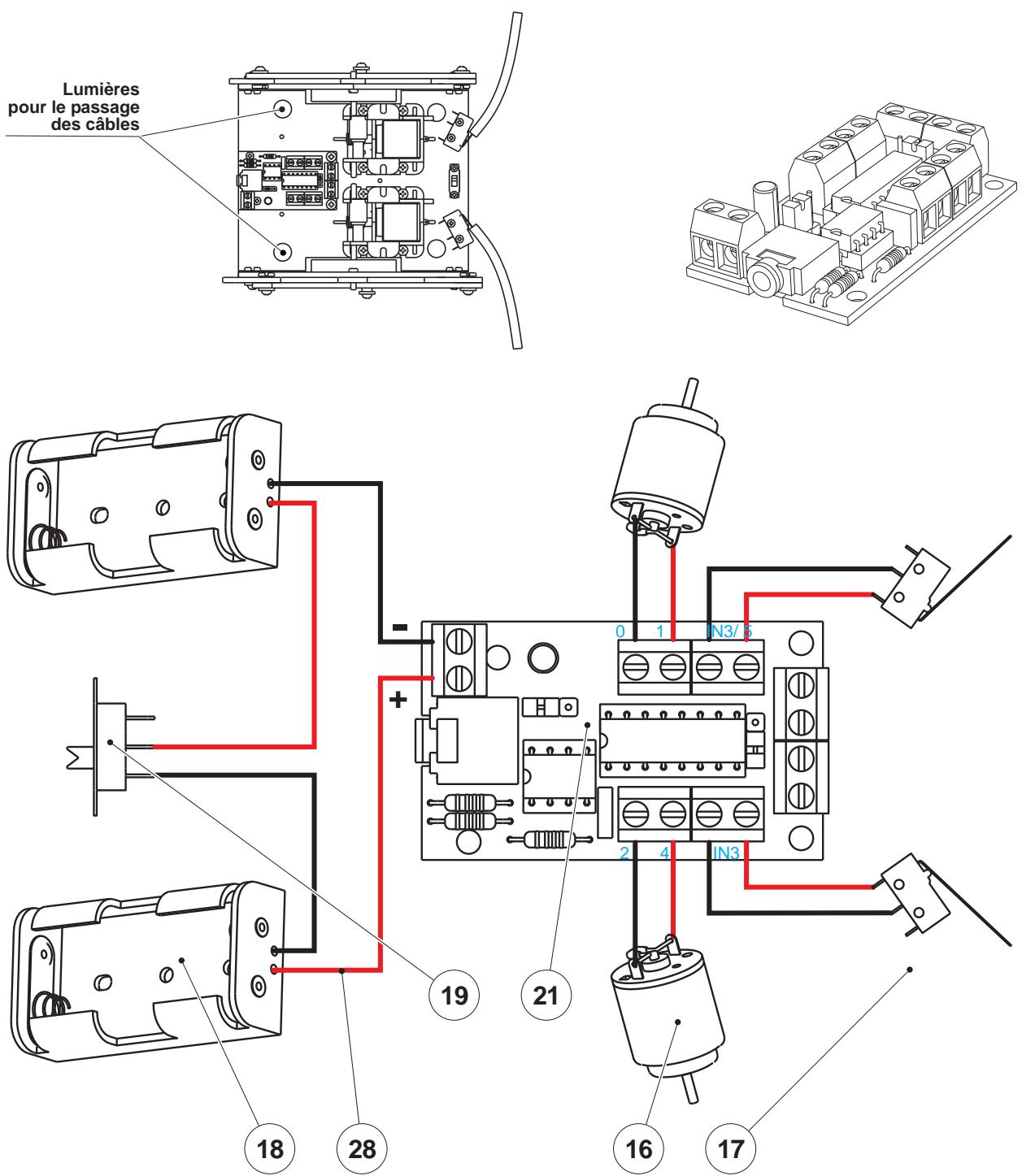


Utiliser un tube coupé  
à la longueur 31 mm  
comme gabarit de montage



## Assemblage des groupes moteurs





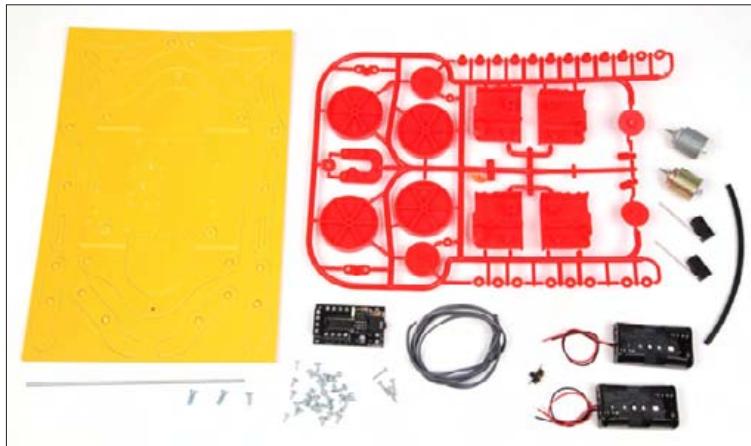
28	04	Fil souple deux conducteurs	Gainé PVC, section 1,8 mm. Réf. <b>FIL-SOUP-2C</b>
21	01	Carte électronique	Carte pilotage 2 moteurs, avant/arrière. Réf. <b>RAX023-MOTDRIV08</b>
19	01	Interrupteur	Inverseur à glissière, bouton hauteur 4 mm. Réf. <b>INV-GLI-C</b>
18	02	Support de piles	Pour deux piles LR6 avec sorties fil. Réf. <b>SUP-PIL-2R06-01</b>
17	02	Microrupteur	Dimensions 6 x 10 x 20mm, avec levier 40 mm. Réf. <b>MICRORUP-43M</b>
16	02	Moteur	1,5 à 4,5 V - Ø 21 - Axe de sortie Ø 2. Réf. <b>MOT-D21-2-A</b>

REPERE	NOMBRE	DESIGNATION	CARACTERISTIQUES
			PROJET <b>HexaPod</b> PARTIE <b>Sous-ensemble C</b> Electronique
		Collège	Classe
Nom	Date		TITRE DU DOCUMENT Perspective et plan de câblage

## Description du kit 1/2

### Nomenclature du kit (réf. K-HXP-01)

Le kit comprend toutes les pièces et composants électroniques permettant de réaliser Hexapod.



### Sous ensemble A et B (Châssis et moteurs)

Désignation	Quantité	Repère	Dessin
Pièces pré découpées dans une plaque de PVC expansé. Dimensions : 195 x 295 x 3 mm	01		
Panoplie Propulso Rouge avec les pièces mécaniques injectées. Attention : toutes les pièces de cette panoplie ne servent pas. Ne pas jeter de pièces avant d'avoir terminé la réalisation.	01		
