



Objectifs :

- **Identifier** les différents composants du système de tension de la cordeuse ;
- **Modéliser** le système de mise en tension de la corde ;
- **Analyser** le comportement du mécanisme de tension ;
- **Améliorer** les performances du système par correction PID.

PRÉSENTATION

La machine à corder, dont le principe remonte à plusieurs années, a subi des modifications successives pour suivre l'évolution de la technologie et de la pratique du tennis : approche scientifique du comportement des raquettes et maîtrise de la tension du cordage.

Elle a atteint un niveau de performances tel qu'elle est retenue comme machine à corder dans de nombreux tournois, notamment à Roland Garros. Elle est produite, avec différentes options, à plusieurs centaines d'exemplaires par an.

Le cordage d'une raquette de tennis ou de badminton nécessite de nombreuses manipulations manuelles. La partie automatisée de la machine permet d'assurer la réalisation précise de la tension de chaque brin.

La figure 3 met en évidence les éléments de la structure de la machine. Le berceau reçoit le cadre de la raquette sur lequel il est fixé efficacement.

L'opérateur met la machine sous tension électrique. Celle-ci, asservie en effort, ajuste la valeur de la tension, pré réglée sur le tableau de bord. Une extrémité de la corde est maintenue par une pince et l'autre extrémité de la corde est glissée dans le mors de tirage.

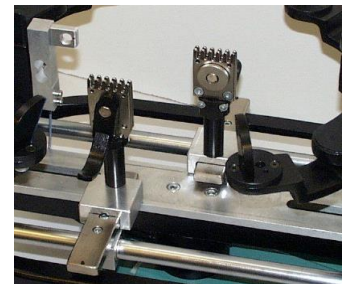
Le déplacement du mors de tirage permet d'appliquer l'effort sur la corde. La deuxième pince permet de maintenir le brin de corde sous tension. L'opérateur la retire du mors, la glisse au travers des œillets du cadre et retourne le berceau pour pouvoir la saisir à nouveau et la tendre.



