# BRAS DE ROBOT MAXPID

# DOSSIER RESSOURCE

# PRESENTATION DU SYSTEME

Le bras articulé Maxpid est extrait d'un robot cueilleur de fruit Citrus.

**Figure 1 : Robot cueilleur de fruit, dont est extrait le bras articulé Maxpid.**

La société Pellenc qui développe ce produit, conçoit d'autres systèmes automatisés utilisant ce dispositif :

- robot cueilleur de pommes (figure 2) ;
- robot greffeur de rosiers (figure 3) ;
- robot de tri automatique (figure 4).

**Figure 2 : Robot cueilleur de pommes**

**Figure 3 : Robot greffeur de rosiers**

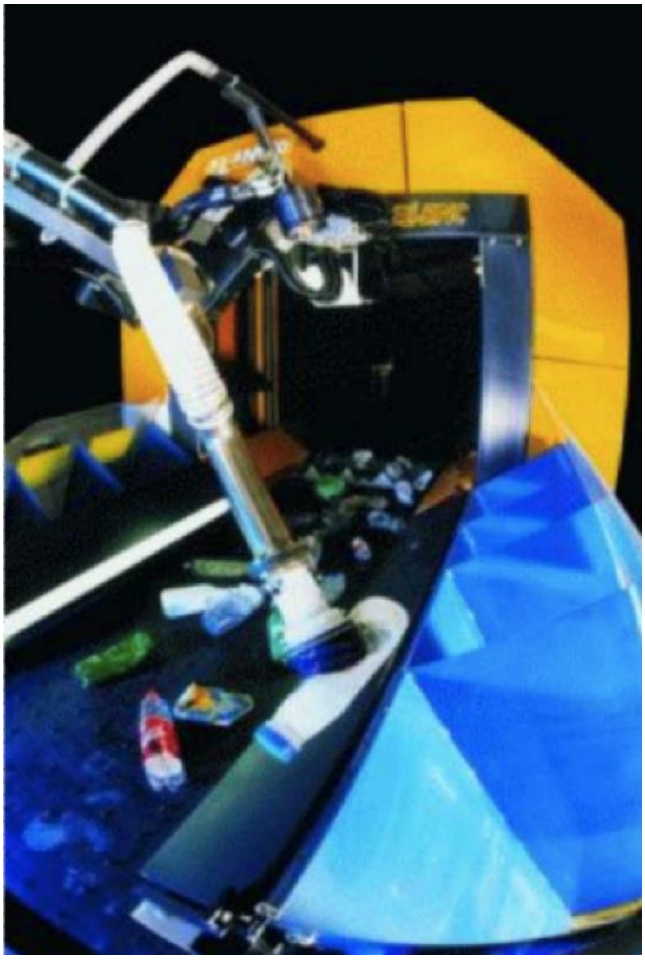
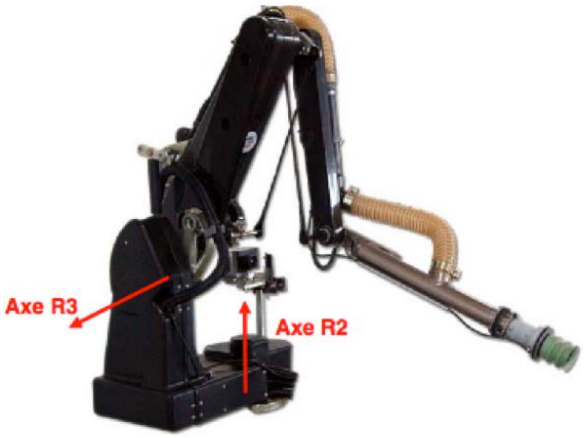


