

TPE 2004-2005

Thème : Espace et mouvement

Sujet : Réalisation d'un système de préhension de cubes

Problématique : Comment développer et réaliser un système de préhension de cubes

SOMMAIRE

TPE :

I/ Contexte.....	p.02
II/ Analyse fonctionnelle.....	p.03
III/ Recherche d'une solution technique.....	p.05
IV/ Etude mécanique.....	p.06
V/ Réalisation de l'étau.....	p.08
Mise en plan de l'étau.....	p.10 à 18

Documents ressources :

DT1.....	p.19
DT2.....	p.26
RE1.....	p.20
RE2.....	p.21
RE3.....	p.22
RE4.....	p.23
RE5.....	p.24
REF.....	p.25

I/Contexte

Dans le cadre de l'édition 2005 des trophées de robotique planète science (ex-E=M6) nous devons réaliser un robot capable de prendre, de soulever, et de déplacer des cubes de 60mm d'arrêtes dans une prédéfinie qu'est la piste suivante :



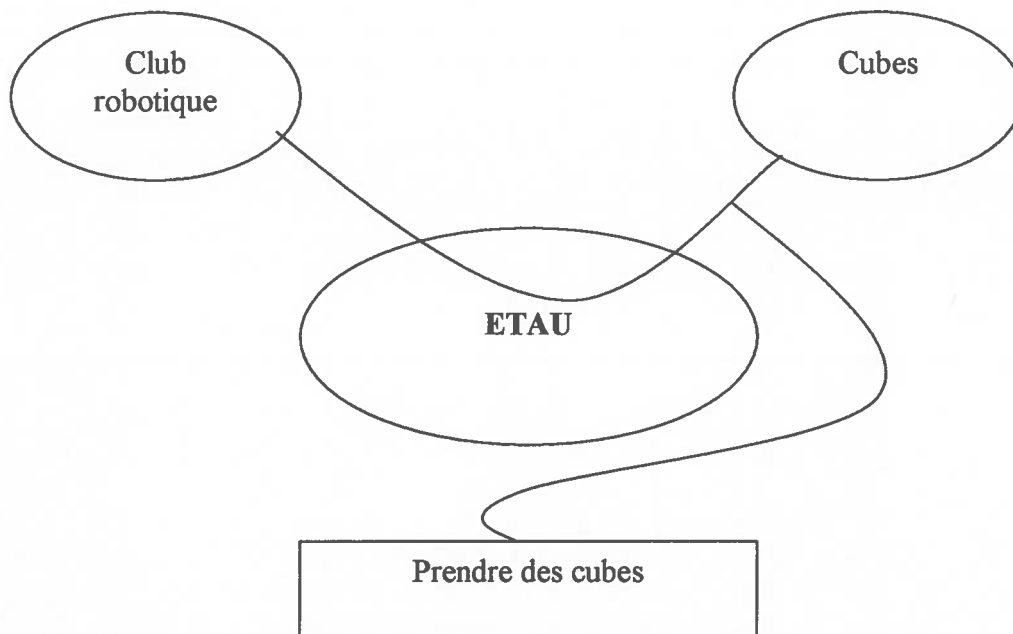
Le but cette année est d'empiler en hauteur le plus de cubes possible.



Dans cette optique, nous nous sommes penchés sur ce système de préhension de cubes. Suite à un brainstorming, la solution qui nous est apparue comme étant la plus performante était de développer un système d'étau.

II/ Analyse fonctionnelle

1) Enoncé du besoin – diagramme APTE

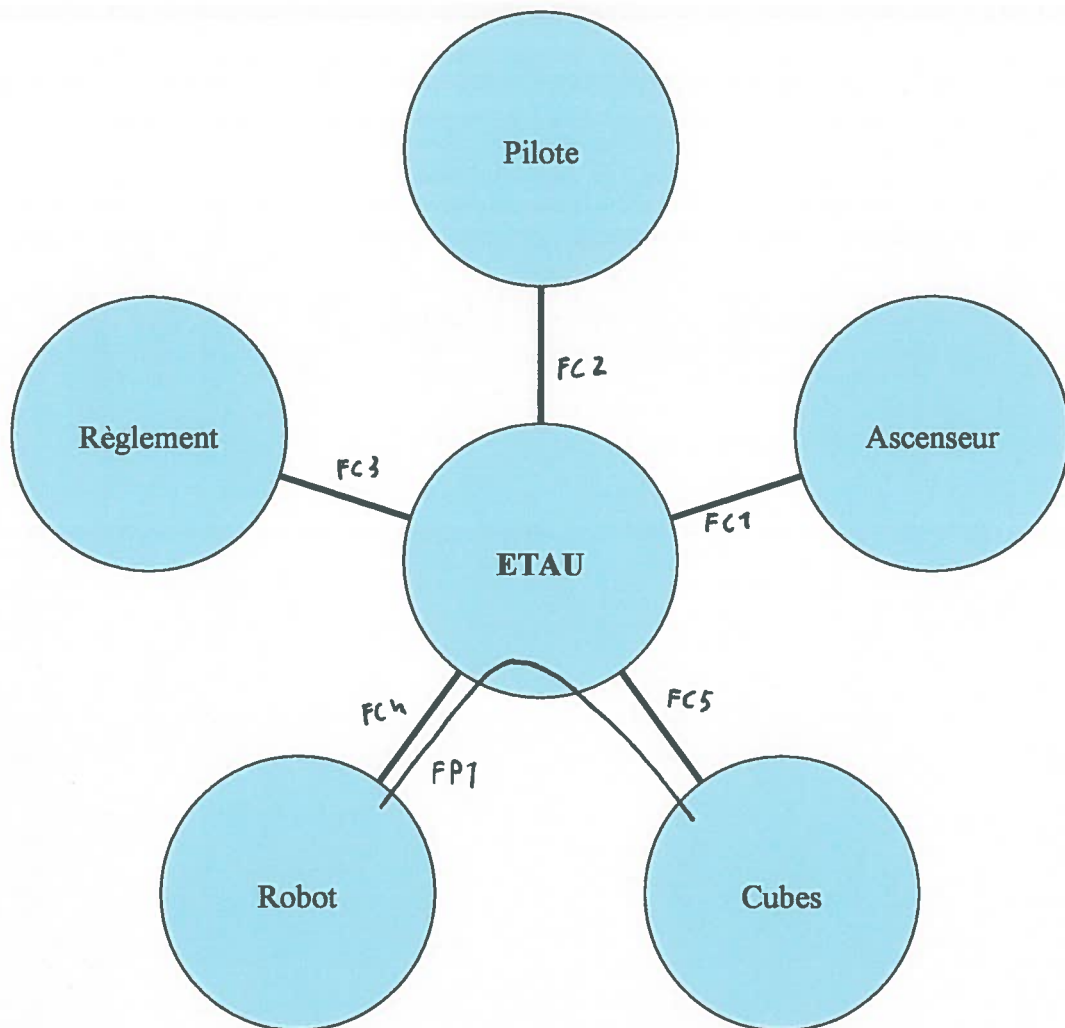


2) Validation du besoin

Le besoin de prendre des cubes existe afin de répondre au cahier des charges du trophée de robotique 2005.

Ce besoin est stable à court terme c'est-à-dire seulement sur l'année 2005.

3) Etude de faisabilité – diagramme Pieuvre



FP1 : Serrer et desserrer des cubes et les transporter dans le robot.

FC1 : Pouvoir être déplacé par l'ascenseur.

FC2 : Permettre au pilote de voir les cubes.

FC3 : Respecter le règlement.

FC4 : S'adapter aux dimensions du robot.

FC5 : Maintenir les cubes serrés.

III/Recherche d'une solution technique :

Suite à cette étude, nous nous sommes penchés sur plusieurs solutions permettant de réaliser la fonction « serrer, desserrer des cubes et les transporter dans le robot ».

Pour cela nous avons tout d'abord envisagé une solution avec un vérin pneumatique et une cartouche de gaz embarquée (cf. DT1). Cependant, compte tenu de la limite de pression embarquée (maxi 4 bars et 80 bars*litres) dans le robot, de la complexité de l'étude qui en résulte ainsi que celle de la mise en œuvre d'une telle solution, l'idée a été abandonnée et l'étude s'est recentrée sur un système de fermeture réalisé par un moteur à courant continu.

A partir de là, d'autres problèmes se sont posés :

- La première idée était d'utiliser un système Vis/écrou. Étant donné que l'étau devait être symétrique quelque soient les positions de ses parois, cette solution n'aurait pu être envisageable qu'avec 2 chaînes d'énergie dans le sens contraires... Solution très difficile à mettre en œuvre.
- De même, l'idée d'utiliser des roues excentriques est apparue suite à cela... (cf. RE1, RE2, RE3). Mais d'autres problèmes sont survenus : Il est très difficile tourner de manière simultanée et dans le sens contraire deux roues excentriques. En effet, mettre deux moteurs tournants chacun en sens contraire n'est pas fiable.
- En réfléchissant à ce problème nous avons pensé mettre en œuvre un système utilisant des courroies. Elle était bonne (car fiable), mais trop difficile à mettre en œuvre. En effet, il aurait fallu croiser une courroie en 8, ce qui est très difficile à mettre en œuvre. D'où l'idée de réduire à une seule roue.
- La première proposition fut de mettre des biellettes qui, à l'aide de guidages en translations, fermeraient l'étau lorsque la roue serait amenée à tourner (cf. RE4). Mais cela posait encore des problèmes de mise en œuvre.

C'est ainsi que l'on est arrivé à la solution finale : une grande roue excentrique qui couvre toute la largeur de l'étau doublée de rails de guidage dont les fonctions se sont avérées multiples : outre le fait qu'ils permettent à l'étau de se fermer, ils permettent de redresser les cubes à l'intérieur de ce dernier (cf. RE5).