Axe acier doux zingué Ø 3 x longueur 166 mm	01	15	
Moteur électrique Ø 21 - Axe Ø 2 - Compatible propulsO	02	16	
Condensateur céramique 10 nF (marqué 104)	02	20	
Vis à tête cylindrique Ø 3 x L 6,5	24	13	
Vis acier tête cylindrique fendue M3 x L10	02	14	

### Sous ensemble C (Carte programmable et électronique)

Désignation	Quantité	Repère	Dessin
Cette carte prête à l'emploi est équipée d'un microcontrôleur PICAXE-08 et des borniers pour connecter facilement alimentation, moteurs et capteurs. - 1 entrée numérique. - 4 sorties 600 mA pour contrôle du sens de rotation de 2 moteurs. - Alimentation 3 à 6 V	01	21	
Microrupteur, dimensions 6 x 10 x 20 mm avec levier 40 mm.	02	17	
Micro-inverseur à glissière unipolaire.	01	19	
Entretoises Nylon Ø 6 x 4 mm.	04	22	

## Description du kit 2/2

Sous ensemble C (Carte programmable et électronique) suite

Désignation	Quantité	Repère	Dessin
Support de piles sorties fils pour 2 piles R6	02	18	
Vis type tôle, tête cylindrique Ø 2,2 x 6,4 mm.	02	23	
Vis type tôle, tête cylindrique Ø 2,2 x 9,5 mm.	04	24	
Vis type tôle, tête cylindrique Ø 2,2 x 13 mm.	04	25	
Vis tête fraisée Ø 2,9 x 6,4 mm pozi.	04	26	
60 cm de fil deux conducteurs		28	
Gaine plastique Ø 4 x 3 - longueur 140 mm Type Plio super		27	