Figure 1 : Cordage d'une raquette



Figure 2 : Pincettes pour serrer la corde



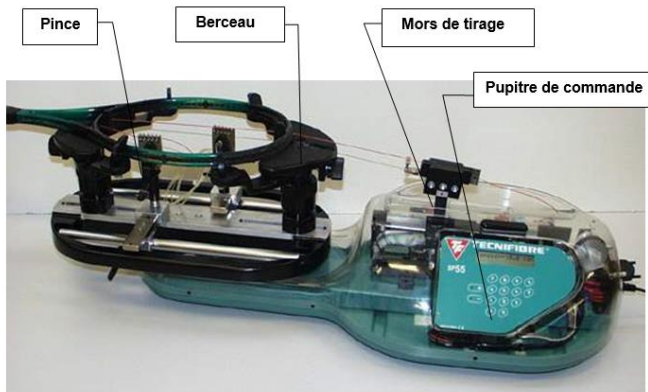


Figure 3 : Machine à corder

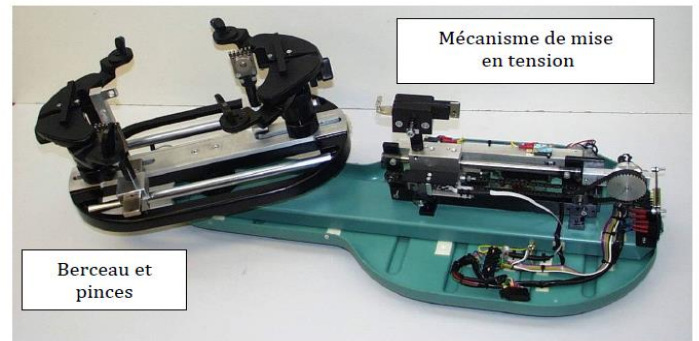
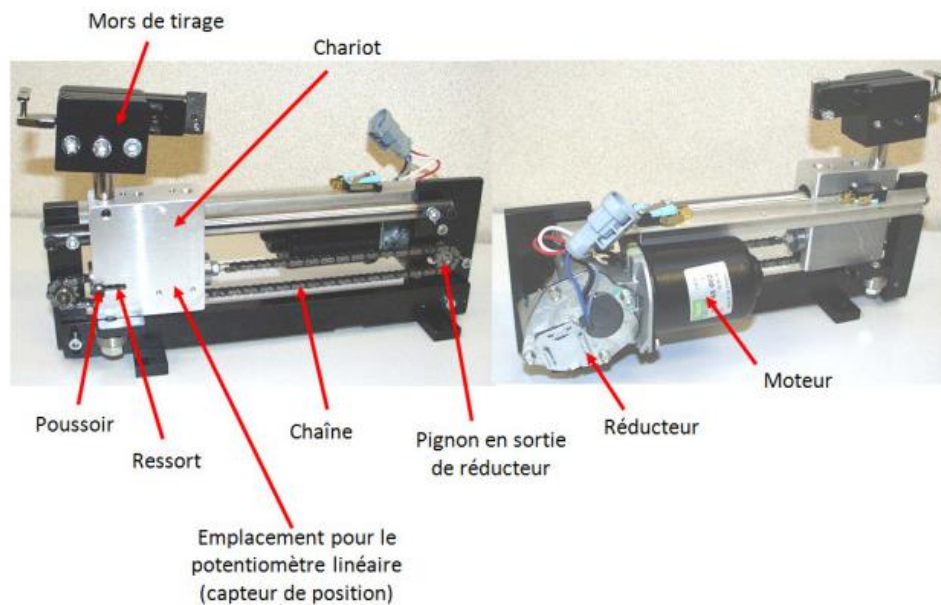


Figure 4 : Berceau, pinces, mécanisme de mise sous

MÉCANISME DE LA CORDEUSE

Les photographies ci-dessous permettent de mettre en évidence le mécanisme de mise en tension de la corde constitué principalement d'un moto-réducteur et d'une transmission par chaîne. Cet ensemble assure le déplacement du chariot portant le mors de tirage.

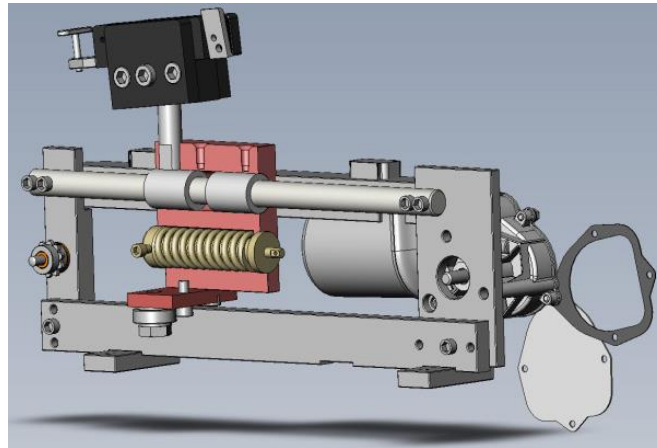


Le constructeur a choisi un capteur de position (potentiomètre linéaire) pour mesurer le déplacement d'un ressort afin de pouvoir déterminer la force réellement appliquée sur la corde). En effet, le principe est d'utiliser un ressort, et plus particulièrement son équation de comportement pour déduire la force.