Mais cette solution implique que le moteur soit à la verticale de l'étau. C'est en parti pour cela qu'un carter a été créé autour de ce dernier. Son autre intérêt est de matérialiser le « bloc étau » ce qui facilite son déplacement vertical grâce à l'ascenseur (cf. REF).

IV/ Etude Mécanique

A/ Approche hyperstatique du mécanisme « étau »

1) Les liaisons

Le mécanisme de l'étau est composé de neuf liaisons :

- quatre liaisons ponctuelles sur surface curviligne (cames)
- une liaison pivot entre l'excentrique et la plaque inférieure
- une liaison pivot glissant entre l'excentrique et le mors droit
- une liaison pivot glissant entre l'excentrique et le mors gauche
- deux liaisons appui plan entre la plaque inférieure et les deux mors

2) Calcul du degré d'hyperstatisme

Afin de calculer le degré d'hyperstatisme du mécanisme nous utilisons la formule :

$$H = N_s - r_s$$

Où H est le degré d'hyperstatisme, N_s le nombre d'inconnues statiques de liaison et r_s le nombre d'équations statiques.

Calcul de N_s :

Pour connaître le nombre d'inconnues statiques total, nous devons connaître le nombre d'inconnues statiques par liaison, ce dernier correspond au degré de liberté par liaison.

Dans les quatre liaisons ponctuelles (cames), une seule translation est impossible, le nombre d'inconnue est une.

Dans la liaison pivot entre l'excentrique et la plaque inférieure, une seule rotation est impossible donc le nombre d'inconnues est cinq.

Dans les deux liaisons pivot glissant entre l'excentrique et les deux mors, une translation et une rotation sont possibles donc le nombre d'inconnues est quatre.

Dans les deux liaisons appuis plan entre la plaque inférieure et les deux mors, une translation et deux rotations sont impossibles, le nombre d'inconnues est donc trois.

$$\text{Donc } N_s = (4 \times 1) + (1 \times 5) + (2 \times 4) + (2 \times 3)$$
$$N_s = 23$$

Mais il faut ajouter à N_s une inconnue d'effort extérieur liée au serrage de l'étau.

Donc $N_s = 24$ inconnues de liaison

Calcul de r_s : Pour connaître le nombre d'équations statiques il suffit de connaître le nombre de pièces du mécanisme autre que le bâti.

Dans ce mécanisme il y a quatre pièces (les cames, l'excentrique et les deux mors)

$$R_s = 6 (n - 1) \text{ où } n \text{ est le nombre de pièces autre que le bâti.}$$

$$R_s = 6 (4 - 1)$$

$$R_s = 18$$

Calcul de H :

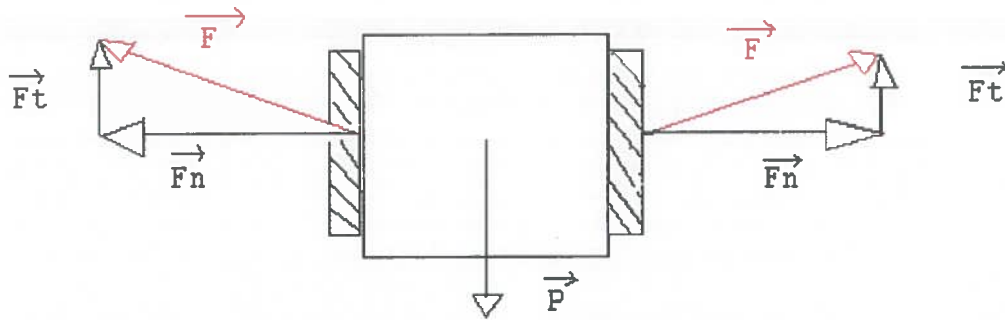
$$H = N_s - r_s$$

$$H = 24 - 18$$

$$H = 6$$

Donc le système étau est hyperstatique de degré six.

B/ Etude des efforts appliqués à un cube lors d'un serrage



P : poids du cube (1.2 N)

F_n : effort normal appliqué par l'étau sur le cube

F_t : effort tangentiel appliqué par l'étau sur le cube

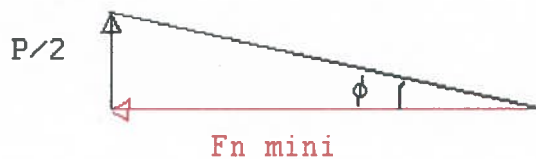
F : effort résultant appliqué par l'étau au cube

Rappel : le but de l'étau est de serrer les cubes dans le but de pouvoir les soulever. Une fois l'étau soulevé par un système d'ascenseur, seul l'effort tangentiel F_t est utile pour que le cube ne glisse pas.

On a donc : $2 \| \vec{F}_t \| \geq \| \vec{P} \|$ pour soulever le cube
Comme $\| \vec{F}_t \| = \| \vec{F}_n \| \sin \varphi$ alors le cube est soulevé si $\| \vec{F}_n \| \geq \| \vec{P} \| / (2 \sin \varphi)$
L'effort F_n est fonction du couple moteur, le poids P est fixé (1.2 N) et l'angle de frottement φ dépend des matériaux en contact.

Détermination de l'angle φ minimum nécessaire à la soulevée d'un cube

Nous faisons l'étude d'un demi cube :



A l'aide du logiciel Meca 3D on a pu déterminer l'effort appliqué par l'étau à un cube.

En effet $F_n = 7.1$ N sachant que le couple moteur est $C = 0.65$ N.m

On peut donc déterminer l'angle de frottement φ minimum nécessaire à la soulevée des cubes.

Calcul de φ

$$\tan \varphi = (P/2) / F$$

$$\varphi = 4.83^\circ$$

Donc les deux matériaux en contact (bois et un autre matériau qui reste à définir) devront avoir un angle de frottement supérieur à 4.83° .

V/Réalisation de l'étau :

1) caractéristiques techniques

Voir documents DT2 et mises en plan.

Dimensions de l'étau : En largeur : 136mm
En longueur : 210mm
En hauteur sans le moteur : 89mm
En hauteur avec le moteur : 184mm

2) Contraintes techniques

-Pour faciliter sa levée par l'ascenseur, la masse de l'étau doit être la plus faible possible.

-Pour permettre au pilote de voir les cubes durant la partie, il est préférable que le carter soit transparent.

-L'étau doit pouvoir maintenir 2 cubes serrés.

-Pour maintenir les cubes serrés et pour permettre à l'ascenseur de le monter, l'étau doit être rigide.

3) Choix des matériaux et de la motorisation

-Le carter de l'étau (plaques moteur et plaques gauches et droites) est réalisé en plexiglas, choisi en raison de sa légèreté. De plus le plexiglas permet au pilote de voir les cubes dans l'étau.

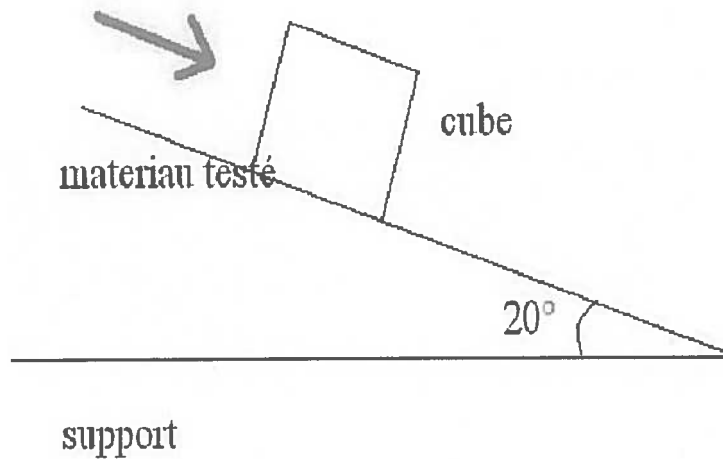
-La plaque inférieure de l'étau est en aluminium pour des raisons de rigidité. En effet celle-ci était initialement en plexiglas, mais elle était trop souple et était susceptible de se casser.

-L'excentrique ainsi que les mors de l'étau sont en aluminium pour être solides et légers. De plus, ces derniers ont été creusés pour gagner encore en masse.

-L'intérieur du mors gauche est couvert d'une couche de mousse et d'une couche de caoutchouc pour maintenir les cubes serrés dans l'étau. Ces matériaux ont été choisis car leur angle de frottement est supérieur à l'angle minimum nécessaire pour la préhension des cubes (6 degrés)

Mais l'utilisation du caoutchouc présente un risque : en effet il adhère trop aux cubes, ce qui risque de les déplacer pendant le desserrage.

Pour mesurer le coefficient de frottement entre les cubes et un matériau, nous avons utilisé une plaque de ce matériau sur laquelle nous avons posé un cube. Nous basculons ensuite la plaque jusqu'à ce que le cube glisse, puis nous mesurons l'angle entre le matériau et le support.



De plus, nous avons utilisé un prototype d'étau pour effectuer des tests de serrage des cubes, ainsi que pour tester la déformation des matériaux présents sur les mors.

-Voici quelques exemples de matériaux testés:

Bois/cube	Aluminium/cube	Mousse plastique « noire »/cube	Mousse « jaune »/cube
20°	17°	30°	45°

-Choix du moteur :

MCC : -U=12V

-C=65 mN.m

-N=115tr/min

-I=1.380A

-masse : 276g

Le moteur sera alimenté en 12V durant les match, et son ampérage est de 2.5A en serrage.