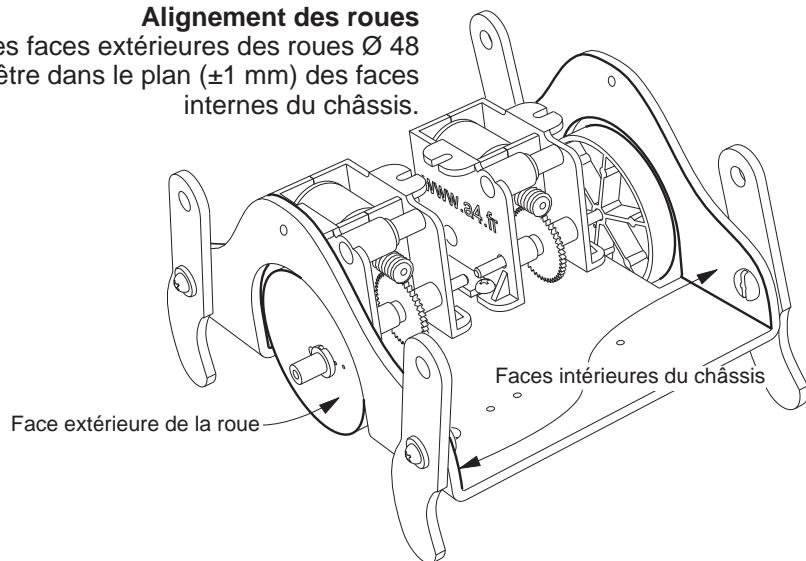
## Contrôles et réglages

### Contrôle de l'alignement des roues d'entraînement par rapport aux faces internes du châssis

Si une roue n'est pas à sa place, le mécanisme des pattes peut se bloquer.  
Ajuster éventuellement l'alignement roue / châssis en faisant glisser la roue sur son axe.

#### Alignement des roues

Les faces extérieures des roues Ø 48 doivent être dans le plan ( $\pm 1$  mm) des faces internes du châssis.

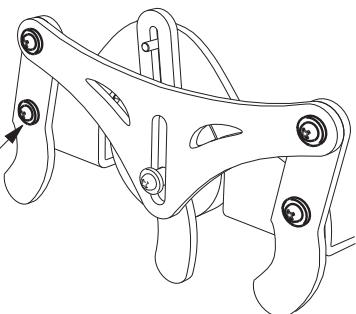


### Réglage du serrage des entretoises

Il se peut, du fait d'imprécisions dans la fabrication du robot, que le mécanisme des pattes ne fonctionne pas librement et que les frottements ralentissent la marche. Toutefois le mécanisme de l'Hexapod est assez tolérant et les jeux fonctionnels importants permettent certaines imprécisions de fabrication sans que cela gêne le fonctionnement.

On peut facilement libérer encore le fonctionnement du mécanisme en desserrant les pivots constitués par les entretoises, vis et rondelles.

Pivots que l'on peut desserrer pour donner plus de jeu au fonctionnement



Seulement si cette action est insuffisante, il convient de corriger les éventuels défauts de fabrication. Plusieurs points sont à vérifier :

- Alignement des faces externes des roues d'entraînement qui sont théoriquement dans le plan des faces internes des flancs du châssis ;
- Perpendicularité du pliage des flancs du châssis ;
- Ebavurage des becs qui se forment au thermopliage sur les plis des flancs du châssis.

### Graissage

Le graissage des pièces mobiles améliorera le fonctionnement du robot, lui permettra de marcher un peu plus vite et de consommer moins en soulageant son moteur.

On peut déposer un peu d'huile fine sur la vis sans fin du motoréducteur et au niveau des articulations des pattes.

#### ATTENTION

**Retirer les piles pour le rangement ou le transport.**

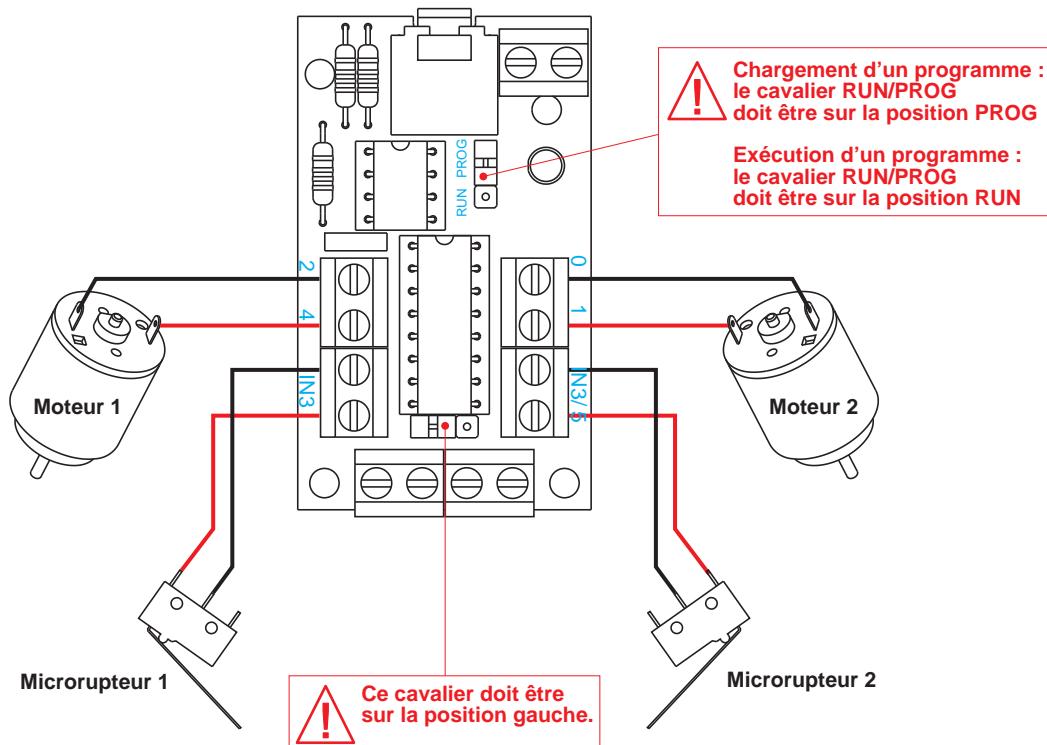
En effet lorsque l'interrupteur est en position arrêt, l'action sur un des capteurs met en marche les moteurs