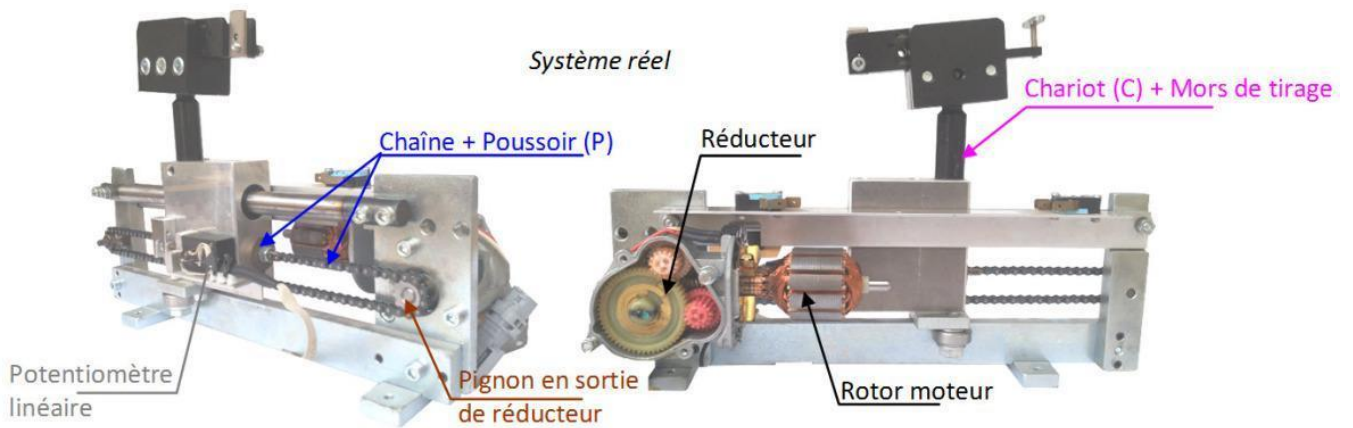
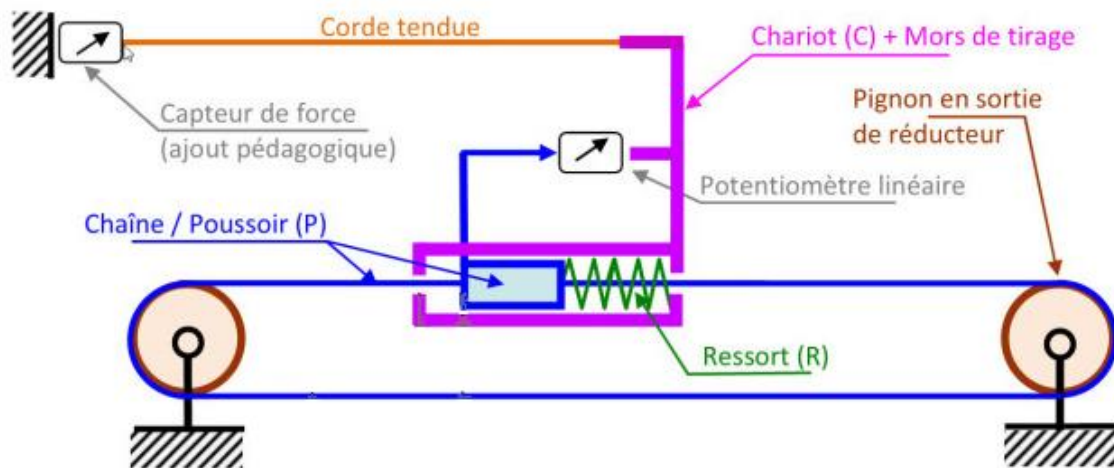
Pour tendre la corde, l'ensemble {chaîne-poussoir + chariot} se déplace vers la droite. Dès que la corde se tend, l'ensemble chaîne-poussoir continue encore son déplacement ce qui entraîne l'écrasement du ressort, qui est mesuré par le capteur de position (potentiomètre linéaire).

Une fois que la tension réelle de la corde est mesurée, celle-ci peut-être comparée à l'effort de consigne afin d'établir la commande du moteur nécessaire à la réalisation précise de la tension.