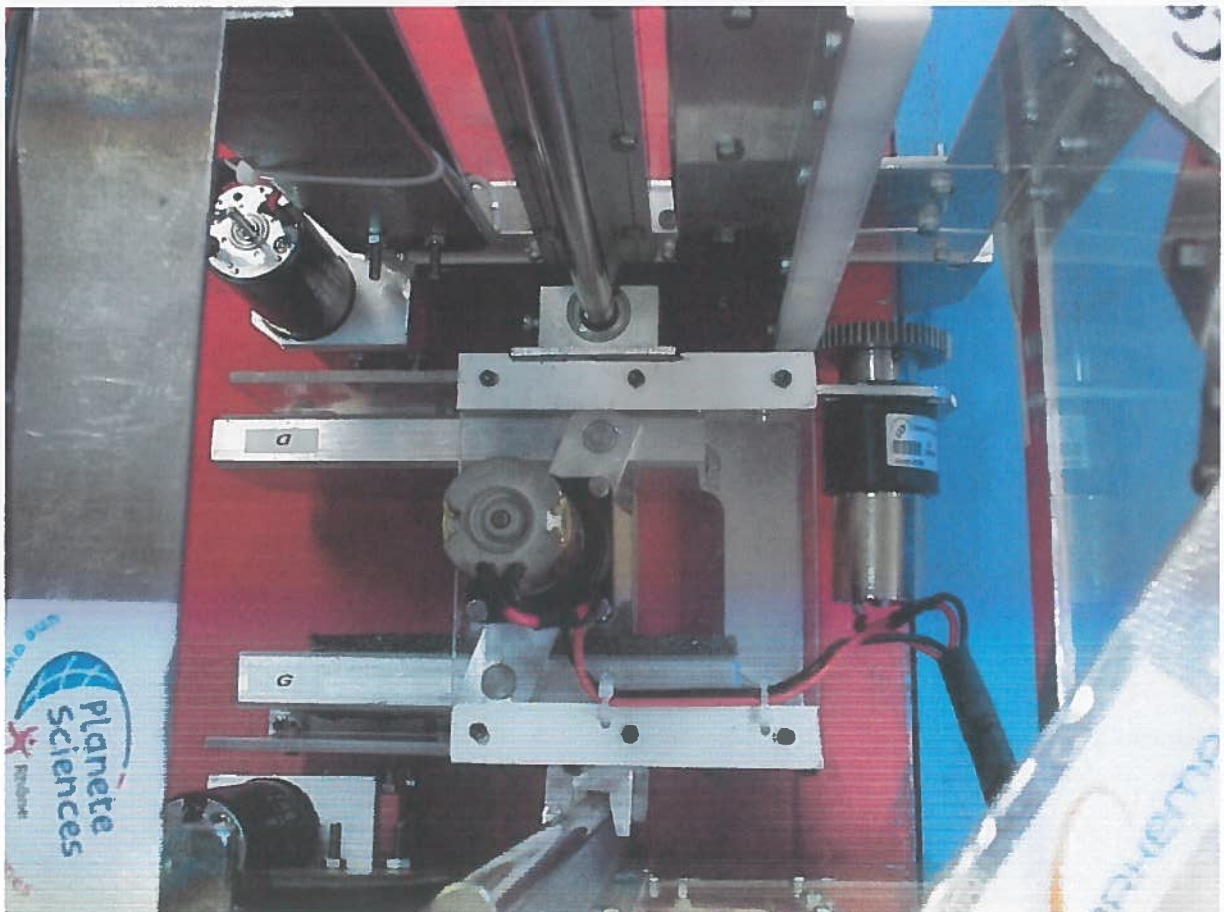
4) Manipulation de l'étau

-L'étau doit être en position fermé au début du match pour que les dimensions maximales du robot soient respectées (30x30x35 cm).

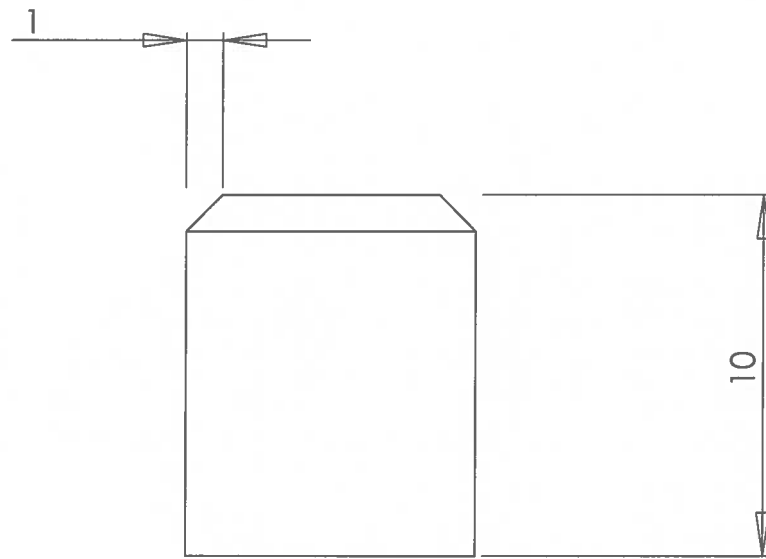
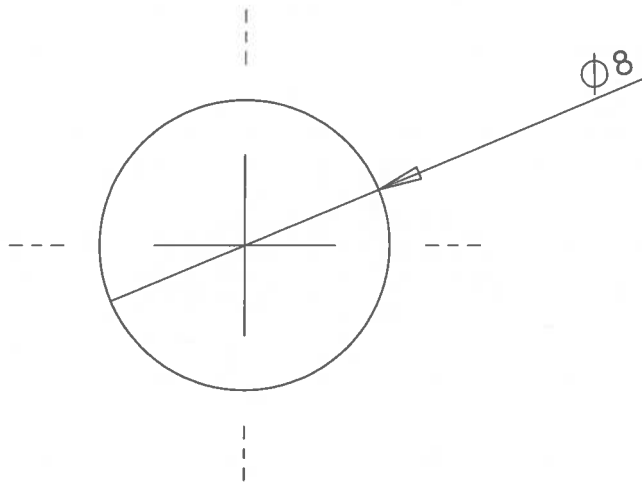
-Pour permettre l'entrée dans l'étau de cubes ayant des positions diverses, l'étau doit être en position ouverte. De cette façon le mors droit dépasse de 20mm et permet aux cubes de pivoter sur eux même pour venir se positionner dans l'étau. De plus, le bord gauche de la plaque inférieure a été biseauté pour permettre aux cubes de glisser dans l'étau. De cette manière les cubes peuvent être pris dans toutes les positions, sauf en diagonale. Dans ce cas le pilote doit faire pivoter le robot pour que le cube se positionne correctement en glissant sur la paroi du mors droit.

Lors des essais de l'étau, une solution technique facilitant la mise en position a été testée : il s'agit d'un « bras » en aluminium, qui s'abaisse devant l'étau en début de partie et qui sert de rampe de guidage aux cubes pour les mettre en position dans l'étau.

-L'étau peut être maintenu alimenté pendant le transport des cubes pour les tenir serrés, mais le moteur de l'étau chauffe.

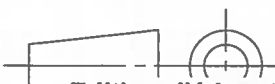


Photographie de l'étau finalisé monté dans le robot.



Echelle : 5

Axe pour mors Nbre : 4



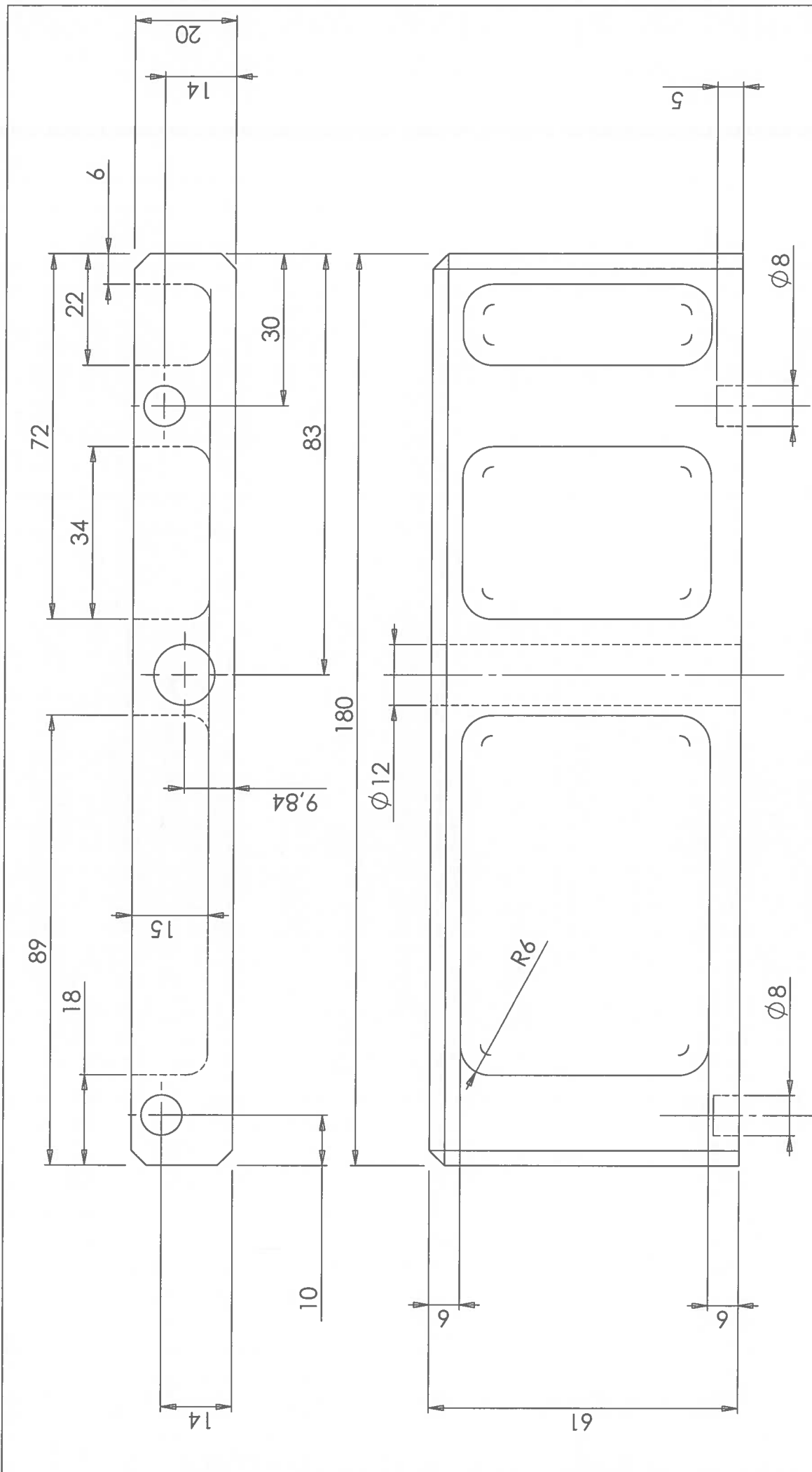
Edition d'éducation de SolidWorks
Licence pour un usage éducatif uniquement

Dessiné par :
C.C.Robotique

A4

Classe : S.I.

