ROBOT JOCKEY

DOSSIER RESSOURCES

PRESENTATION DU SYSTEME

Le système Robot Jockey permet d'étudier le bras droit robotisé du robot réel « KAMEL ».

Les robots KAMEL sont des machines utilisées en remplacement de jockeys humains pour conduire les dromadaires lors des championnats de la monarchie du Qatar (**photo 1**).

Par l'intermédiaire d'une télécommande HF (**photo 2**), ces robots reproduisent les ordres de l'entraineur qui lui se trouve sur un véhicule 4x4 suivant la course sur un anneau parallèle du champ de course.

La vitesse de l'animal et son rythme cardiaque sont également disponibles via cette télécommande.

Les ordres possibles sont les suivants :

Bras droit (***système Jockey Didastel***) :

- « **Raali** » (rotation de la cravache près de la tête de l'animal) ;
- « **Frappes** » (coups portés à l'avant ou à l'arrière de la monture).

Bras gauche :

- « Rênes » (tension des rênes).

Haut parleur :

- Cris de l'entraineur.

La production des robots démarrée en Suisse en 2005 (**photo 3**), est aujourd'hui réalisée au Qatar.

Le gouvernement du Qatar a également réalisé un transfert de technologies pour les ingénieurs et techniciens du pays.

De nombreuses équipes en championnat utilisent maintenant des robots jockey avec diverses technologies.

Photo 1 : le robot KAMEL en course

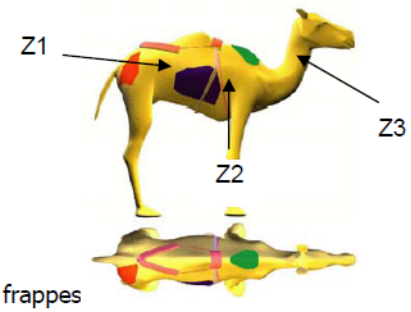
Photo 2 : Les robots KAMEL et leur télécommande

Photo 3 : L'atelier de production des robots KAMEL

ANALYSE SYSTEME – CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL

Cahier des charges fonctionnel du robot JOCKEY (bras droit)

FONCTION	Définition	Critères d'appréciation	Niveau	Flexibilité
FP1	**DIRIGER** (frappes)	— amplitude du mouvement — fréquence des frappes — Intensité des frappes — Trois zones de frappes*	— réglable, position de départ précise — réglable (1 à 3 Hz) — réglable, inférieure à 50 N — surface de frappe 25 cm²	+/- 2° +/-5% +/- 5 % +/- 5 cm²
	STIMULER (Raali)	— fréquence de rotation baguette —Plan d'évolution de la baguette	— réglable (100 à 180 tr/min) — erreur d'inclinaison du poignet inférieure à 2 °	+/- 2 tr/min +/-1°
FC1	COMMUNI-QUER avec le pilote	— distance — nombre de canaux — Temps de réponse	— 200 m — 25 — 250 ms	Mini mini mini
FC2	**MAINTENIR** la position sur le dromadaire	— tenir en position — Résister aux vibrations et aux chocs	— maintenir les fonctions sans danger pour l'animal — aucun dégât sur le mécanisme	Aucune Aucune
FC3	**ASSURER** l'alimentation en énergie pendant une course	— durée d'utilisation ; — recharge complète rapide — stabilité de la tension	— 2 heures ; — 12 heures — 12 V	Mini Mini +/- 2%
FC4	**RESISTER** à l'environnement	— Résister à la température maxi de 55°C — Résister à l'humidité	— pas de modification des performances — pas de modification des performances	aucune aucune