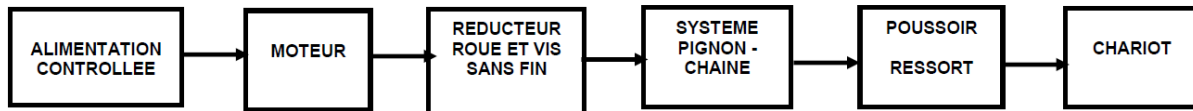
REPRÉSENTATION 3D



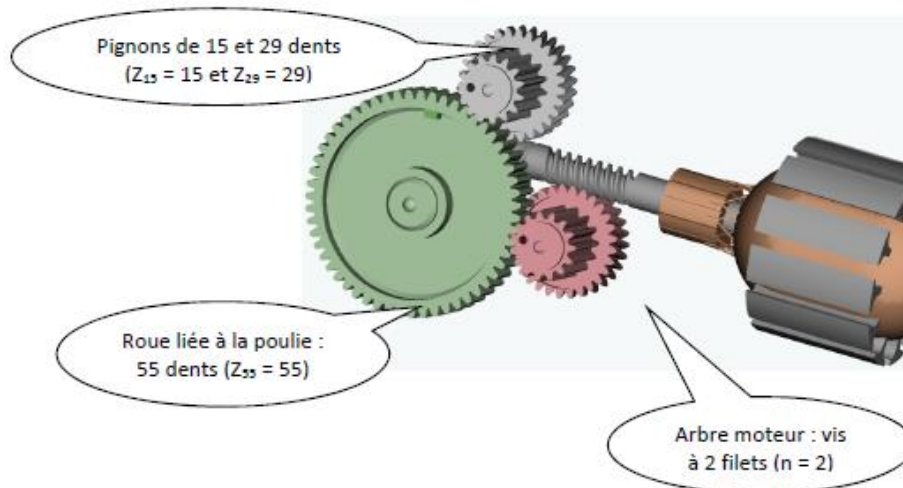
MÉCANISME DE TENSION DE LA CORDE



ÉLÉMENTS DE LA CHAÎNE DE PUISSANCE



RÉDUCTEUR ROUE ET VIS SANS FIN



VALEURS CARACTÉRISTIQUES

NOM	DÉNOMINATION	UNITÉ	VALEUR
R_P	RAYON DE LA POULIE	mm	20
K	RAIDEUR DE LA CORDE	$N \cdot mm^{-1}$	5.49
k	RAIDEUR DU RESSORT	$N \cdot mm^{-1}$	32.7
R	RÉSISTANCE INDUIT MOTEUR	Ω	0.7
L	INDUCTANCE MOTEUR	mH	0.1
K_C	CONSTANTE DE COUPLE DU MOTEUR	$N \cdot m \cdot A^{-1}$	0.03
M_{EQ}	MASSE ÉQUIVALENTE	kg	1.3
J_{EQ}	INERTIE ÉQUIVALENTE RAMENÉE SUR L'AXE MOTEUR	$kg \cdot m^2$	$2 \cdot 10^{-6}$
f	COEFFICIENT DE FROTTEMENT VISQUEUX RAMENÉ SUR L'AXE DU MOTEUR	$N \cdot m \cdot rd^{-1} \cdot s$	0.001

Potentiomètre linéaire (capteur de position)