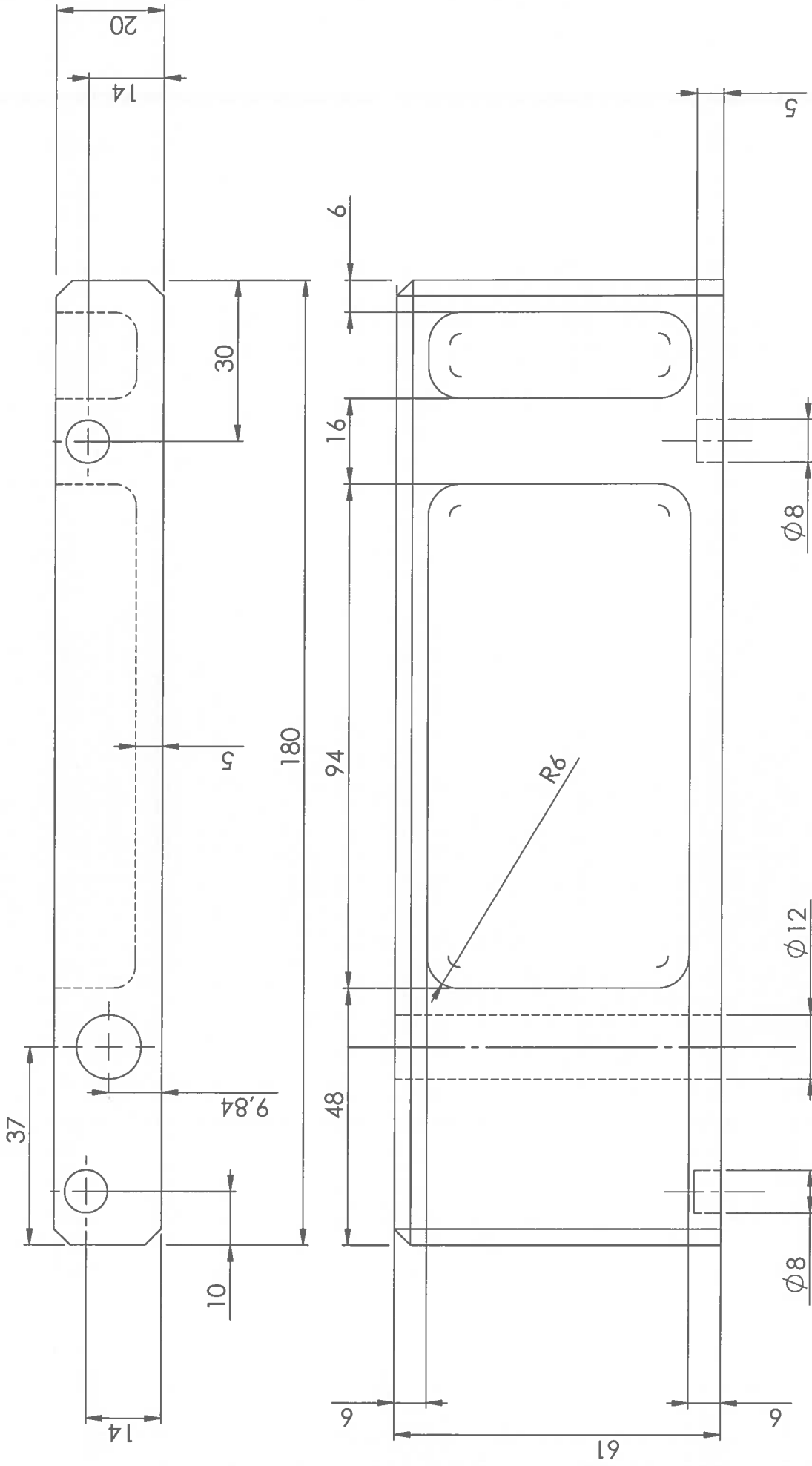
Lycée J.M. CARRIAT



Echelle : 1/1			A4	Classe : S.I.	LYCÉE J.M. CARRIAT

Chanfreins 3 x 45°

Edition d'éducation de SolidWorks
Licence pour un usage éducatif uniquement

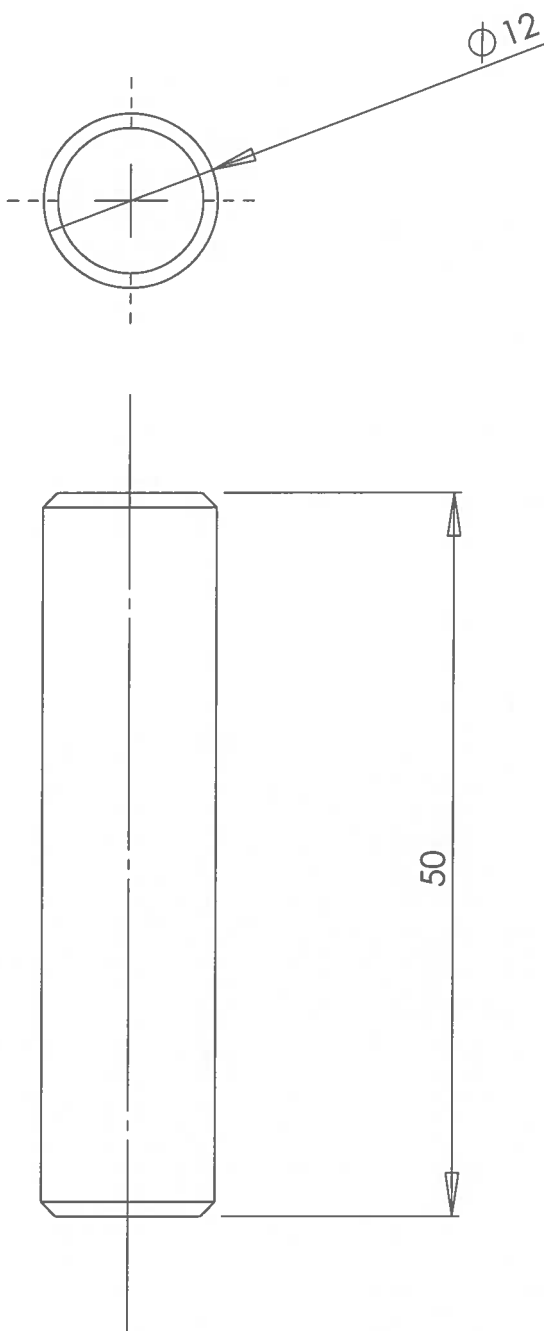


Echelle : 1/1

Dessiné par :
C.C.Robotique

Mors gauche

Edition d'éducation de SolidWorks
Licence pour un usage éducatif uniquement



Echelle : 2

Axe excentrique Nbre : 2



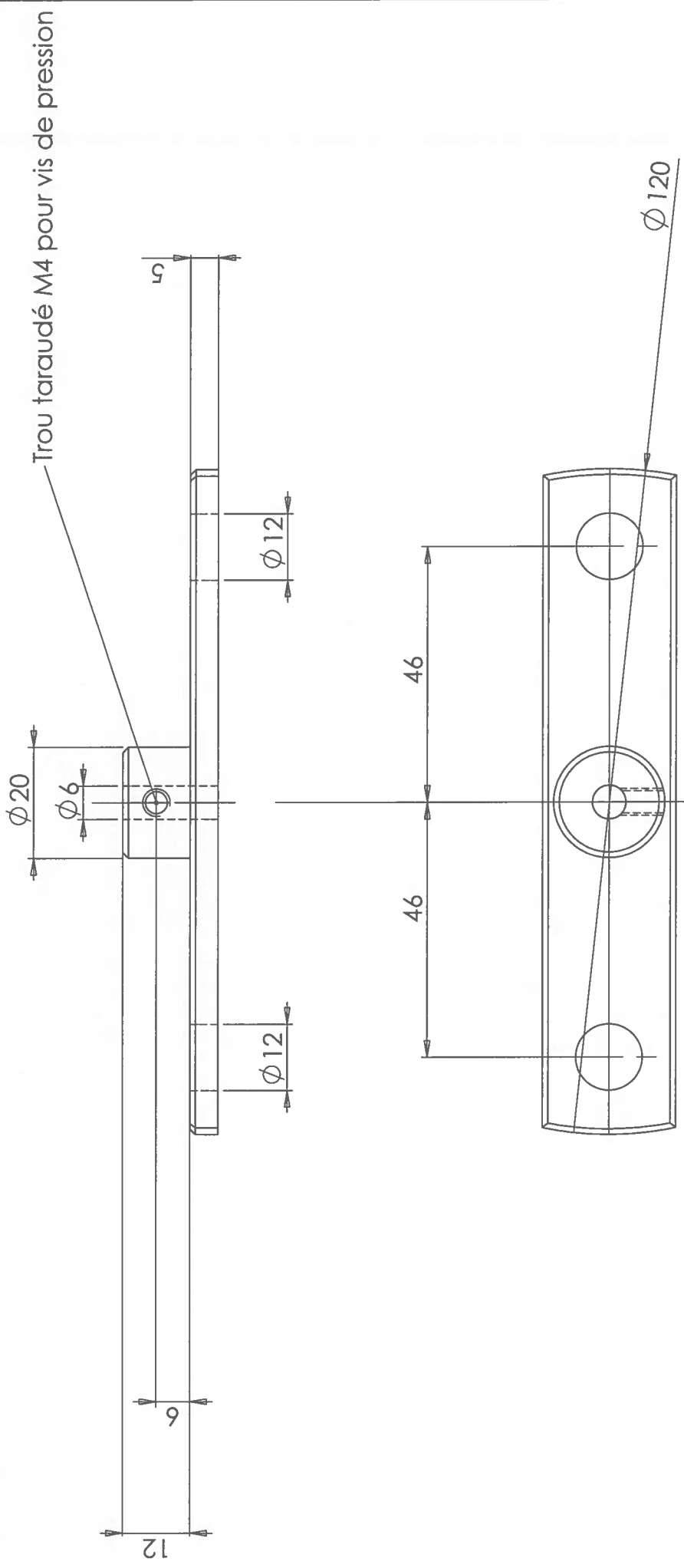
Edition d'éducation de SolidWorks
Licence pour un usage éducatif uniquement