**Robot équipé 2 mini moteurs et de 2 micro rupteurs pour détecter des obstacles :**

La carte dispose de 4 sorties (0,1) et (2,4) permettant de piloter deux mini moteurs et d'une entrée (IN3) qui permet de brancher un capteur.

Le numéro des entrées sorties est repéré au niveau des borniers latéraux.

La connexion à l'entrée (IN3) est doublée. On peut ainsi connecter facilement deux microrupteurs qui partagent alors cette même entrée.

**Câblage de la carte pour animer un robot à deux roues équipé de deux microrupteurs pour détection d'obstacle :****Test de fonctionnement**

Charger le programme **Test Hexapod.cad**.

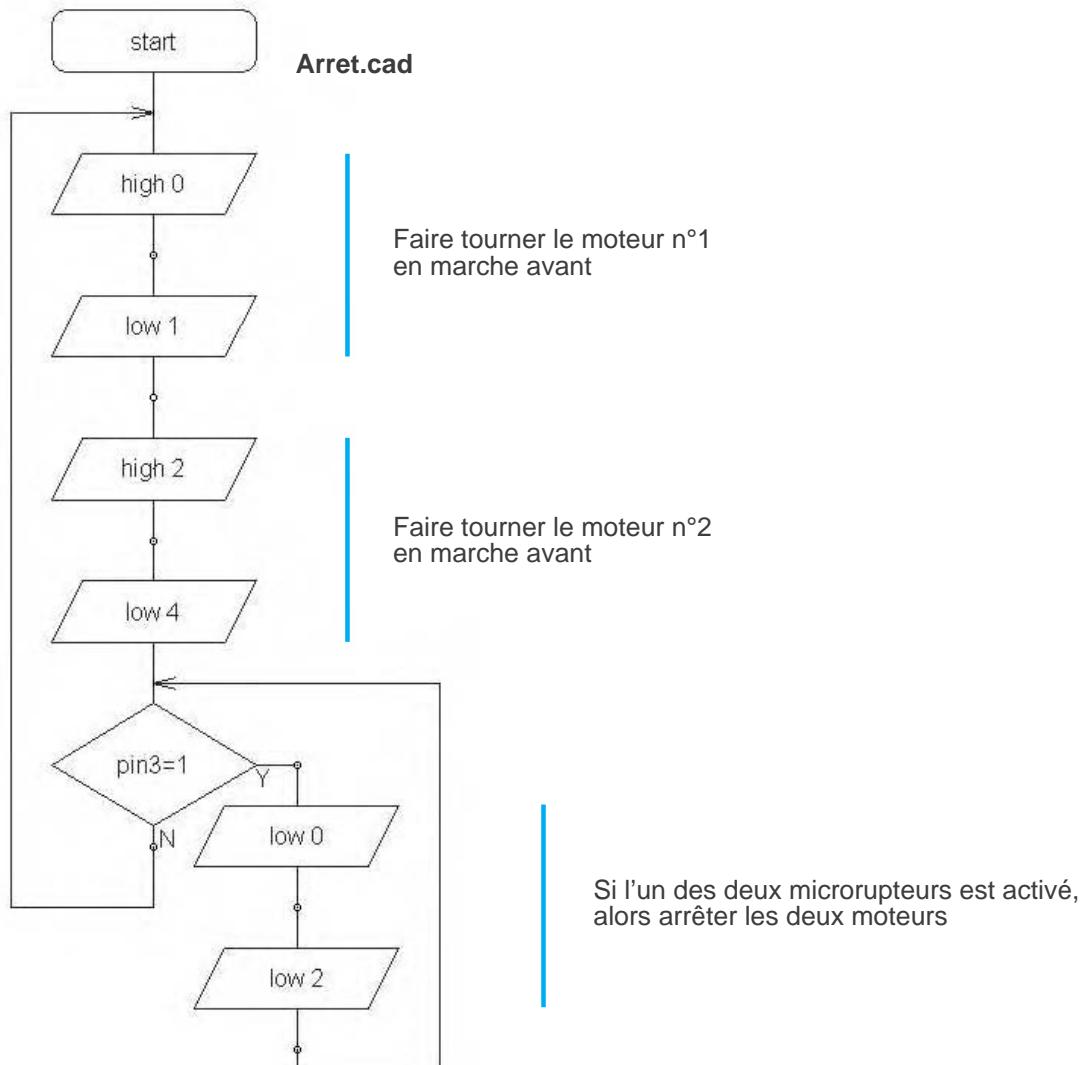
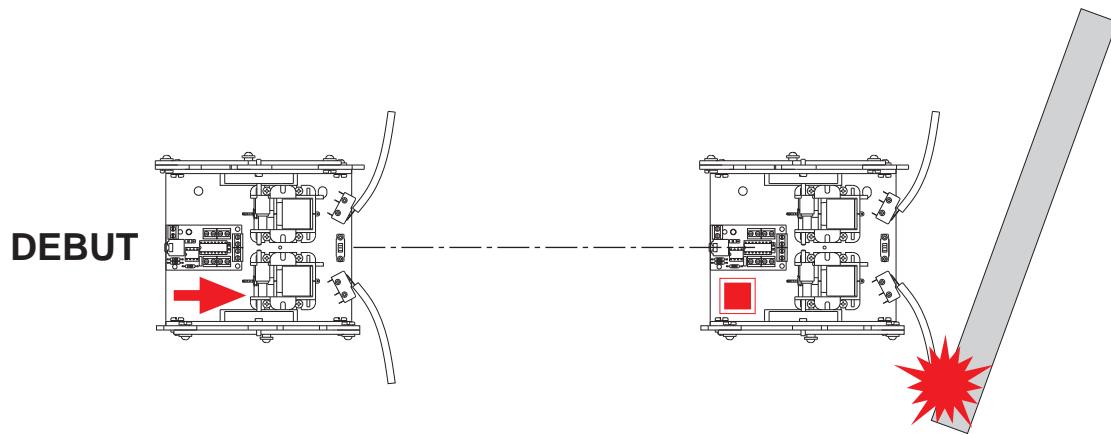
Le programme **Test Hexapod.cad** doit mettre en marche les deux moteurs (en marche avant), si l'un des deux capteurs (ou les deux) est activé le sens de rotation des deux moteurs s'inverse (en marche arrière) pendant 1 seconde. S'arrête et se remet en marche avant lorsqu'les capteurs sont libérés.