*Zones de frappes

ANALYSE SYSTEME – SYSML

DIAGRAMME DE CONTEXTE

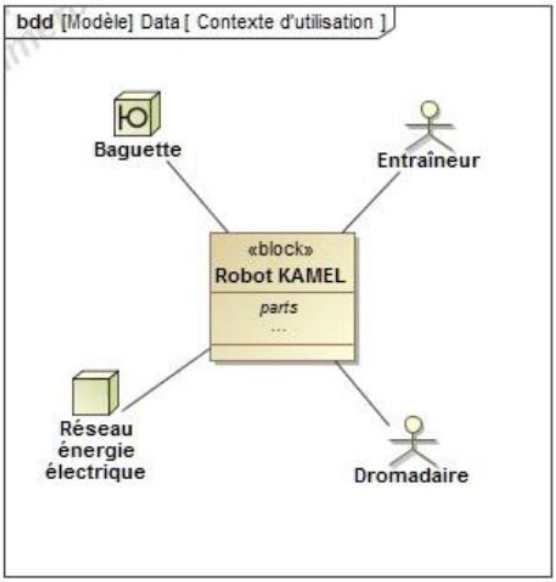


DIAGRAMME DE CAS D'UTILISATION

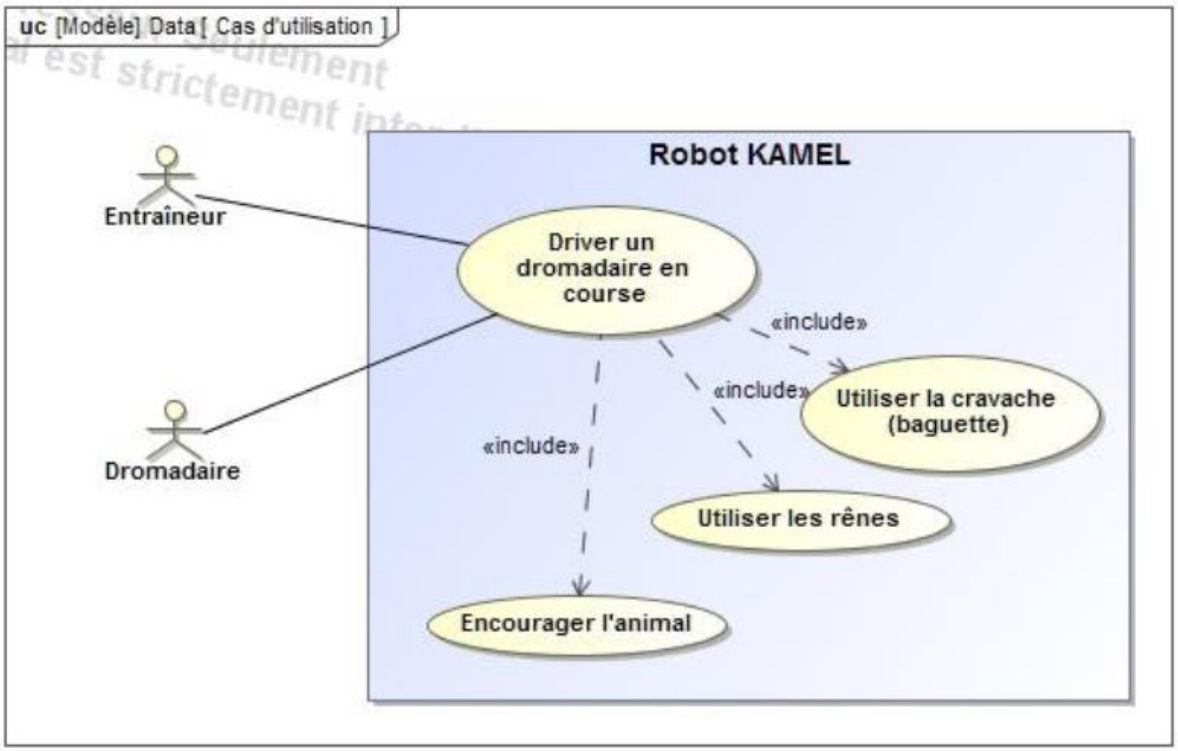


DIAGRAMME DES EXIGENCES

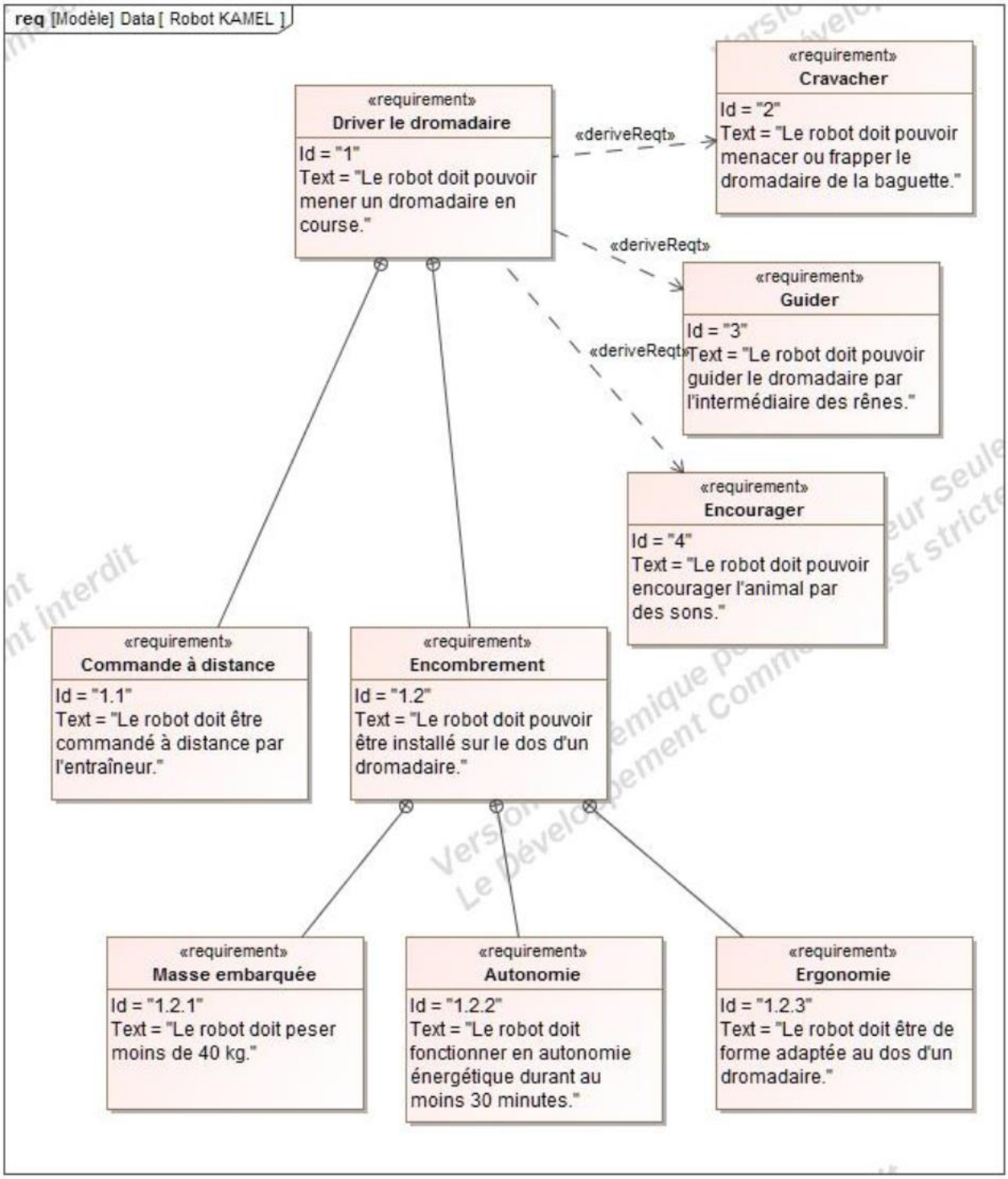
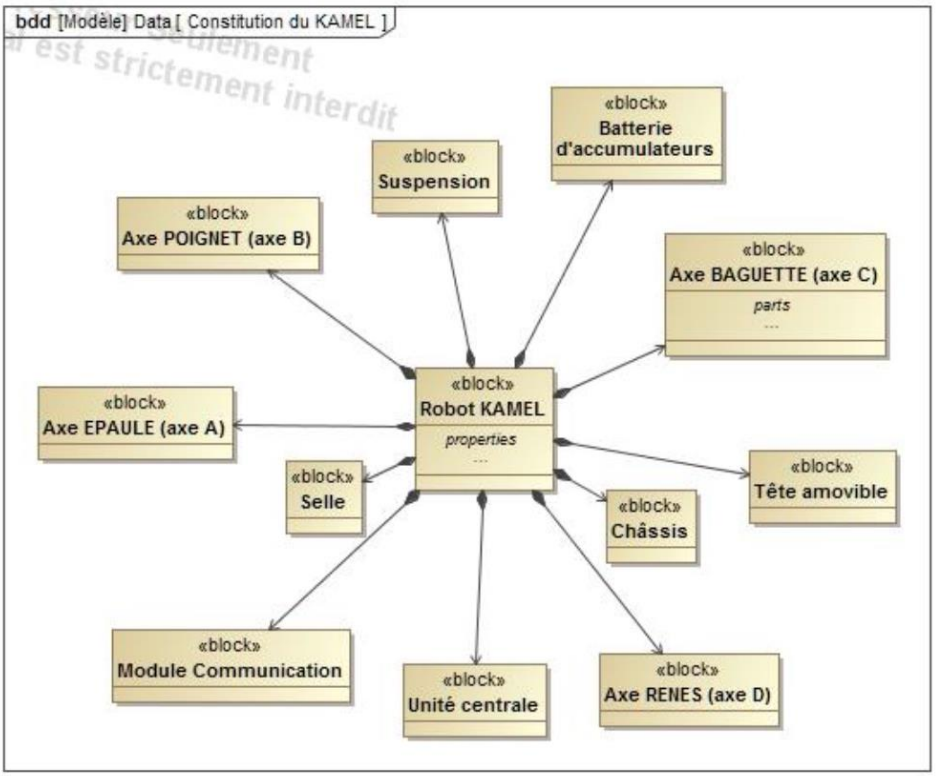


DIAGRAMME DE DEFINITION DE BLOC



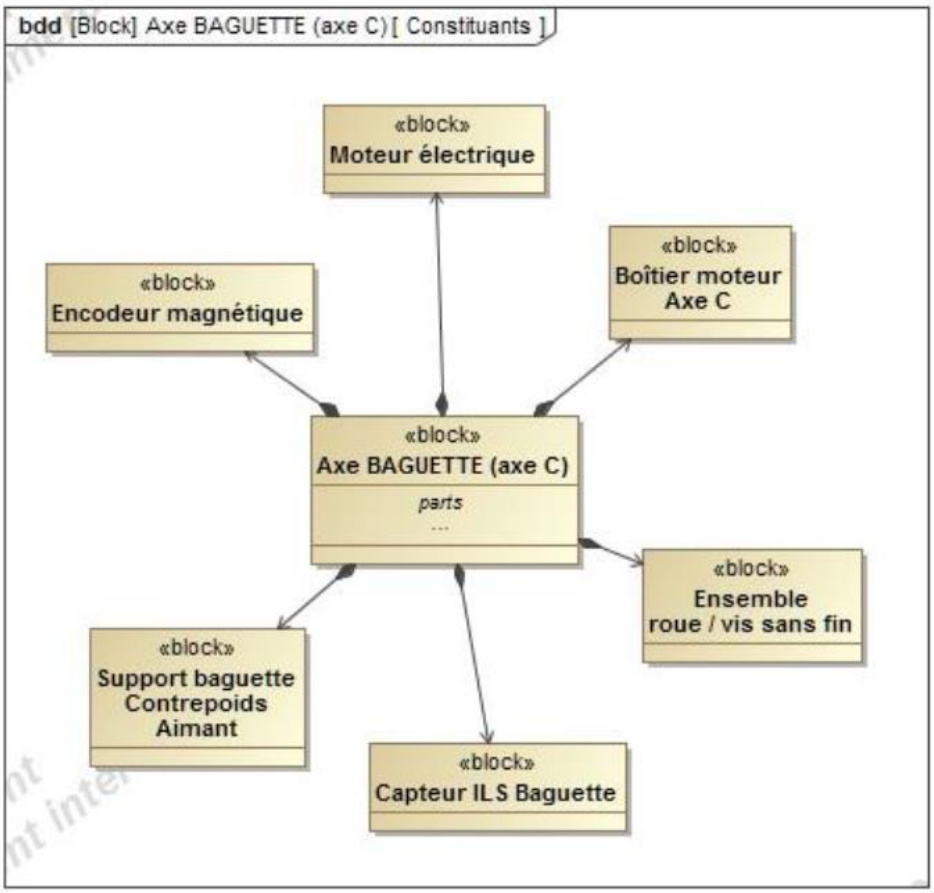
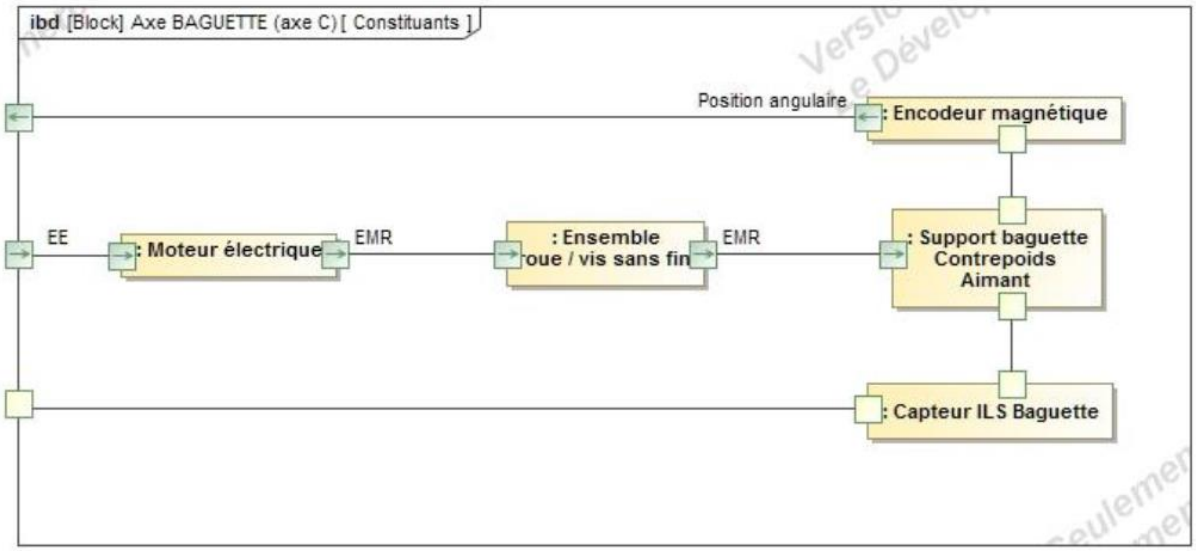