Dessiné par :
C.C.Robotique

A4

Classe : S.I.

Lycée J.M. CARRIAT

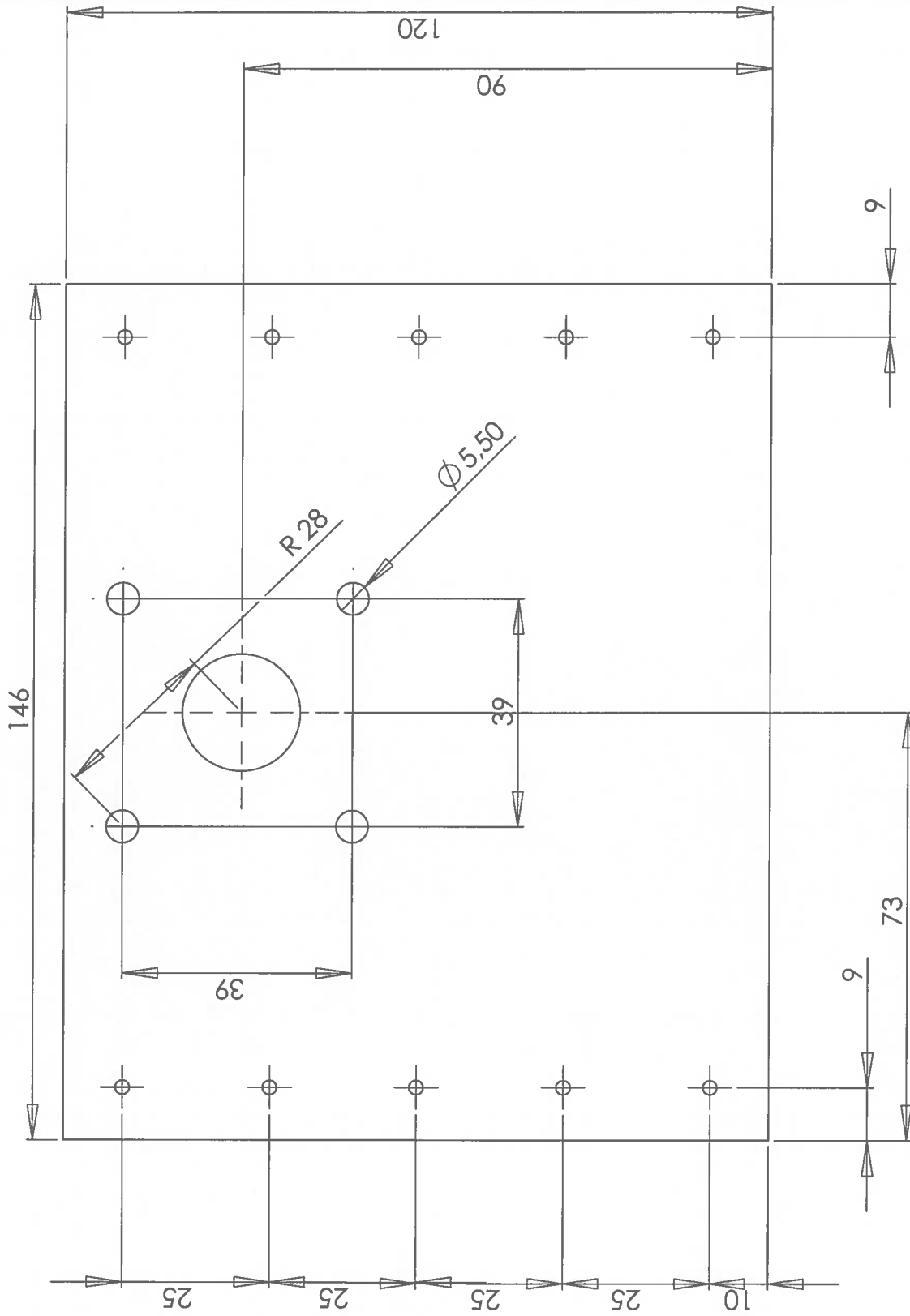


Edition d'éducation de SolidWorks
 Licence pour un usage éducatif uniquement

Echelle : 1/1	
Dessiné par : C.C.Robotique	

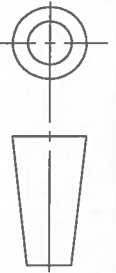
Excentrique de commande

A4	Classe : S.I.	LYCÉE J.M. CARRIAT
----	---------------	--------------------



Plaque Moteur Ep. 4mm

Echelle : 1



Dessiné par :
C.C.Robotique

A4

Classe : S.I.