**Cas de pannes :**

Symptôme	Cause et remède possibles
Les moteurs ne tournent pas	Piles usagées à remplacer. Mauvaise connexion.
Les moteurs tournent dans le mauvais sens	Vérifier la connexion au niveau de la carte et inverser le branchement des deux moteurs si nécessaire.
Les capteurs ne répondent pas	Vérifier les soudures sur les microrupteurs et la connexion sur la carte.

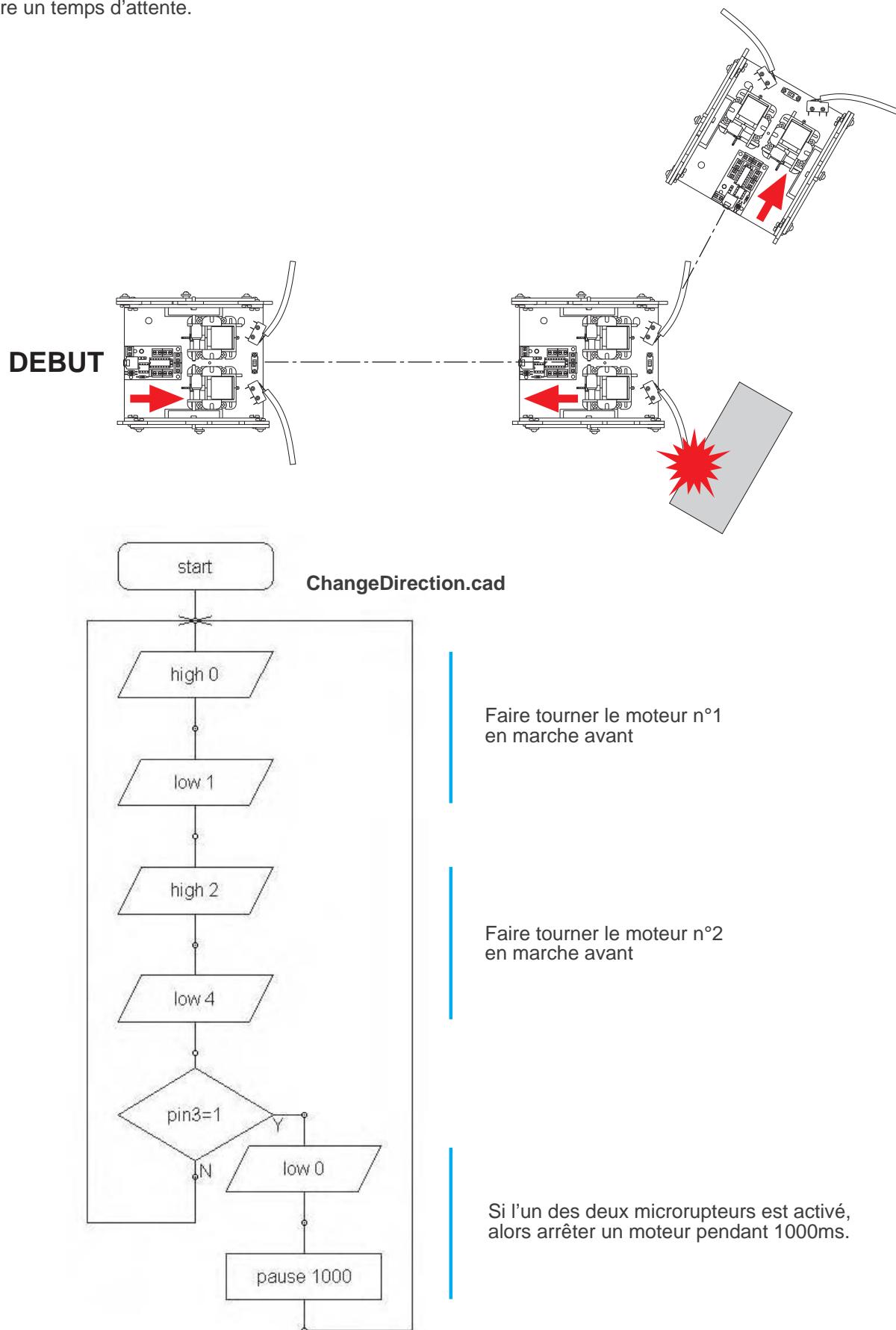
But du programme : s'arrêter au contact d'un obstacle.