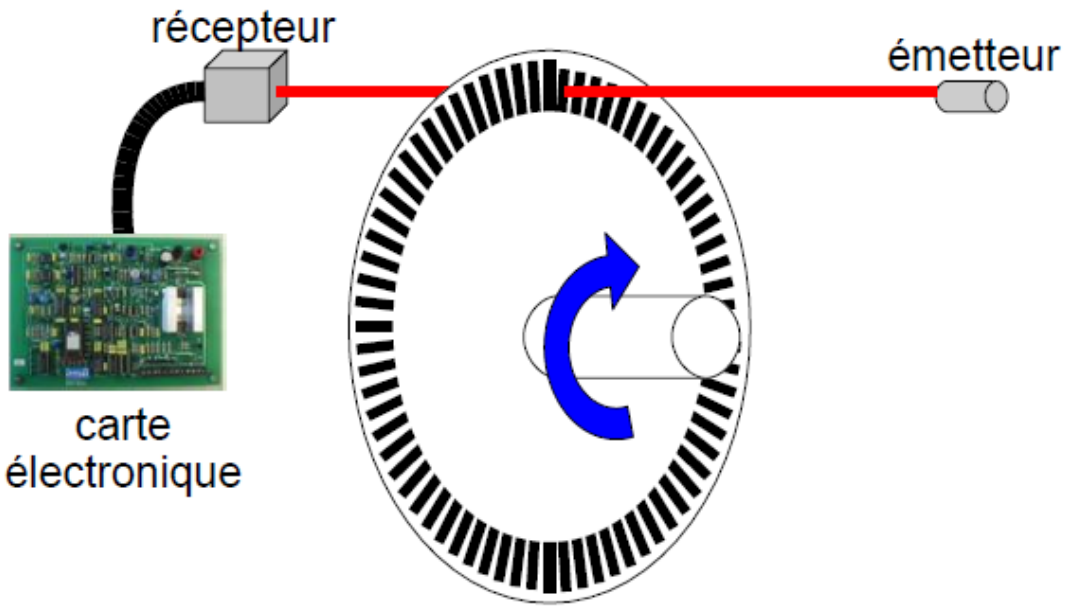
DIAGRAMME DE BLOC INTERNE – AXE DE LA BAGUETTE



CAPTEURS

Capteur de position angulaire : codeur incrémental

Une série de fentes est disposée sur la périphérie d'un disque en rotation. En émetteur envoie un signal lumineux dans les fentes, qui est reçu ou non par le récepteur, en fonction de la position angulaire du disque. Une carte électronique compte le nombre d'impulsions reçues et détermine la position angulaire du disque.



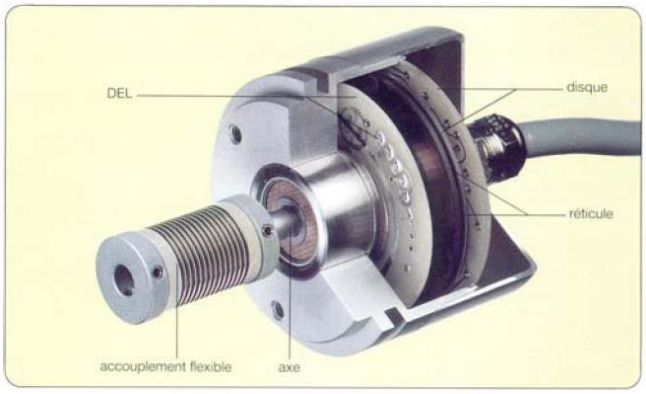
- ✓ **Avantages :** Simples à mettre en œuvre, plage de rotation infinie.

- ❖ **Inconvénients :** Chaque position angulaire est repérée par la même information. Il faut donc faire une mise à zéro avec tout démarrage du système.

COMPLEMENTS CODEURS INCREMENTAUX

Ces codeurs délivrent une information du déplacement angulaire du disque sous forme de train d'impulsions. Le nombre d'impulsions décompté à partir d'une origine permet d'avoir accès à la position angulaire, tandis que la fréquence du signal renseigne sur la vitesse du disque.
Il est constitué d'une ou plusieurs voies comportant les zones opaques et transparentes régulièrement espacées. Le nombre de zones transparentes définit la résolution du capteur.

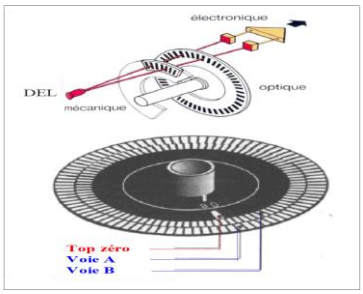
Pour le reconnaître, il est généralement relié à une nappe ou une grosse gaine qui contient tous les câbles.

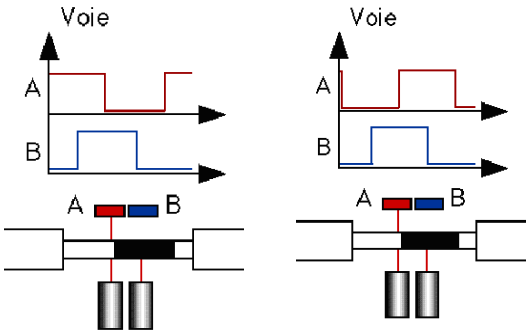


Il est constitué principalement des organes suivants :

- une **source lumineuse**, réalisée à partir de diodes électroluminescentes (DEL).
- un **condenseur** qui oriente parallèlement les rayons du faisceau lumineux.
- un **support codé**, disque ou règle généralement en verre, qui présente une succession de zones opaques et transparentes disposées sur un nombre réduit de pistes (codeurs incrémentaux) ou sur plusieurs pistes selon le code désiré (codeurs absolus). Ces pistes sont parallèles pour une règle et concentriques pour un disque.
- une **platine de balayage** comportant plusieurs champs de balayage (fentes optiques), et un champ supplémentaire pour la marque de référence afin de restituer les points d'origine.
- des **récepteurs photoélectriques**, photodiodes ou phototransistors.

Les signaux générés par le codeur incrémental se présentent, après traitement électronique, sous la forme de deux trains d'impulsions **A** et **B** en quadrature permettant la discrimination du sens de rotation.



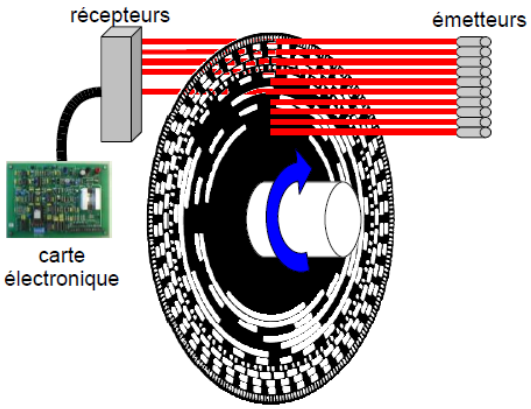


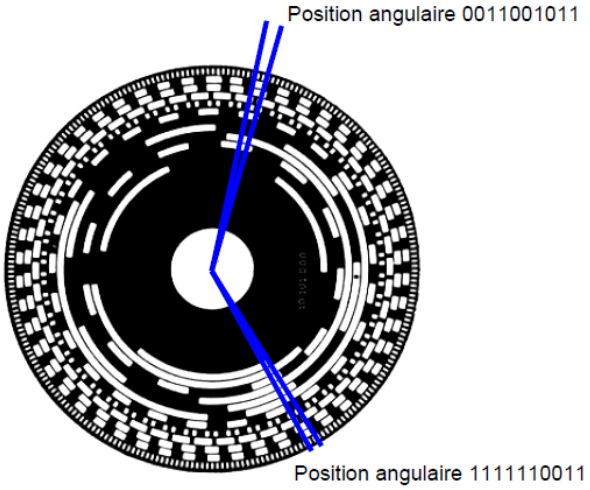
En utilisant les fronts montants et descendants des trains d'impulsions de deux voies décalées d'un quart de période, on augmente la résolution et on peut déterminer le sens de rotation :
$(Droite = (\uparrow A).\bar{B} + (\uparrow B).A + (\downarrow A).B + (\downarrow B).\bar{A})$.

Une voie supplémentaire ne contenant qu'une seule zone transparente appelée *Top zéro* est utilisée pour réinitialiser la partie commande et définir une origine au comptage.

Capteur de position angulaire : codeur absolu

Une série de trous ortho-radiaux sont disposées sur un disque en rotation. Plusieurs émetteurs envoient des signaux lumineux dans les trous, qui sont reçus ou par non par des récepteurs, en fonction de la position angulaire du disque. Une carte électronique déterminer le signal reçu, et en déduit la position angulaire du disque, car chaque position angulaire est repérée par un code différent.