Course électrique 0 - 15 mm pour 0 - 5V

ASSERVISSEMENT EN EFFORT

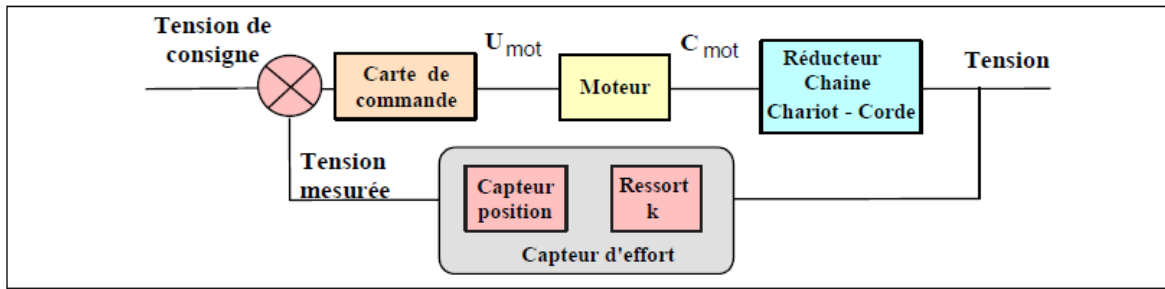
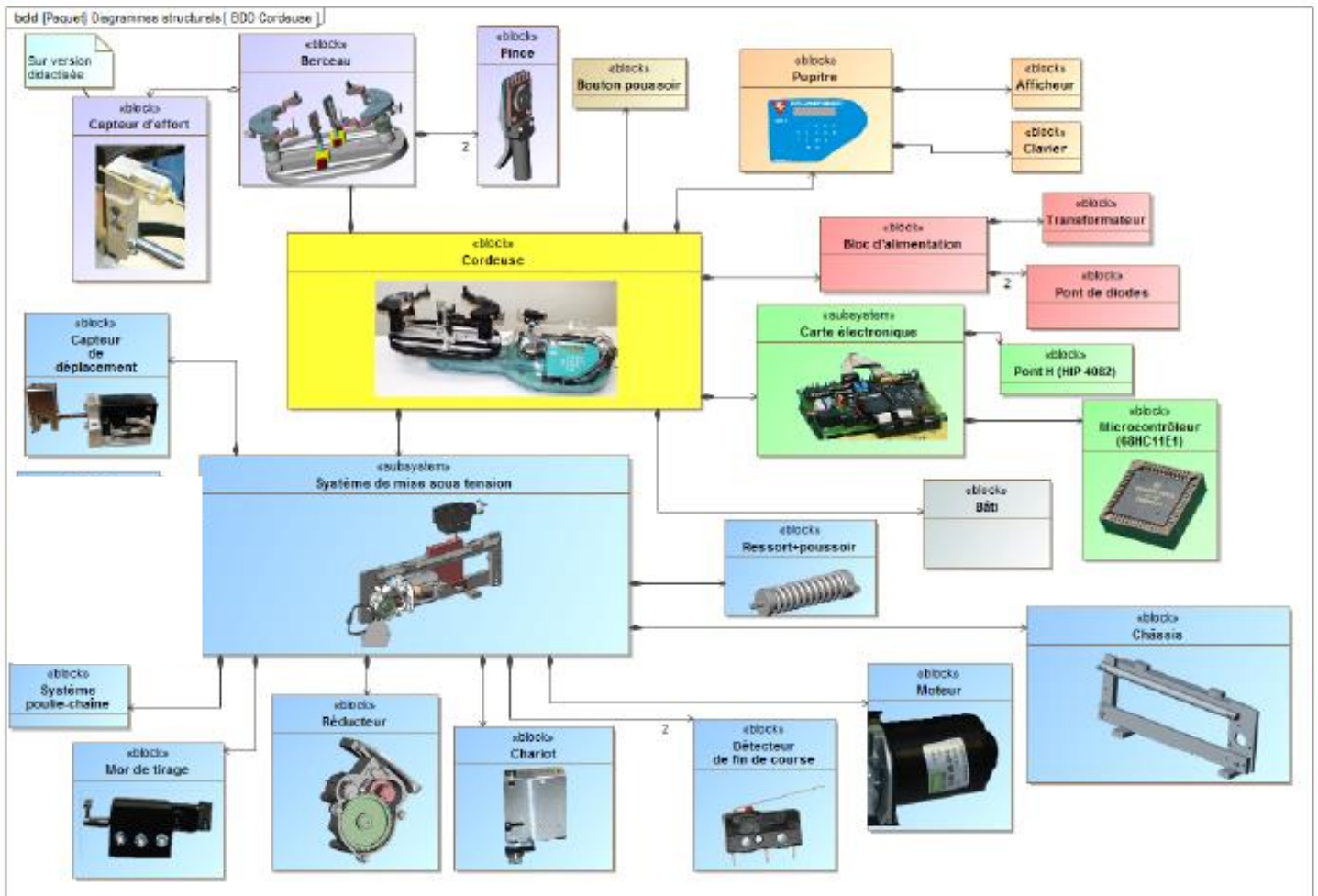


DIAGRAMME DE DÉFINITION DES BLOCS



MODÉLISATION

Deux performances concernent :

- La **rapidité** (temps de mise en tension à partir du début du mouvement **< 1 s**) ;
- La **précision** (erreur de tension de la corde **< 5%** de la valeur finale).

Pour l'étude prendre un échelon de tension de corde de **250 N**.

Le moteur est piloté par une **source de tension contrôlée**

On néglige le frottement entre le chariot et le bâti

Placer un bloc gain pour adapter la consigne en Newtons sortie du bloc STEP avec l'information issue de la chaîne de retour constituée d'un CAN 8 bits et d'un bloc gain afin d'adapter le signal issu du potentiomètre linéaire

1/ Réaliser le modèle multiphysique de la cordeuse à l'aide du module Simulink de Matlab.

2/ Réaliser une simulation de mise en tension (250 N) de la corde pour les valeurs du PID suivantes (valeurs par défaut) : $K_P=1$, $K_I=1$ et $K_D=0$. **Relever** les performances (stabilité, rapidité, précision). **Conclure** quant aux performances simulées.

3/ Régler le PID afin d'améliorer les performances du système et **répondre** aux exigences du cahier des charges. **Conclure** sur le rôle de chaque élément du correcteur.

4/ Afin de ne pas endommager le cadre de la raquette, la tension d'une corde est limitée à 35 kg (350 N). **Proposer** une modification du modèle afin de remplir cette exigence. **Simuler** avec un effort de consigne de 400 N. **Conclure** quant à la modification du modèle.