Notion de programmation abordée : Activer les moteurs, tester l'état des microrupteurs.



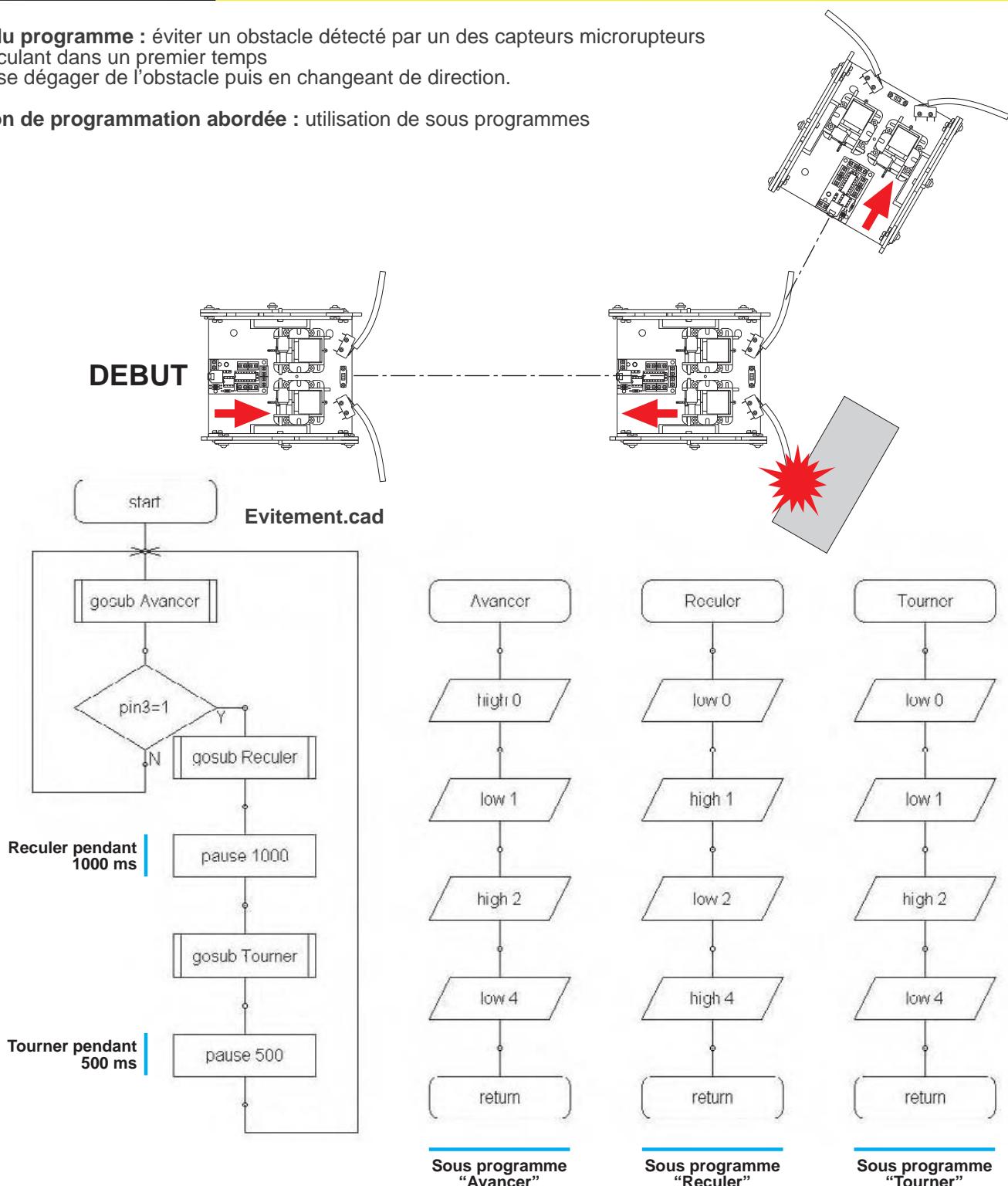
But du programme : changer de direction au contact d'un obstacle.