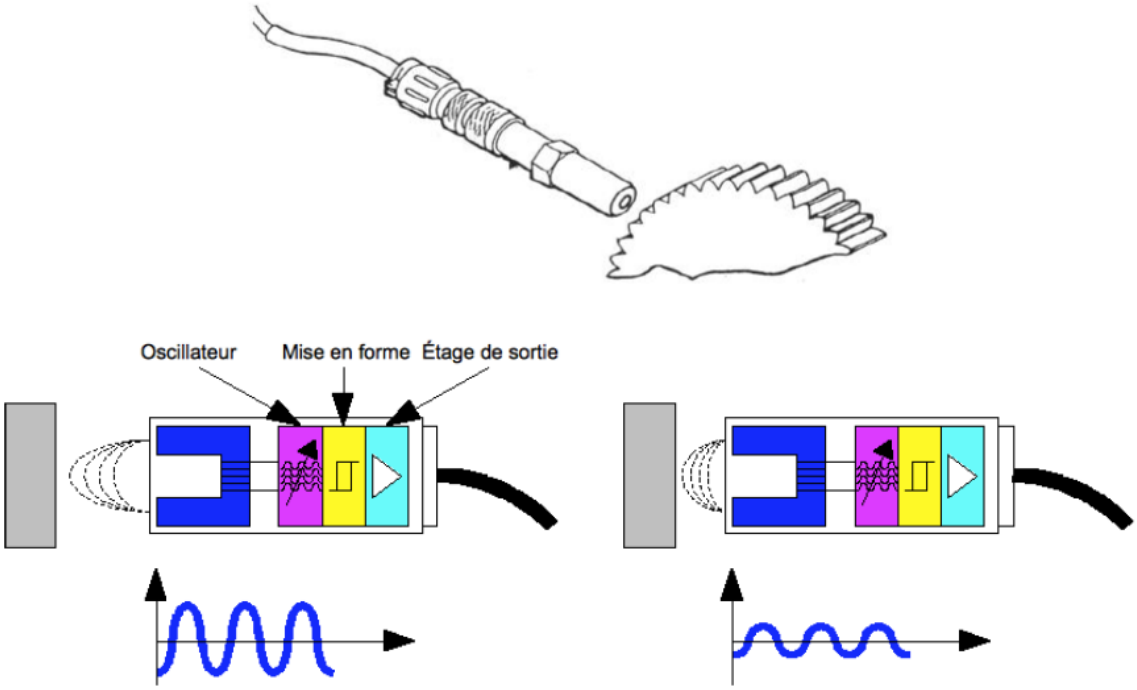




- ✓ **Avantages :** Chaque position angulaire étant codée par un code différent, l'information de position est présente dès la mise en route du système.

Détecteur de présence magnétique ou inductif

Ils détectent la présence d'un objet métallique par modification du champ magnétique.



- **Avantages :** Pas de contact physique avec le produit ; pas d'usure.

MODELISATION DU MOTEUR A COURANT CONTINU

ÉQUATIONS DE FONCTIONNEMENT

Le fonctionnement d'un moteur à courant continu peut être modélisé par les équations physiques suivantes :

D'un point de vue électrique, l'induit peut être caractérisé par une résistance en série avec une inductance et une force contre-électromotrice, ce qui conduit à l'équation de maille :

$$\boldsymbol{u(t) = e(t) + R.i(t) + L.\frac{di(t)}{dt}}$$

D'un point de vue mécanique, l'équation du rotor en rotation conduit à :

$$\boldsymbol{J.\frac{d\omega_m(t)}{dt} = C_m(t) - C_r(t) - f.\omega_m(t)}$$

Ce type de moteur répond aux équations électromagnétiques :

$$\boldsymbol{C_m(t) = K_t.i(t)} \quad \textbf{et} \quad \boldsymbol{e(t) = K_e.\omega_m(t)}$$

Terme	Signification	Unité
$u(t)$	tension d'alimentation du moteur	V
$e(t)$	tension de la fem	V
$i(t)$	intensité du courant	A
R	résistance de l'induit	Ω
L	inductance du bobinage	mH
J	inertie du rotor	$kg.m^2$
f	paramètre de frottement fluide (visqueux)	N.m.s
$c_m(t)$	couple moteur	N.m
$c_r(t)$	couple résistant éventuel (perturbation)	N.m
$\omega(t)$	vitesse de rotation de l'arbre du moteur	$rad.s^{-1}$
K_t	coefficient de couple	$N.m.A^{-1}$
K_e	coefficient de vitesse	$V.s.rad^{-1}$

HYPOTHESES SIMPLIFICATRICES FREQUENTES

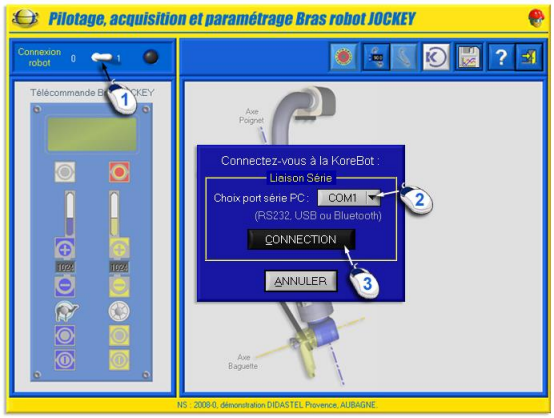
- Les frottements secs et visqueux sont négligés.
- L'inductance de l'induit du moteur est négligée.
- $K_t = K_e$

REMARQUE IMPORTANTE

Dans les documents qui précisent les caractéristiques des moteurs, les constructeurs donnent $1/K_e$ et non pas K_e. Dans ces conditions et en respectant les unités, on vérifie aisément que $K_t = K_e$.

UTILISATION DU LOGICIEL

CONNEXION



1 Dans la fenêtre principale de l'interface, cliquez sur l'interrupteur « Connexion Robot ».

2 : A l'aide de l'objet « Choix port série PC : », sélectionnez le port de communication de votre PC auquel est relié le pupitre de commande du robot.

3 : Sélectionnez « CONNECTION » pour établir la communication entre votre ordinateur et le Robot JOCKEY.

CONNEXION ETABLIE

De retour à la fenêtre principale de l'Interface, si la communication est correctement établie :

- La LED jaune « Connexion Robot » est Allumée.
- La télécommande virtuelle est active avec le message « JOCKEY NON INITIALISE » sur l'afficheur.

Le dialogue entre le PC et le robot est opérationnel.

Avant de commander le bras, vous devez initialiser les axes.

INITIALISATION DU BRAS

La connexion étant établie, vous devez initialiser (codeur et position) les axes du bras avant de piloter le Robot JOCKEY.

1 Initialisation de l'axe POIGNET (axe B)

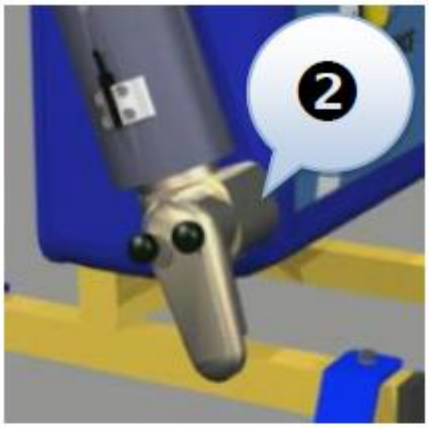
Le robot initialise (recherche des butées) l'axe Poignet (axe B) :

- Mise en rotation sens négatif.
- Détection butée basse (limitation courant atteinte).
- RAZ codeur (position = 0 points).
- Mise en rotation sens positif.
- Détection butée haute (limitation courant atteinte).
- Réglage butées « soft » (butées mécaniques+ 100 points codeur).
- Positionnement axe en position « Repos » pour initialisation axe Baguette (axe C).

2 Initialisation de l'axe BAGUETTE (axe C)

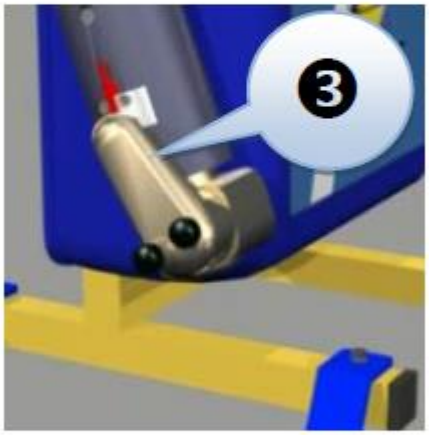
Le robot initialise (recherche des butées) l'axe Baguette (axe C) :

- Mise en rotation sens positif.
- Détection de l'aimant axe Baguette (capteur Reed).
- RAZ codeur (position = 0 points).
- Positionnement axe en position « REPOS ».



3 Bras initialisé

Lorsque le bras est initialisé, le message « JOCKEY EN ATTENTE » est affiché sur la télécommande virtuelle et tous ses boutons deviennent actifs.



Le robot est asservi en position « REPOS » (-200° sur l'axe Poignet et 190° sur l'axe Baguette) et en ATTENTE (**4**) des ordres « RAALI » ou « FRAPPES ».

Vous pouvez maintenant monter la baguette.

MONTAGE DE LA BAGUETTE

Le Robot Jockey est livré avec une baguette qui permet de réaliser les ordres de FRAPPES et de RAALI dans les mêmes conditions que sur le robot réel Kamel. Cette baguette doit-être installée dans son support en respectant la procédure ci-dessous.

ATTENTION : La baguette doit-être retirée du bras durant le cycle d'initialisation des axes.