LYCÉE J.M. CARRIAT

Edition d'éducation de SolidWorks
Licence pour un usage éducatif uniquement

DT 1

VERKIM PNEUMATIQUE

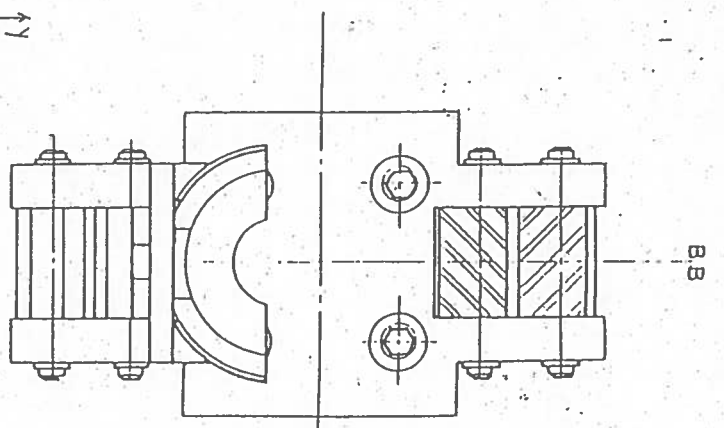
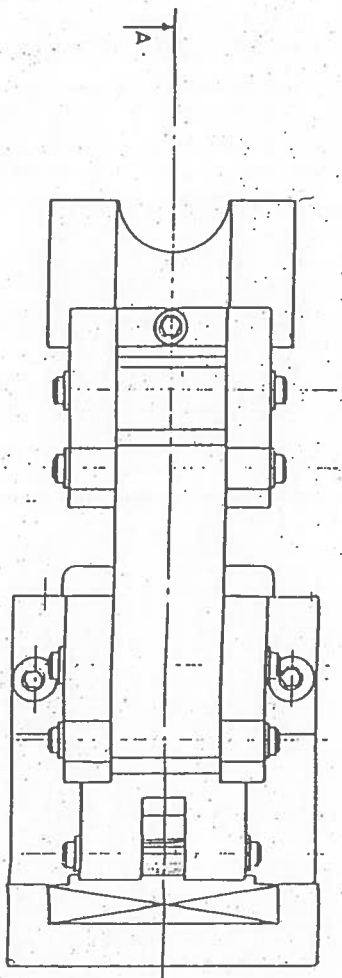
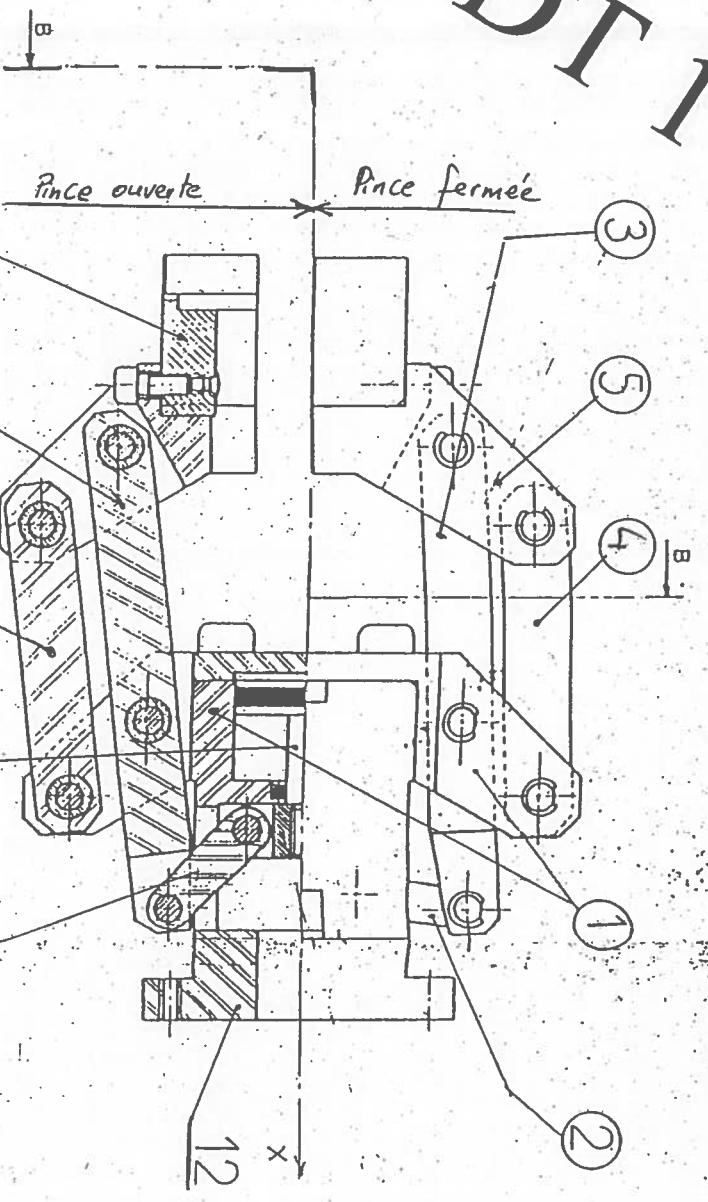
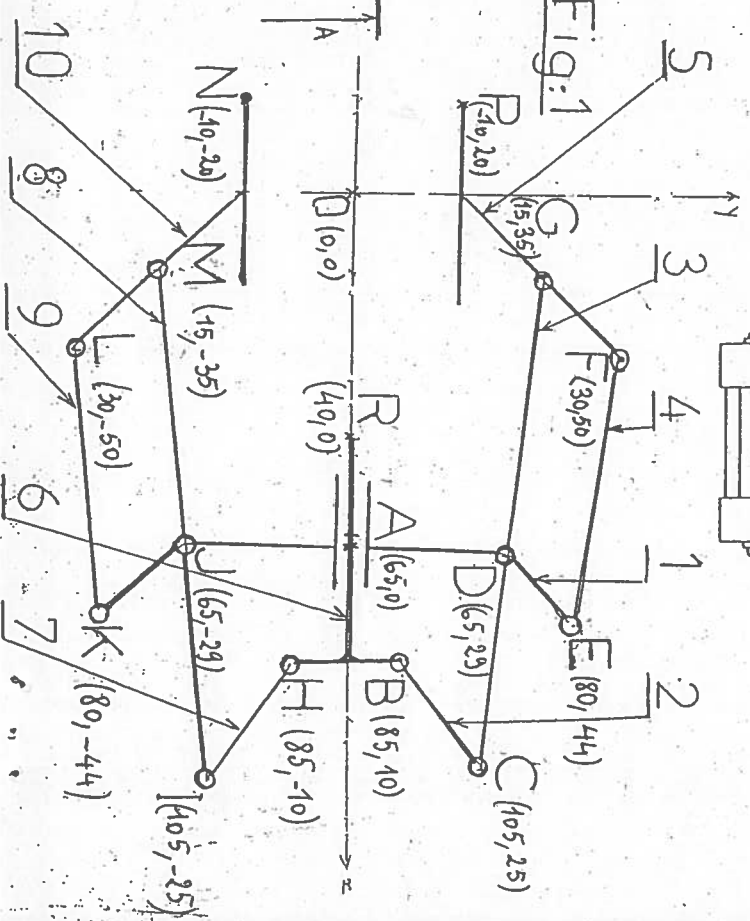
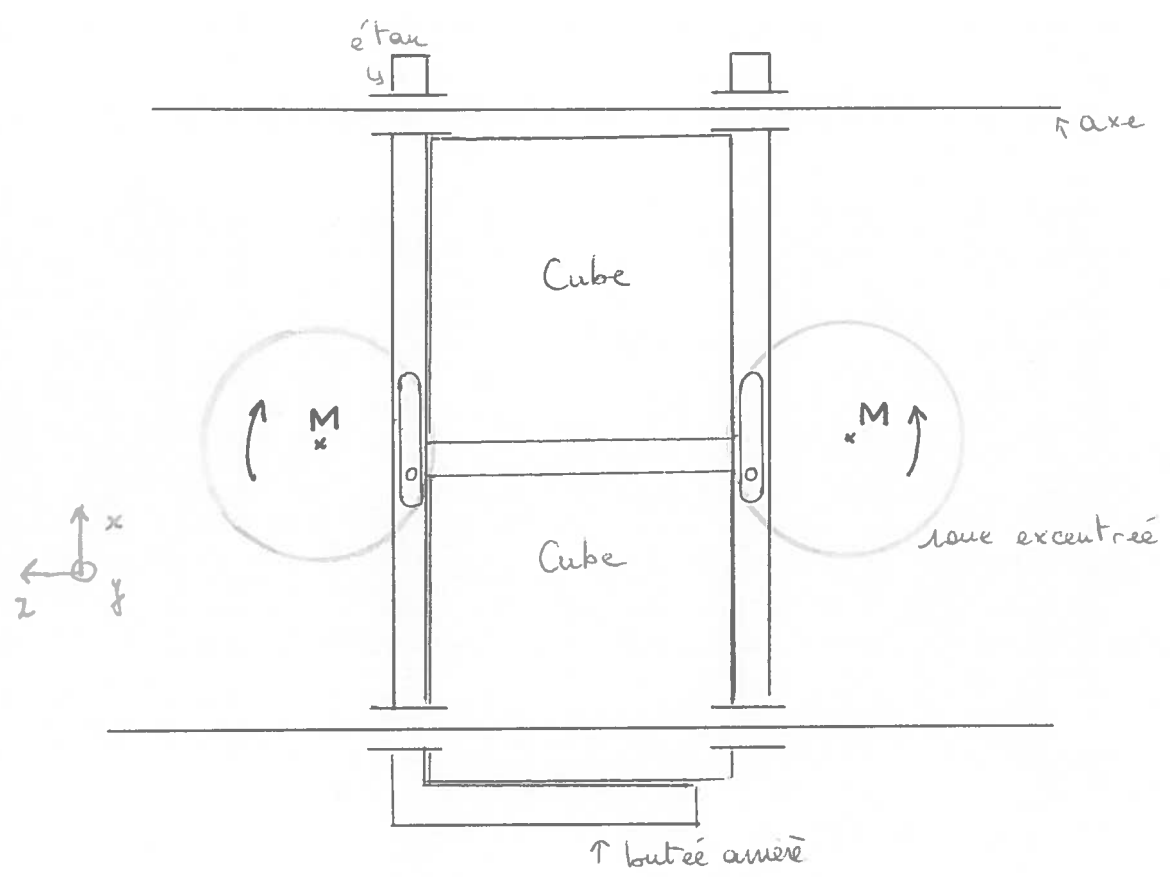


Fig:1



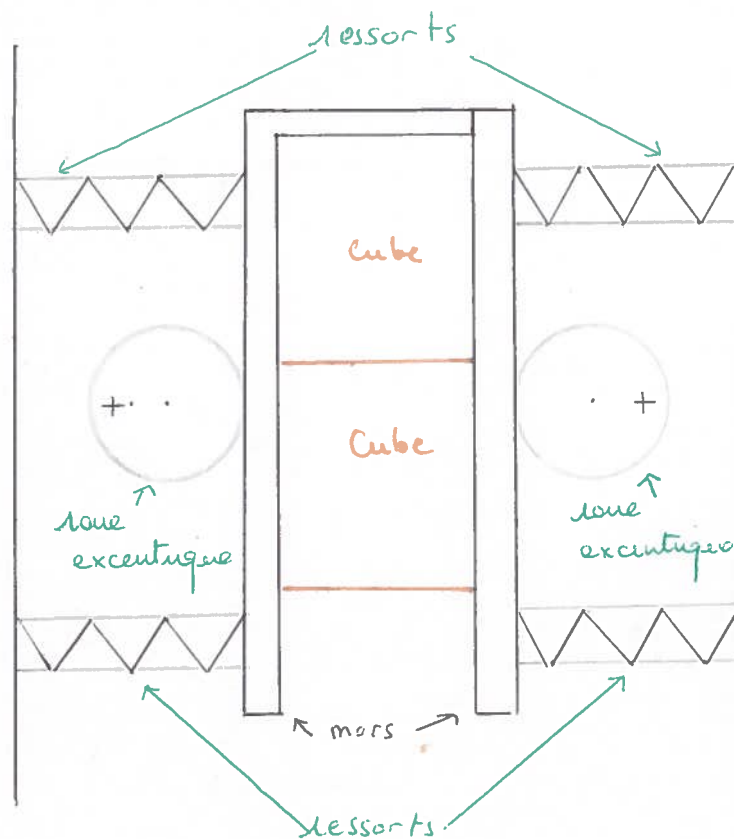
PREHENSEUR SCARA (Document 1)

ROUE EXCENTRIQUE I



La rotation sur l'axe (C, \bar{y}') des roues excentrées permet la translation de l'étai sur l'axe (O, \bar{z}') .