Notion de programmation abordée : Activer les moteurs, tester l'état des microrupteurs, introduire un temps d'attente.



**But du programme :** éviter un obstacle détecté par un des capteurs microrupteurs en reculant dans un premier temps pour se dégager de l'obstacle puis en changeant de direction.

**Notion de programmation abordée :** utilisation de sous programmes



**Note :** un sous programme permet de scinder le programme afin d'en faciliter la lecture. L'exemple est composé d'un programme principal qui fait appel à 3 sous programmes appelés "Avancer", "Reculer", "Tourner".

L'instruction "Sub" permet de nommer et d'indiquer le point de départ d'un sous programme.

Lorsque ce bloc instruction est positionné dans le diagramme, celui-ci est affecté automatiquement avec un nom Sub0, Sub1, Sub2, ... On peut modifier le nom d'un sous programme en sélectionnant le bloc instruction et en modifiant son nom à l'aide du champ de saisie en bas à gauche de l'écran.

L'instruction "gosub" permet d'appeler un sous programme. On identifie le sous programme appelé à l'aide du champ de saisie en bas à gauche de l'écran.

L'instruction "return" indique la fin d'un sous programme et le retour au programme principal.

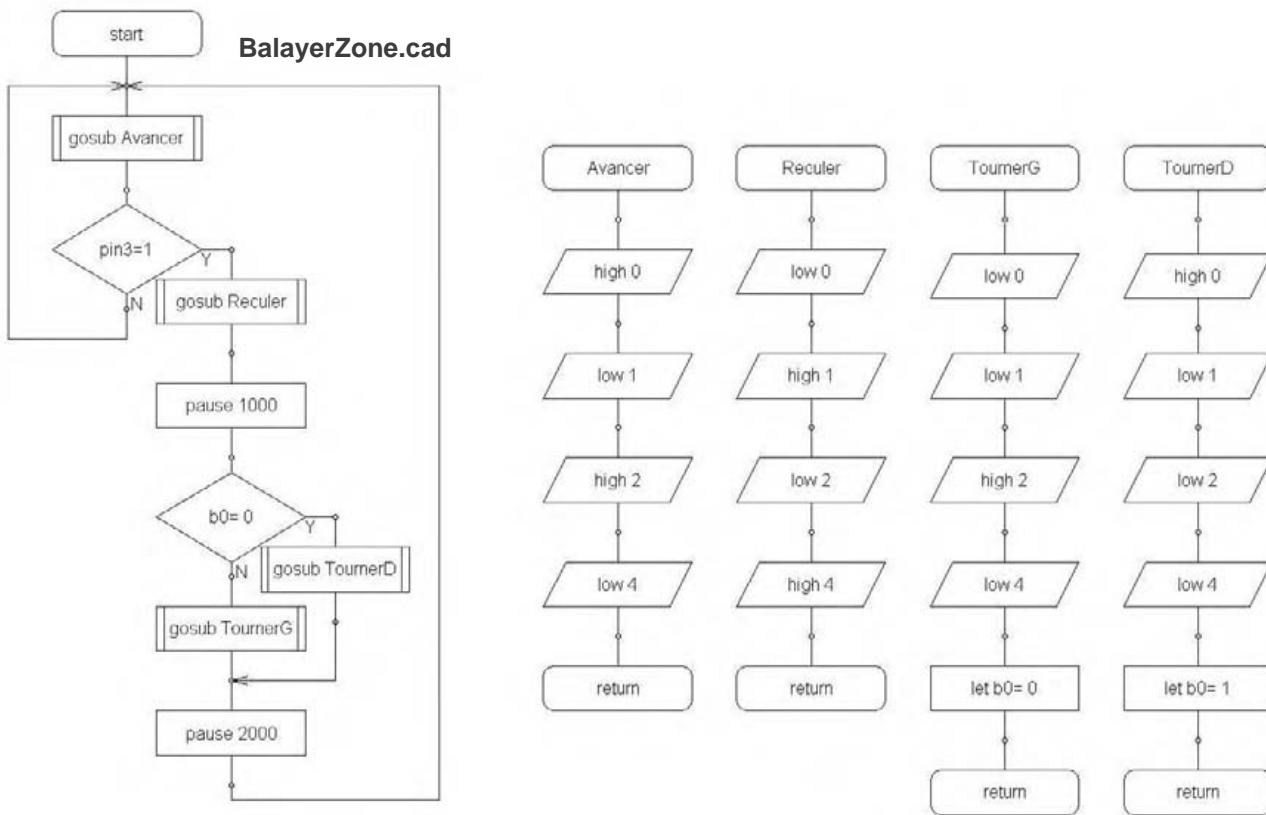
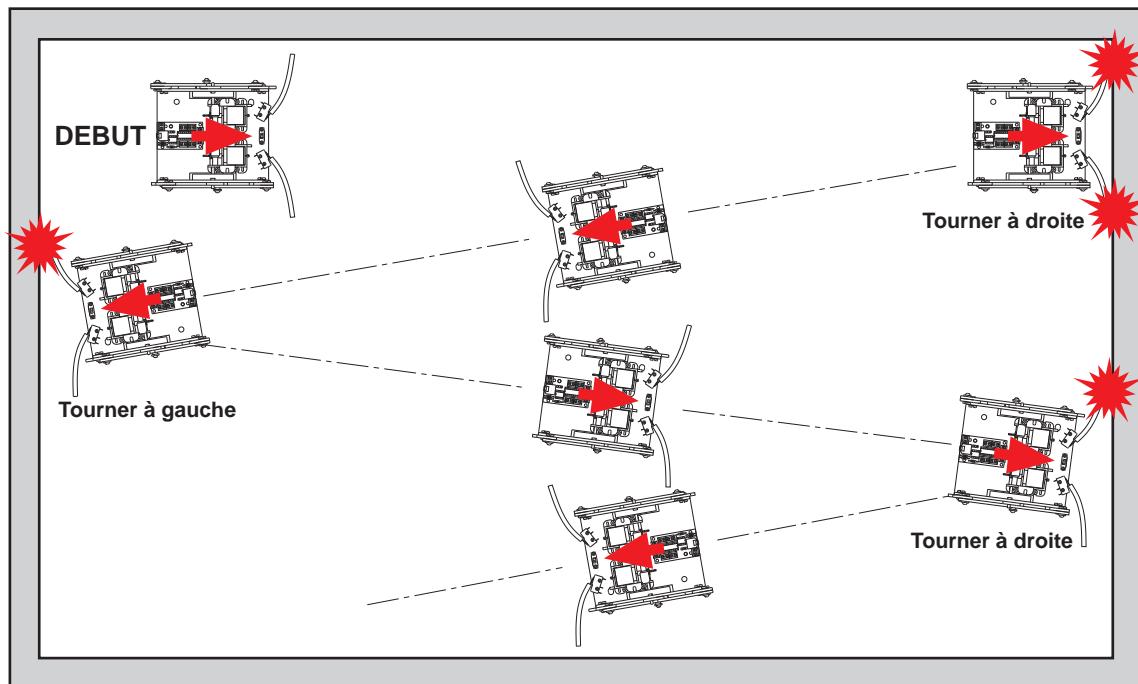
Le point de retour dans le programme principal correspond à l'instruction située immédiatement après l'instruction "gosub..." qui a appelé ce sous programme.

#### Conseils pour la programmation :

- un sous programme commence toujours par l'instruction "Sub xxx" (où xxx est un nom choisi par l'utilisateur) et finit toujours par l'instruction "return"
- dans un sous programme, il faut éviter d'appeler un autre sous programme.

But du programme : balayer une zone délimitée par des murs

Notion de programmation abordée : utilisation d'une variable locale



Le sous programme "TournerG" permet de faire un demi tour dans le sens anti horaire.

Le sous programme "TournerD" permet de faire un demi tour dans le sens horaire.

La variable locale permet de déterminer lequel des sous programmes "TournerG" ou "TournerD" a été exécuté en dernier :

- on affecte la valeur 0 à la variable locale b0 lorsque le sous programme "TournerG" est exécuté.
- on affecte la valeur 1 à la variable locale b0 lorsque le sous programme "TournerD" est exécuté.

A chaque fois qu'un obstacle est détecté dans le programme principal, on vérifie la valeur de la variable locale b0 et on exécute le sous programme opposé afin d'inverser le sens de rotation du robot. Celui-ci se déplace alors en balayant une zone.