Installation

- Dévissez les 2 vis à têtes moletées.
- Insérez la baguette dans le logement du support baguette (attention au sens de la baguette qui doit avoir son bouchon vers le bas).

Serrage

- Ajustez la baguette pour ne pas qu'elle dépasse du support, sinon elle risque d'accrocher le corps du bras et bloquer la rotation de l'axe du Poignet.
- Resserrez sans forcer les 2 vis.

Le Robot JOCKEY est maintenant prêt à être utilisé.

RAALI

Définition

Le « Raali » est une rotation de la baguette (ou cravache) réalisée prêt de la tête de l'animal afin de le solliciter. Ce mouvement peut-être reproduit avec le système Robot JOCKEY en utilisant la commande « RAALI » disponible sur l'Interface PC.

Réalisation d'un RAALI sur le Robot JOCKEY

L'interface PC est connectée au robot JOCKEY en position « REPOS » et « EN ATTENTE » (message afficheur de la télécommande virtuelle).

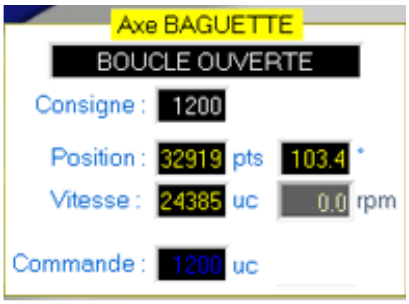
1 Sélectionnez sur la télécommande la vitesse du RAALI à l'aide des boutons « +/- Pwm Raali ».

2 Cliquez sur « Lancer Raali » pour envoyer l'ordre « LANCER RAALI » au Robot JOCKEY.

Jockey en RAALI

Le robot reçoit l'ordre « Lancer RAALI » :

- Positionnement du bras en position « RAALI ».
- Mise en rotation de l'axe Baguette (commande PWM en boucle ouverte et en fonction de la consigne demandée, ici 1200).



Le JOCKEY est en « RAALI » :

- Le message « JOCKEY EN RAALI » est affiché sur la télécommande virtuelle.
- La LED jaune « RAALI » est allumée.

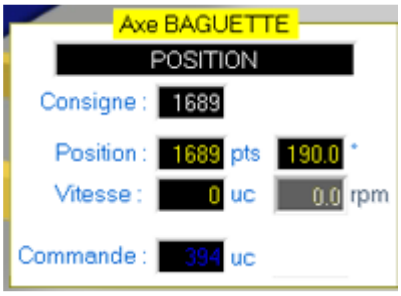
Le panneau « Axe BAGUETTE » affiche l'état de l'axe, le type de commande (boucle ouverte) et sa consigne, la position et la vitesse de l'axe, la commande et le courant moteur.

- Cliquez sur le bouton « Stopper Raali » de la télécommande virtuelle pour envoyer l'ordre « Stopper RAALI » au robot JOCKEY

Arrêt du RAALI

Le robot reçoit l'ordre « Stopper RAALI » :

- L'axe Baguette est stoppé.
- Positionnement du bras (axe Poignet) en position « REPOS ».
- Initialisation de l'axe Baguette.
- Positionnement de l'axe Baguette en position « REPOS »



Le JOCKEY est asservi en position « REPOS » en « ATTENTE » des ordres « RAALI » ou « FRAPPES » :

- Le message « JOCKEY EN ATTENTE » est affiché sur la télécommande virtuelle.
- La LED jaune « RAALI » est éteinte.

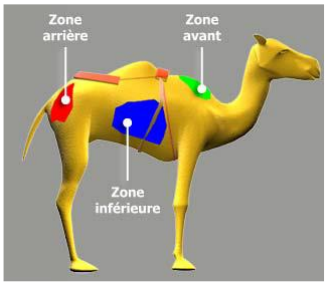
Le panneau « Axe BAGUETTE » affiche l'état de l'axe, le type de commande (POSITION) et sa consigne, la position et la vitesse (0) de l'axe, la commande et le courant moteur.

FRAPPES

Définition

Les « FRAPPES » sont de légères tapes réalisées sur les flans de l'animal à l'aide de la baguette (ou cravache) afin de le solliciter. Sur le robot Kamel, trois zones de frappes sont définies à partir de la position des axes Epaule et Baguette du bras.

Les FRAPPES peuvent-être reproduites avec le système Robot JOCKEY en utilisant la commande « FRAPPES » disponible sur l'Interface PC.

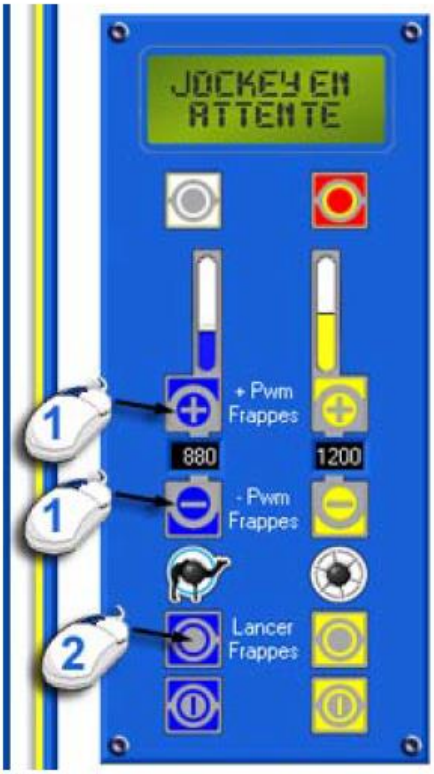


Réalisation d'une FRAPPE sur le Robot JOCKEY

L'interface PC est connectée au robot JOCKEY en position « REPOS » et « EN ATTENTE » (message afficheur de la télécommande virtuelle).

1 Sélectionnez sur la télécommande la force de FRAPPES à l'aide des boutons « +/- Pwm Frappes » (ici 880).

2 Cliquez sur « Lancer Frappes » pour envoyer l'ordre « LANCER FRAPPES » au Robot JOCKEY.



Jockey en FRAPPES

Le robot reçoit l'ordre « Lancer FRAPPES » :

- Positionnement axe Poignet en position « FRAPPES ».
- Mise en rotation de l'axe Poignet (commande PWM en boucle ouverte et en fonction de la consigne demandée, ici 880).
- Détection obstacle (fin de mouvement axe).

Le JOCKEY est en « FRAPPES » :

- Le message « JOCKEY EN FRAPPES » est affiché sur la télécommande virtuelle.
- La LED bleu « FRAPPES » est allumée.

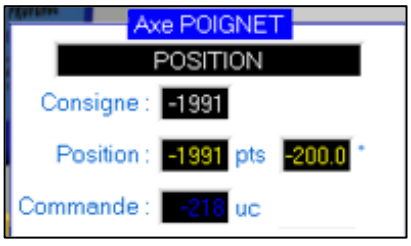
Le panneau « Axe POIGNET » affiche l'état de l'axe, le type de commande (boucle ouverte) et sa consigne, la position de l'axe, la commande et le courant moteur.

- Cliquez sur le bouton « Stopper Frappes » de la télécommande virtuelle pour envoyer l'ordre « Stopper FRAPPES » au robot JOCKEY

Arrêt des FRAPPES

Le robot reçoit l'ordre « Stopper FRAPPES » :

- L'axe Poignet est stoppé.
- Positionnement du bras (axes Poignet) en position « REPOS ».
- Positionnement de l'axe Baguette en position « REPOS ».



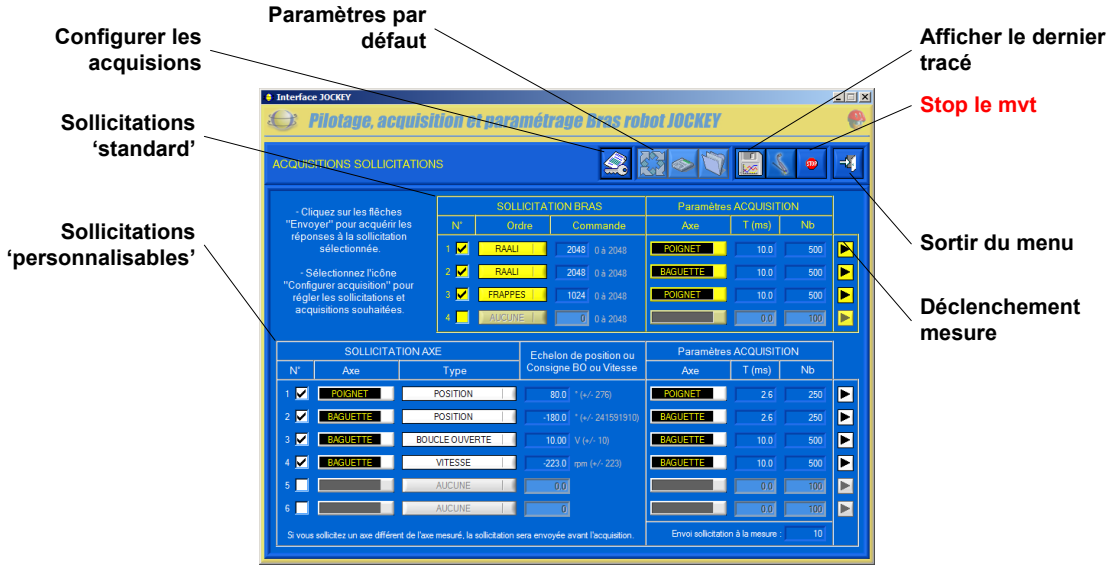
Le JOCKEY est asservi en position « REPOS » en « ATTENTE » des ordres « RAALI » ou « FRAPPES » :

- Le message « JOCKEY EN ATTENTE » est affiché sur la télécommande virtuelle.
- La LED bleu « FRAPPES » est éteinte.