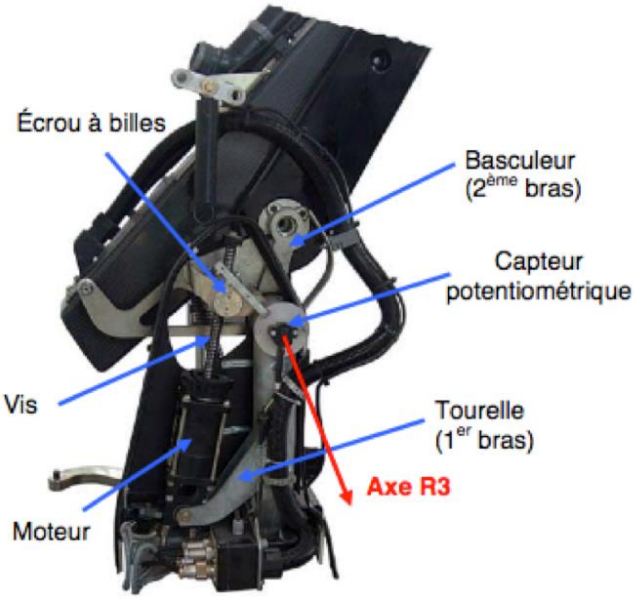
**Figure 4 : Robot de tri automatique**

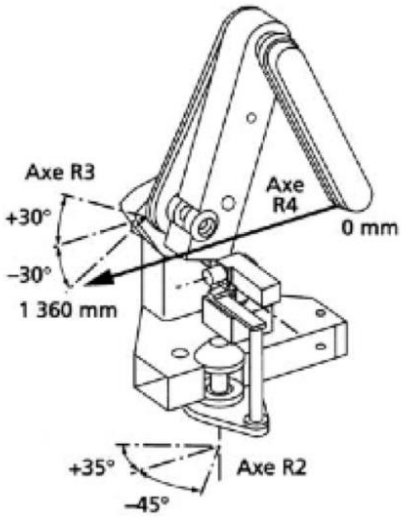
# MISE EN SITUATION

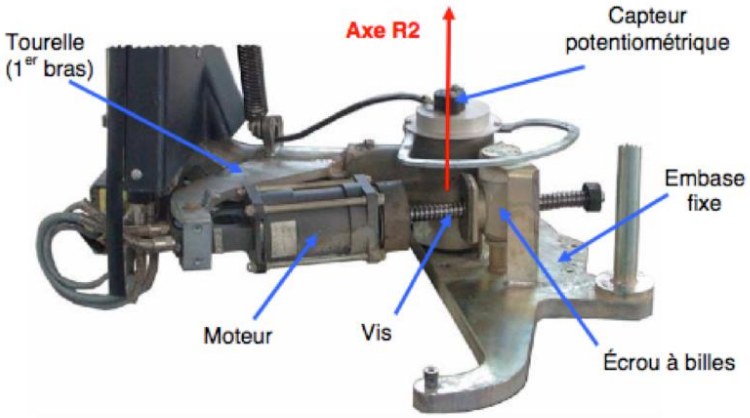
## IMPLANTATION DU SYSTEME MAXPID DANS LE BRAS DE RECOLTE D'ORANGE « CITRUS »

Le robot possède 3 axes de mouvement : un axe R2 (débattement +35°, -45°), un axe R3 (débattement +30°, -30°), un axe R4 (allongement 0 mm, +1360 mm) et un axe R1 correspondant à la translation du bras (non représentée).