ROUE EXCENTRIQUE II



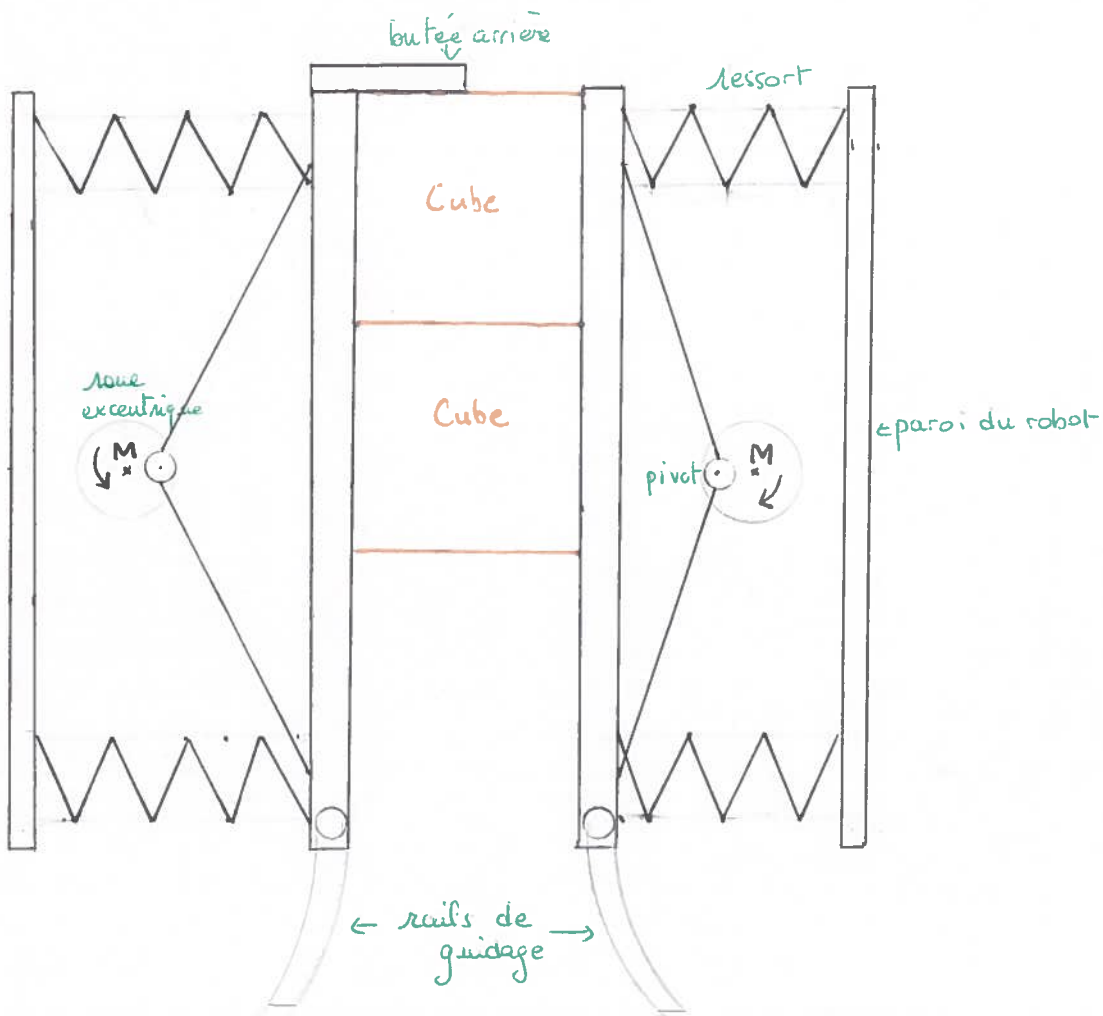
La rotation de la roue excentrique entraîne la translation des mors selon l'axe $(0, \vec{y})$.

La roue étant excentrée, l'étau se ferme de quelques millimètres et s'ouvre de plus.

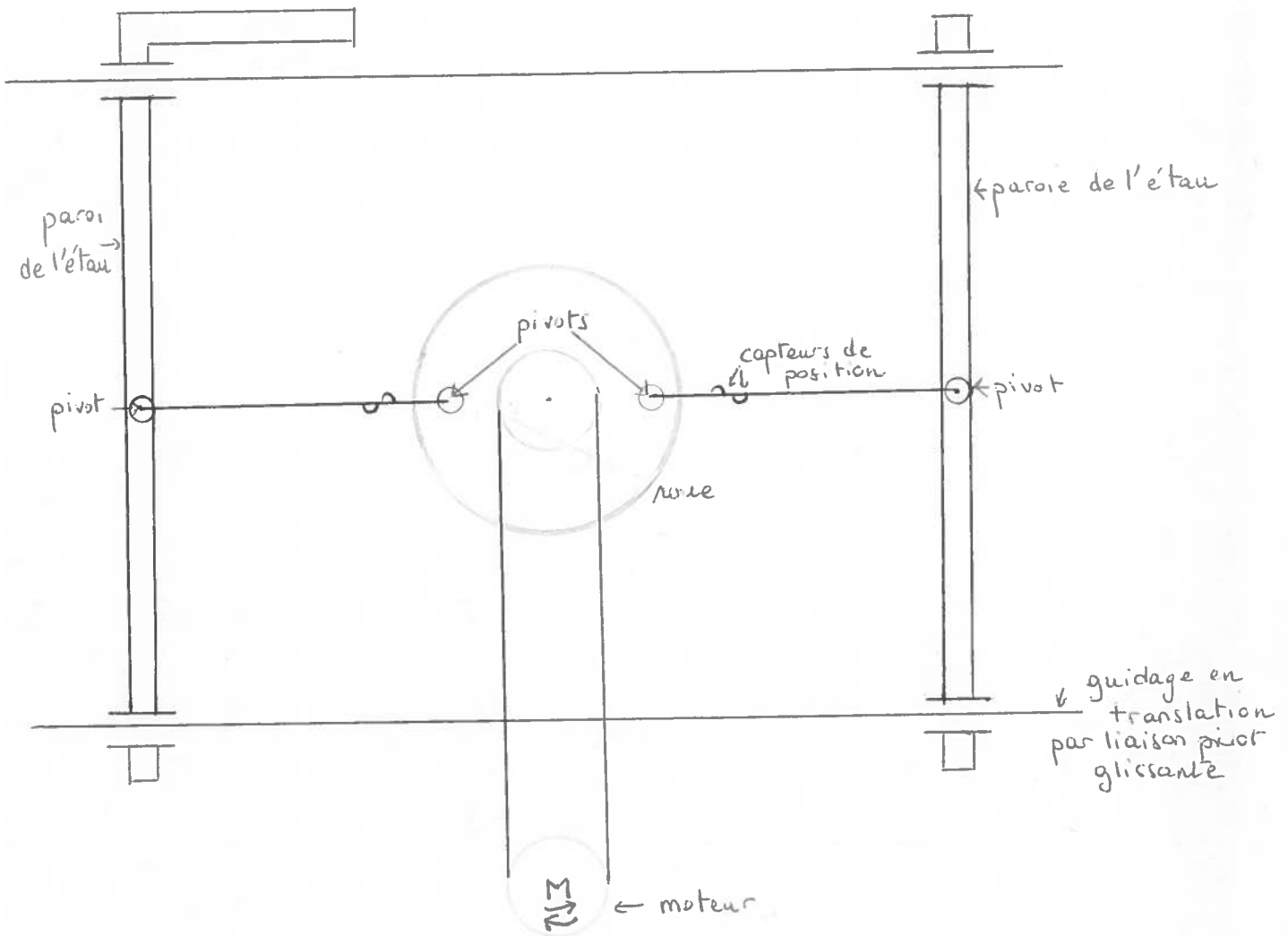
Les ressorts permettent un maintien en position.

ROUE EXCENTRIQUE III

RE 3



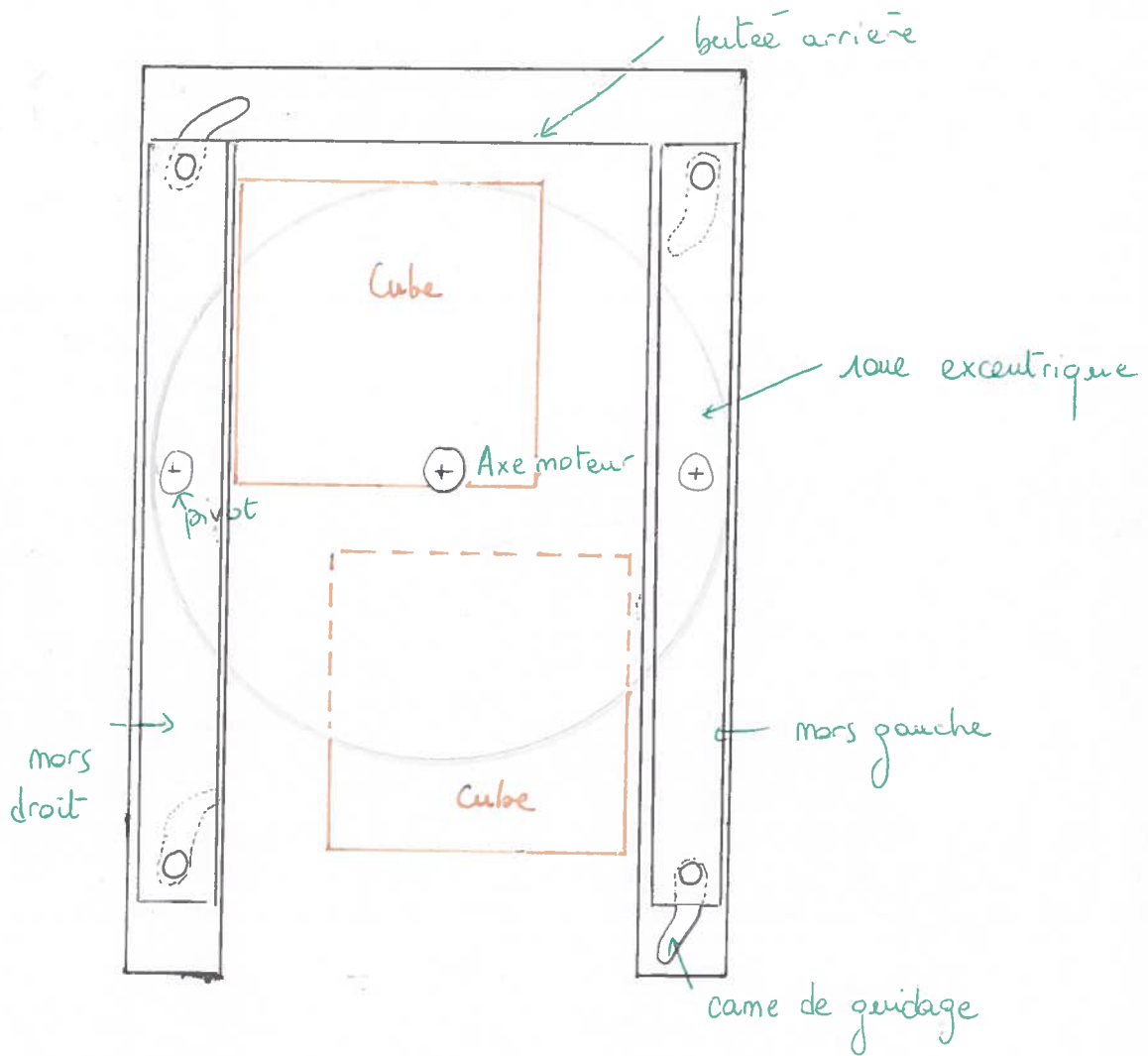
L'idée est de guider l'état de manière à pouvoir redresser les cubes. Les ressorts permettent une plus grande fiabilité du système.