Le panneau « Axe POIGNET » affiche l'état de l'axe, le type de commande (POSITION) et sa consigne, la position de l'axe, la commande et le courant moteur.

SOLLICITATIONS ET ACQUISITION SUR L'AXE BAGUETTE (AXE C)

Aller dans le menu « *Acquisitions sollicitations* ».



Paramètres de la sollicitation 'personnalisée N°3' :

Remarque : Pour modifier la configuration, cliquer sur "*Configurer les acquisitions* »

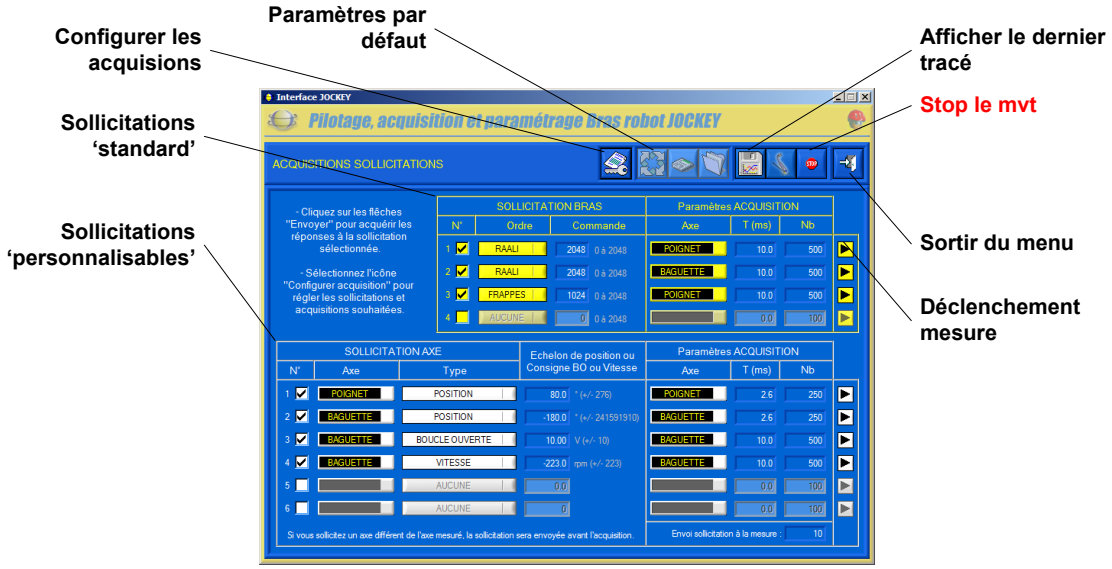
Remarque : Pour lancer l'acquisition, appuyer sur la flèche noire de la ligne **sollicitation 'personnalisée N°3'**

Positionner correctement la baguette et le poignet afin que la baguette ne soit pas bloquée lors de son mouvement.

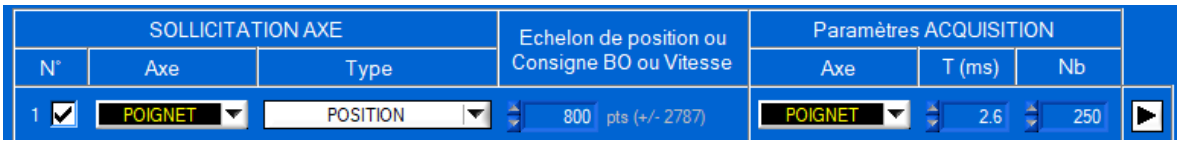
Attention aux personnes susceptibles de passer proche du Robot Jockey lors des mouvements de la baguette lors des mouvements de Raali.

SOLLICITATIONS ET ACQUISITION SUR L'AXE POIGNET (AXE B)

Aller dans le menu « *Acquisitions sollicitations* ».



Paramètres de la sollicitation 'personnalisée N°1' :



Remarque : Pour modifier la configuration, cliquer sur "*Configurer les acquisitions* »

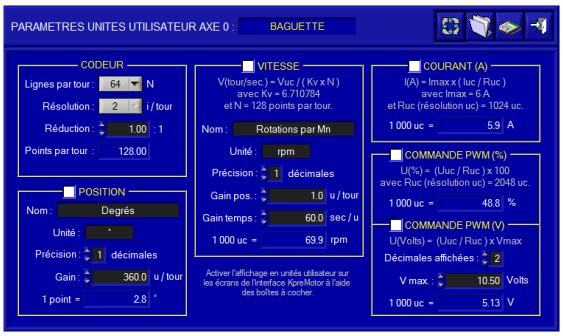
Remarque : Pour lancer l'acquisition, appuyer sur la flèche noire ▶ de la ligne **sollicitation 'personnalisée N°1'**

⚠ Positionner correctement la baguette et le poignet afin que la baguette ne soit pas bloquée lors de son mouvement.

⚠ Attention aux personnes susceptibles de passer proche du Robot Jockey lors des mouvements du poignet et de la baguette.

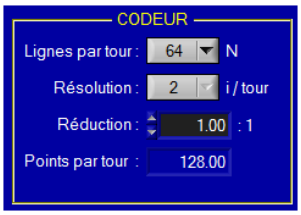
DETAILS DU MENU 'UNITES UTILISATEURS'

A partir du menu principal, on accède à un environnement permettant à l'utilisateur de spécifier les unités d'affichage souhaitées et actives lors des différents tracés. Une fois l'axe choisi, le panneau suivant s'affiche. Cette fenêtre permet de régler les affichages (unités) d'un axe. Il suffit de cocher les cases souhaitées ☑.



☑ Paramètre codeur

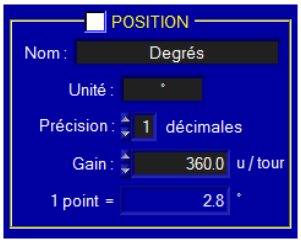
Permet de définir le nombre de points codeur par tour. Cette donnée est utilisée pour le calcul de l'affichage en unité 'utilisateur' des mesures de vitesse et position.



Saisir la réduction utilisée afin d'obtenir le nombre de point codeur pts/tr en sortie de réduction (soit sur l'axe sélectionné).

☑ Paramètre unité de position

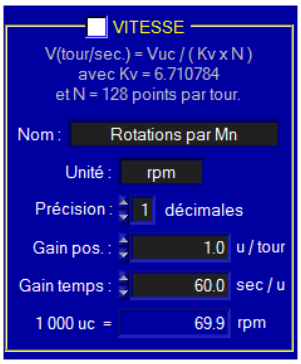
Permet de modifier l'affichage de l'unité de position. Pour un affichage en °, le gain est de 360 u/tr. Il serait de 2*3,14 u/tr pour un affichage en rd.



La valeur du point est alors déterminée. Ici avec le {codeur+réducteur} spécifié, il vaut 360/128=2,8125°/pt (affichage à une décimale donc 2,8 °/pt).

☑ Paramètre unité de fréquence de rotation

Même principe que pour le réglage de l'unité de position.



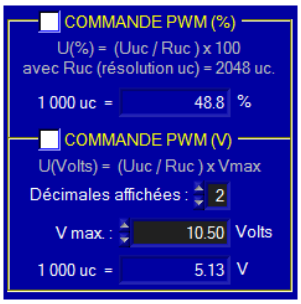
Le gain (de position) réglable est bien unitaire car on veut afficher une fréquence de rotation en rpm (en tour par min).

Même chose pour le gain (de temps) en sec/u qui lui doit être égal à 60 s = 1 min.

La relation 1000 uc (unité carte) = 69,9 rpm est automatiquement actualisée, car $\Omega = \frac{1000*60}{6{,}71*128} = 69{,}86\ tour/min.$

☑ Paramètre unité de commande PWM

Cette zone permet d'activer l'affichage de la commande en % du PWM (uc) ou bien en Volts (sortie de la carte de puissance également nommée 'Driver Moteur).

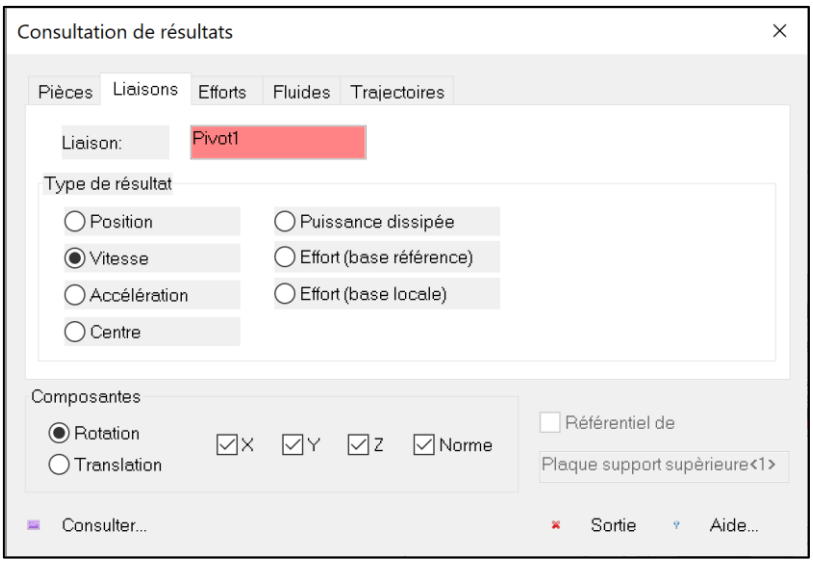


La carte possède une résolution de 2048 uc pour 100 % du PWM, ce qui correspond à une tension maximale en sortie du pont de puissance de 10,5 V (tension d'alimentation 12 V – chute de tension dans la carte de puissance Driver Moteur).