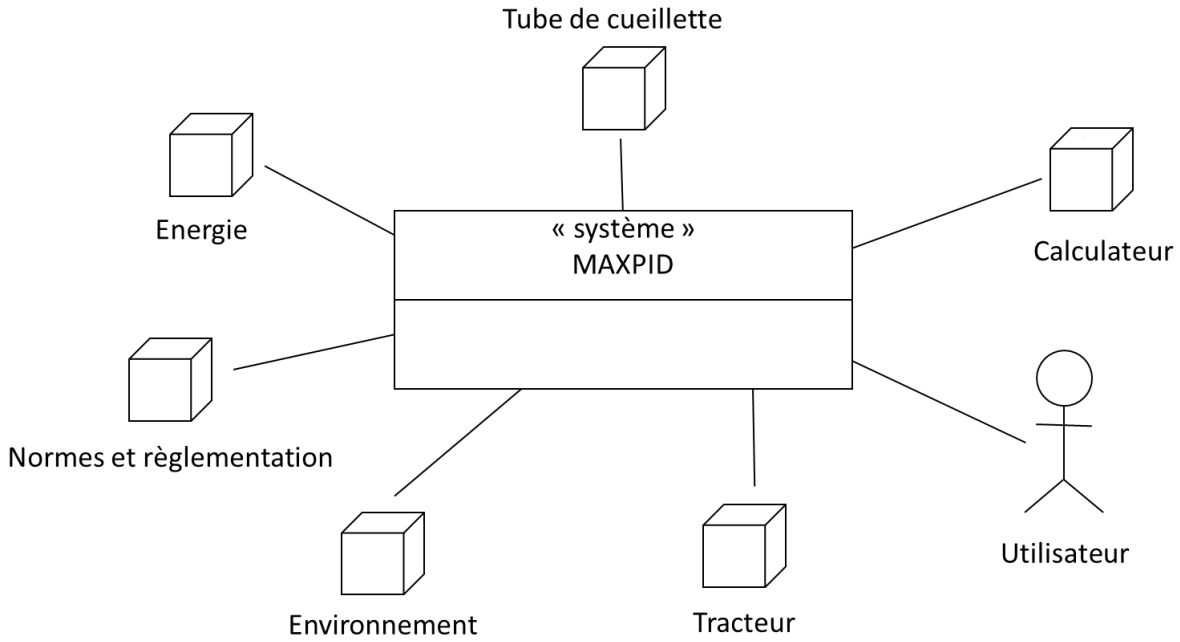



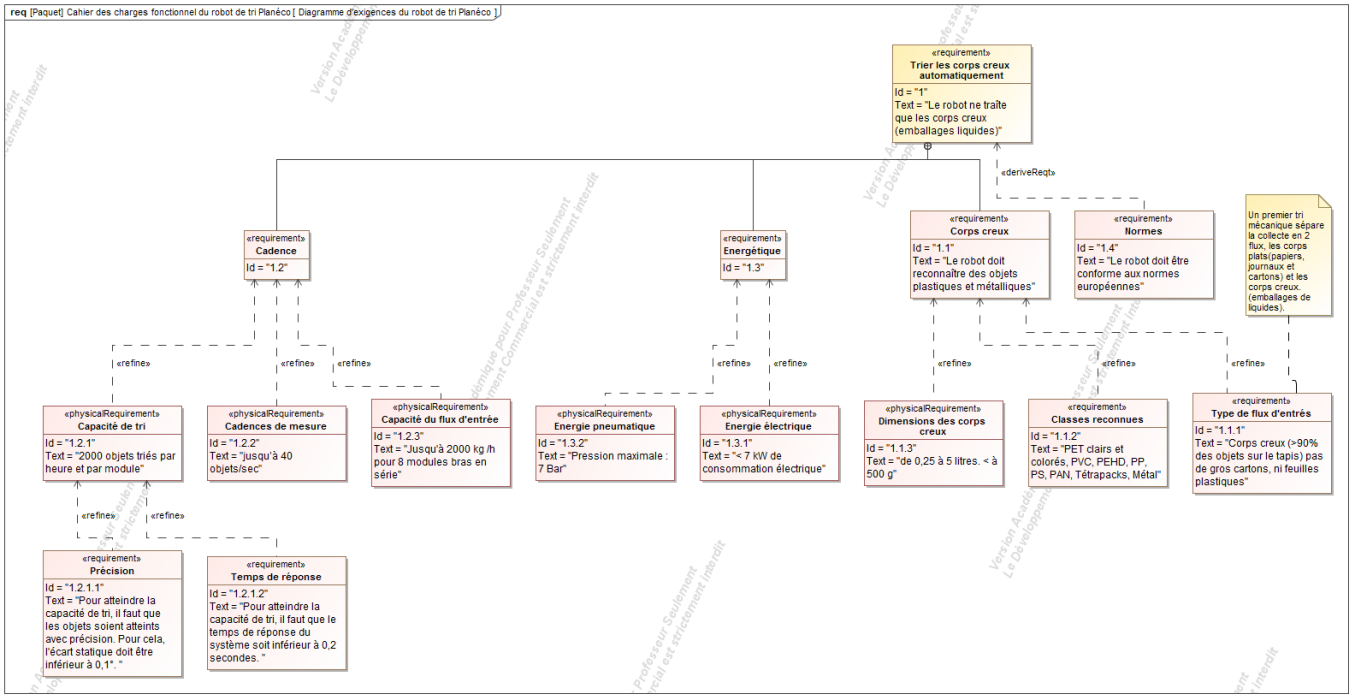



# *ANALYSE SYSTEME – SYSML*

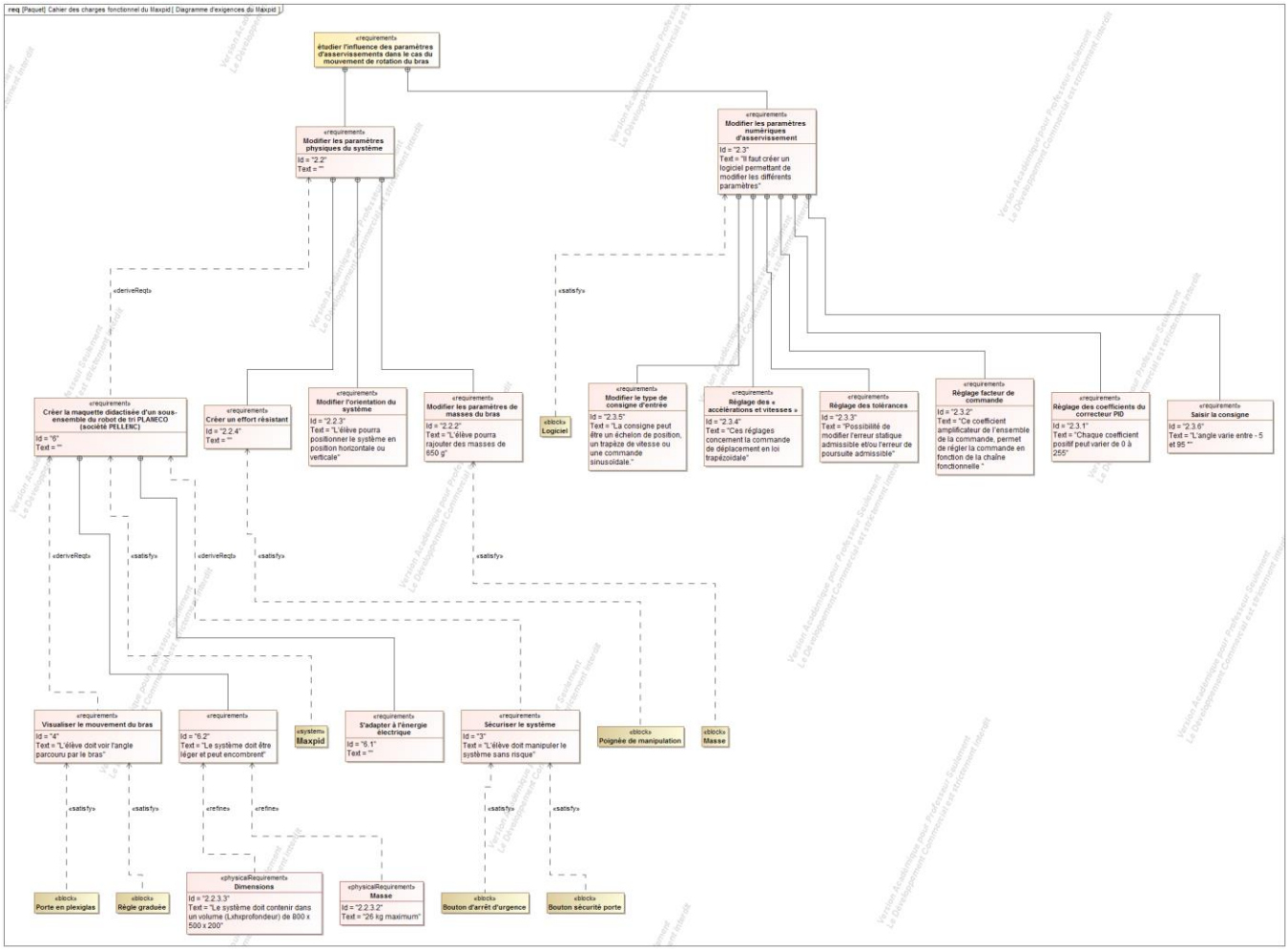