Le moteur entraîne la roue par l'intermédiaire d'une courroie.
 La roue entraîne ensuite deux bielles qui entraînent la paroi en translation.
 Les capteurs de fin de course servent à savoir lorsque l'étau est fermé, le moteur n'est alors plus alimenté.

ROUE EXCENTRIQUE V

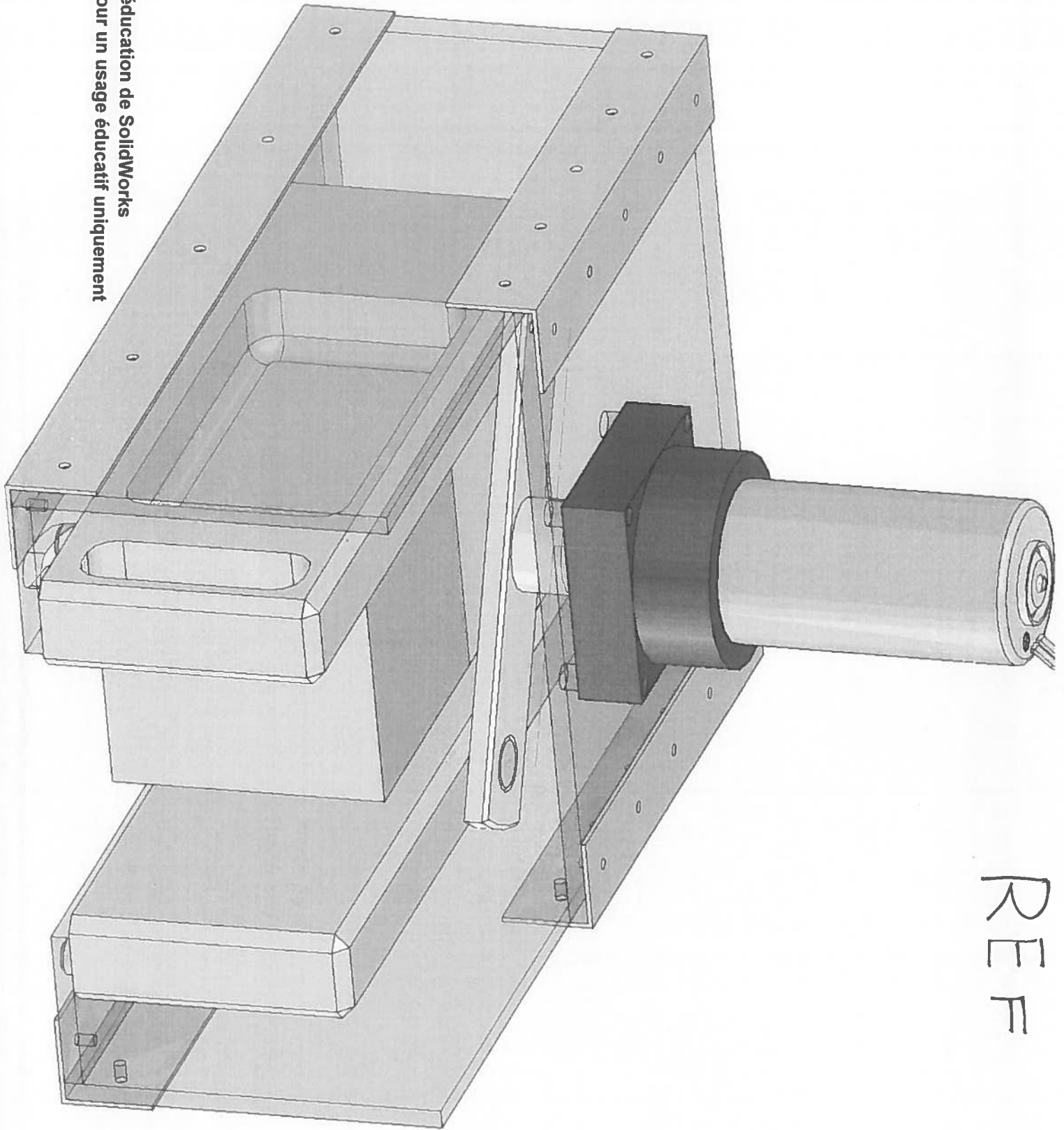
RE 5



Les cames de guidage permettent de guider les mors de manière à ce qu'elles viennent resserrer les cubes. Le montage est simple car une seule roue excentrique est utilisée.



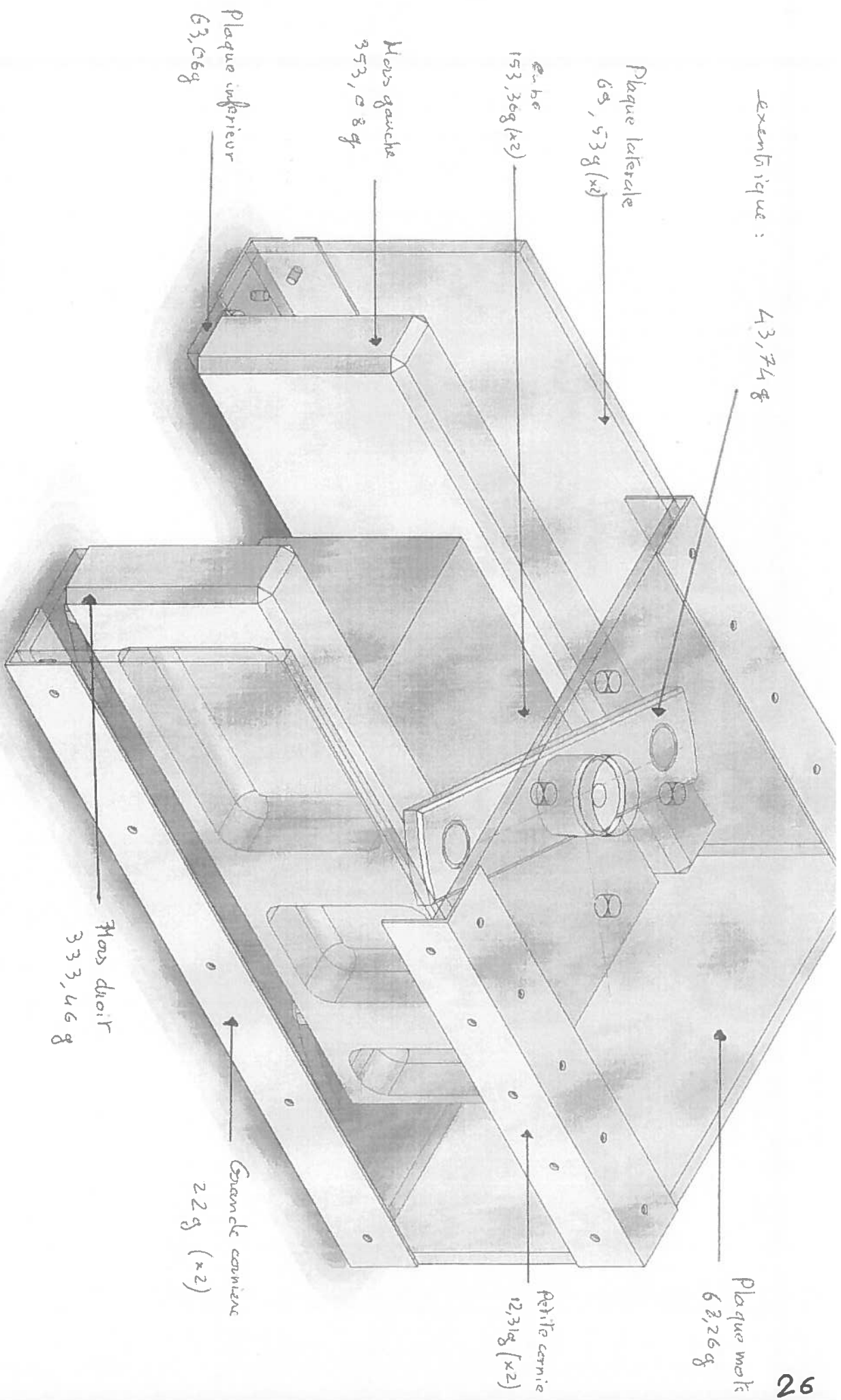
Edition d'éducation de SolidWorks
Licence pour un usage éducatif uniquement



REEL



Edition d'éducation de SolidWorks
 Licence pour un usage éducatif uniquement



Masse moteur : 276 g
 Masse totale vis + écrous : 20 g

DT2