COMPLEMENTS SIMULATION SOLIDWORKS/MECA3D

Afficher une courbe simple

- Cliquer droit sur « *Résultats <Scénario 1>* » puis « *Courbes* » et choisir « *Simples …* ».
- Sélectionner l'onglet « *Liaisons* », puis sélectionner la liaison souhaitée en cliquant dessus directement dans l'arborescence sur la gauche de l'écran.
- Sélectionner la grandeur souhaitée :
  - *Position*
  - *Vitesse*
  - *Accélération*
- Choisir la composante en *Rotation* ou *Translation,* puis l'axe *x, y, z* et la *Norme.*



- Cliquer sur « *Consulter* » pour la visualiser.

Remarque : Une fois la courbe affichée, il est possible de changer les unités en effectuant un clic droit sur la colonne des valeurs dont on veut modifier les unités, puis choisir « *Choix des unités* » et choisir l'unité de son choix.

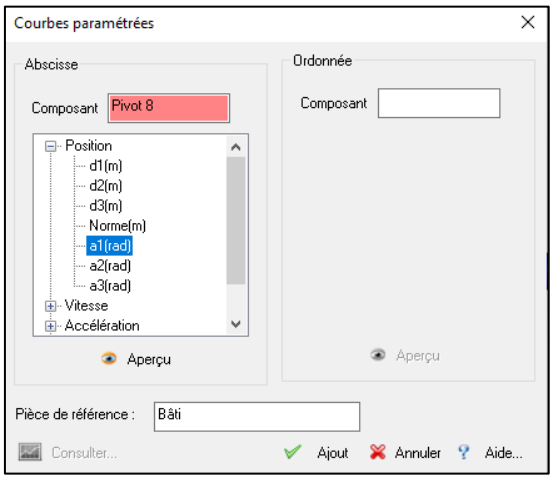
Remarque : Il est possible de conserver la courbe en faisant les mêmes étapes dans l'onglet « *Courbes* ».

Afficher une courbe paramétrée

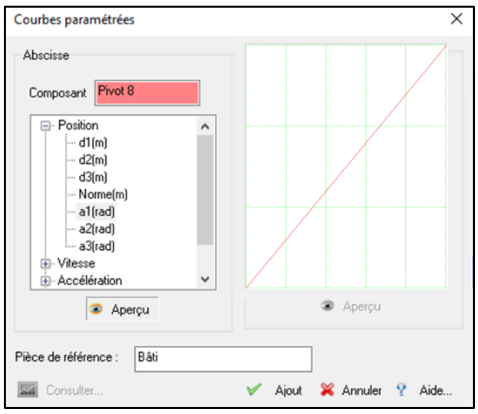
- Cliquer droit sur « *Résultats <Scénario 1>* » puis « *Courbes* » et choisir « *Paramétrées …* ».

- Dans les cases « *Composants* », sélectionner la liaison souhaitée en cliquant dessus directement dans l'arborescence sur la gauche de l'écran.

- Sélectionner la grandeur à visualiser ($1 = x, 2 = y, 3 = z$) :
  - *Position* : *d1* pour une position et *a1* pour Angle.
  - *Vitesse* : *V1* pour une vitesse est *w* pour une vitesse de rotation.
  - *Effort* : *Fxi* pour une force et *Mxi* pour un moment.



- Le bouton *Aperçu* permet de visualiser si le paramètre sélectionné est le bon.



Remarque : Une fois la courbe affichée, il est possible de changer les unités en effectuant un clic droit sur la colonne des valeurs dont on veut modifier les unités, puis choisir « *Choix des unités* » et choisir l'unité de son choix.

Remarque : Il est possible de conserver la courbe en faisant les mêmes étapes dans l'onglet « *Courbes* ».

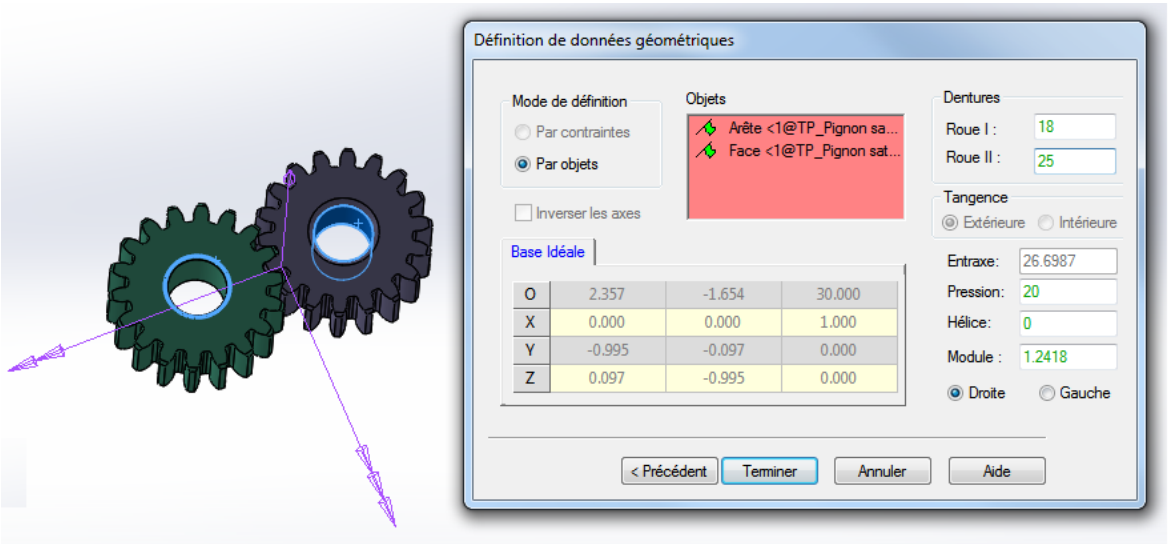
Compléments pour les liaisons engrenage :

Pour la liaison engrenage .

Choisir les deux pièces qui engrènent.

Pour les objets à sélectionner, il faut sélectionner l'axe de chaque roue dentée. Pour cela, il est possible de sélectionner soit une surface cylindrique soit un cercle, ayant pour axe celui de la roue sélectionnée. En maintenant la touche Ctrl du clavier, on peut sélectionner la surface sur la deuxième roue.

Indiquer le nombre de dents de chaque roue et si nécessaire l'angle de pression et/ou l'orientation du pas.

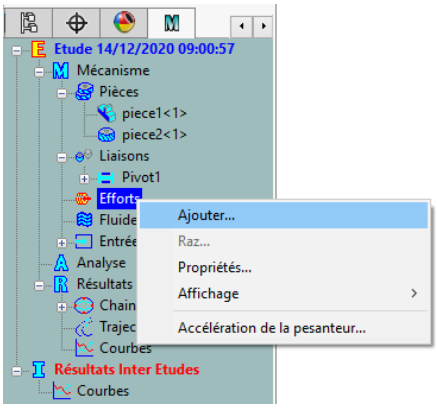


Remarque : La roue I correspond à la première pièce saisie.

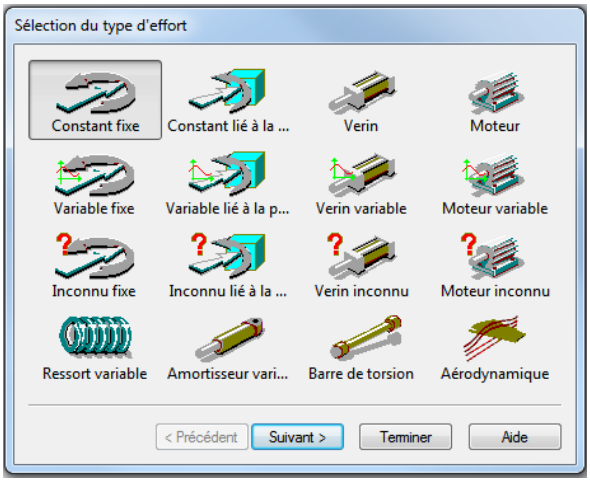
Compléments pour l'étude statique/dynamique :

Ajouter un effort :

Cliquer (clic droit) sur « Efforts » puis « Ajouter… ».



Un menu apparaît. Il est possible de choisir parmi 16 Actions Mécaniques différentes.



Pour chacune, il est possible de :

- Donner la valeur de l'action mécanique entre deux pièces ou au niveau d'une liaison (Vérin ou Moteur).
- Rentrer une valeur variable issue d'une courbe préalablement rentrée.
- Chercher à déterminer la valeur d'une action mécanique (Vérin inconnu ou Moteur inconnu).

Remarque : Les actions mécaniques de type Vérin ou Moteur (mais aussi Ressort et Amortisseur) correspondent à des actions mécaniques entre deux pièces. Les autres actions mécaniques correspondent à des actions s'appliquant sur une seule pièce.

Pour résumer :

Si l'on souhaite en entrée :

- Une force → Vérin
- Un couple → Moteur

Si l'on souhaite déterminer en sortie :

- Une force (inconnue) → Vérin inconnu
- Un couple (inconnu) → Moteur inconnu

Analyse Statique/Dynamique :

Remarque : On vérifiera bien que le mécanisme est **isostatique**. Si tel n'est pas le cas, il est peut-être nécessaire de revoir la modélisation des liaisons dans notre mécanisme afin de le simplifier et/ou d'empêcher certains mouvements inutiles.

Lancer l'analyse.

Choisir le type d'étude : *Statique (ou Dynamique).*

Choisir le mouvement pilote (entrée du système), la position d'origine et la position finale.

Lancer la simulation

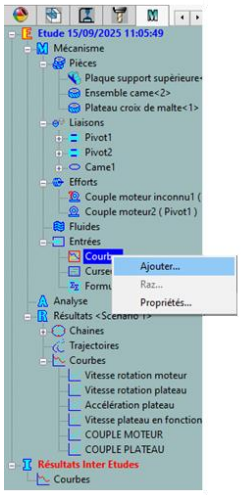
Affichage des courbes d'effort :

Pour afficher les courbes d'effort, cliquer (clic droit) sur « *Résultats <Scénario 1>* » puis cliquer sur le sous menu « *Courbes* » puis « *Simples …* ». Sélectionner « *Efforts* ». Sélectionner la résultante et/ou le moment d'une liaison (selon les trois axes et leur norme) pour étudier sa variation au cours du mouvement.

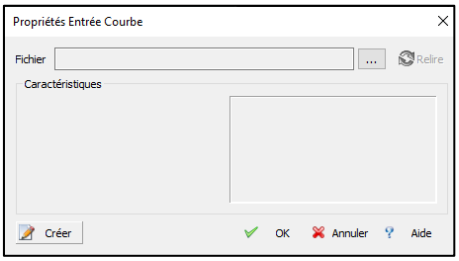
Compléments pour un mouvement avec une courbe en entrée :

Ajouter une courbe en entrée :

Cliquer (clic droit) sur « Entrées » puis « Courbes » puis « Ajouter… ».

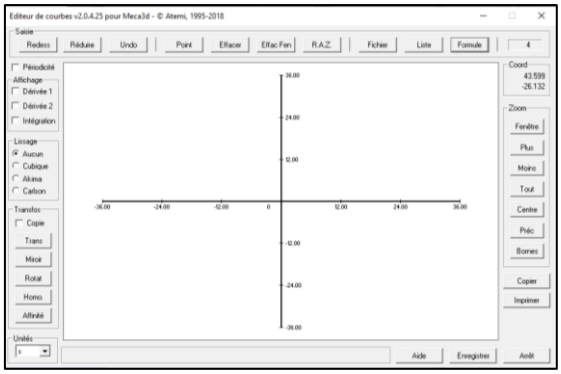


Une fenêtre apparaît. Il est possible de charger une courbe déjà faite ou d'en créer une nouvelle.



Cliquer sur « Créer ».

Une nouvelle fenêtre apparaît afin d'éditer la nouvelle courbe.

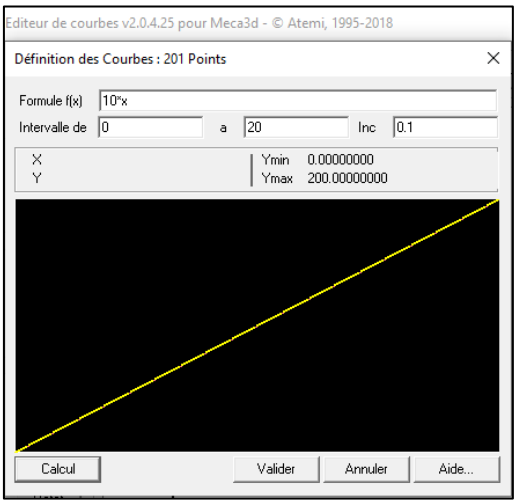


Il est possible de créer toutes sortent de courbes en utilisant les différents boutons présents sur la fenêtre.

Créer une courbe :

Cliquer sur le bouton « Formule » situé en haut à droite de la fenêtre.

Une nouvelle fenêtre pour définir la courbe apparaît.



Remplir la ligne « Formule f(x) » avec la fonction souhaitée

Remplir l'intervalle (et le nombre d'incréments) des abscisses sur lequel cette partie de courbe est définie.

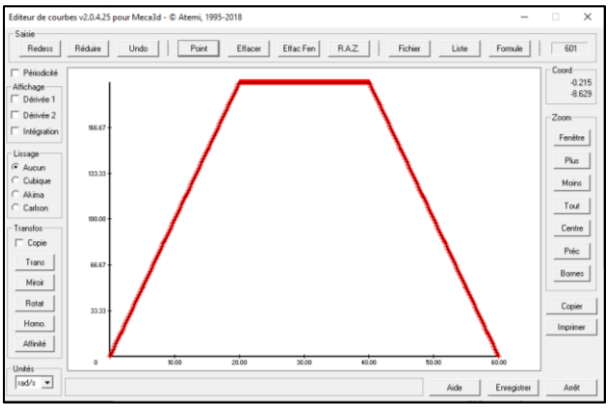
Appuyer sur « Calcul » pour visualiser l'allure de la courbe.

Appuyer sur « Valider » pour valider la courbe sur l'intervalle défini.

Remarque : Une courbe complexe peut se faire en plusieurs parties. Le logiciel permet de créer des courbes sur des intervalles qui sont à définir.

Répéter l'étape autant que nécessaire pour créer la courbe globale (créée à partir de parties de courbes sur des intervalles).

Une fois la courbe globale réalisée, le logiciel trace la courbe sur la fenêtre de l'éditeur de courbe.

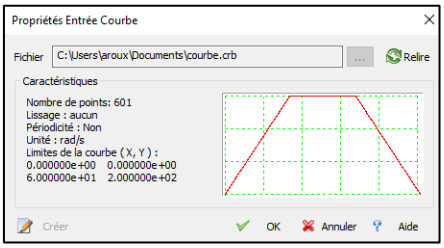


Sélectionner les unités sur le menu « Unités » en bas à gauche afin que la grandeur soit considérée correctement dans la suite de l'étude.

Remarque : Si l'on souhaite modifier la courbe, il suffit de rentrer de nouveau une formule sur l'intervalle sur lequel on souhaite modifier la courbe. Les modifications seront ensuite faites automatiquement.

Appuyer sur le bouton « Enregistrer » pour sauvegarder la courbe tracée.

La courbe est maintenant tracée sur la fenêtre « Propriétés Entrée Courbe »



Valider la courbe en appuyant sur « OK ».

La courbe apparaît dans l'arborescence (*Courbe1*) dans la partie « Entrées » puis « Courbes ».

Remarque : Il est possible de sauvegarder cette courbe pour l'utiliser dans une autre étude par exemple.

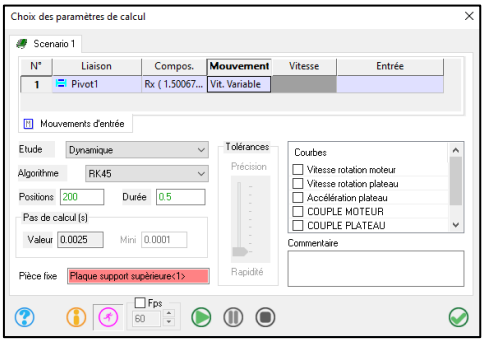
Remarque : Les unités de la grandeur tracée peuvent également être vérifiées sur cette fenêtre.

Lancer l'analyse.

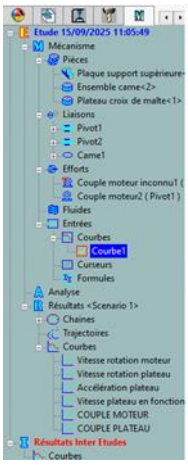
Choisir le type d'étude : *Cinématique, Statique ou Dynamique.*

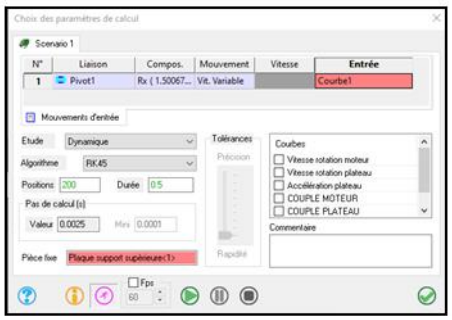
Choisir le mouvement pilote (entrée du système).

Choisir « Vit. Variable » pour le type de « Mouvement ».



Cliquer sur la case « Entrée » puis cliquer dans l'arborescence sur la courbe d'entrée crée (*Courbe1*).





Compléter les autres paramètres de calculs sur la fenêtre.

Lancer la simulation.