## DIAGRAMME DE CONTEXTE



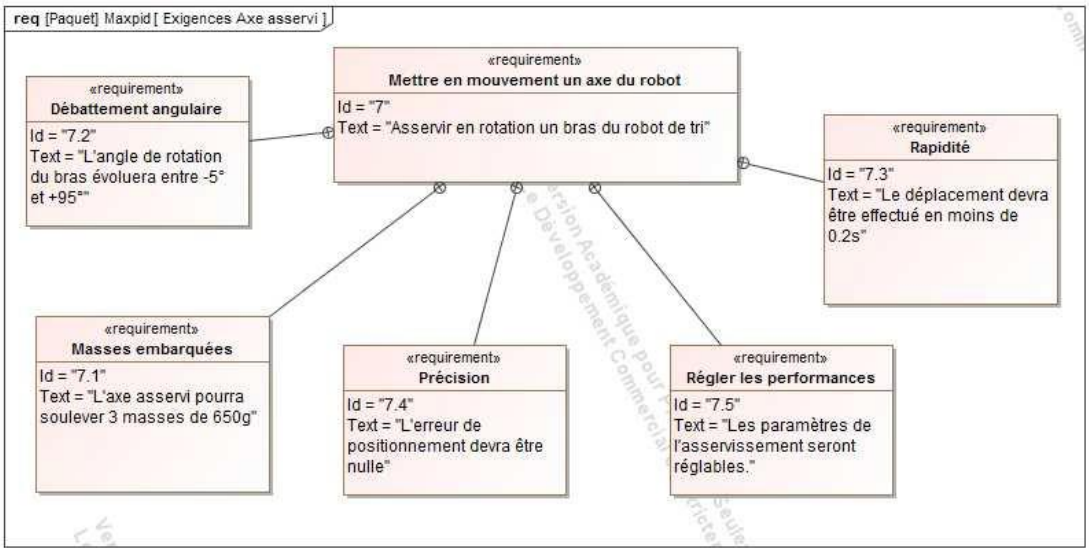

## DIAGRAME D'EXIGENCE – ROBOT DE TRI PLANECO



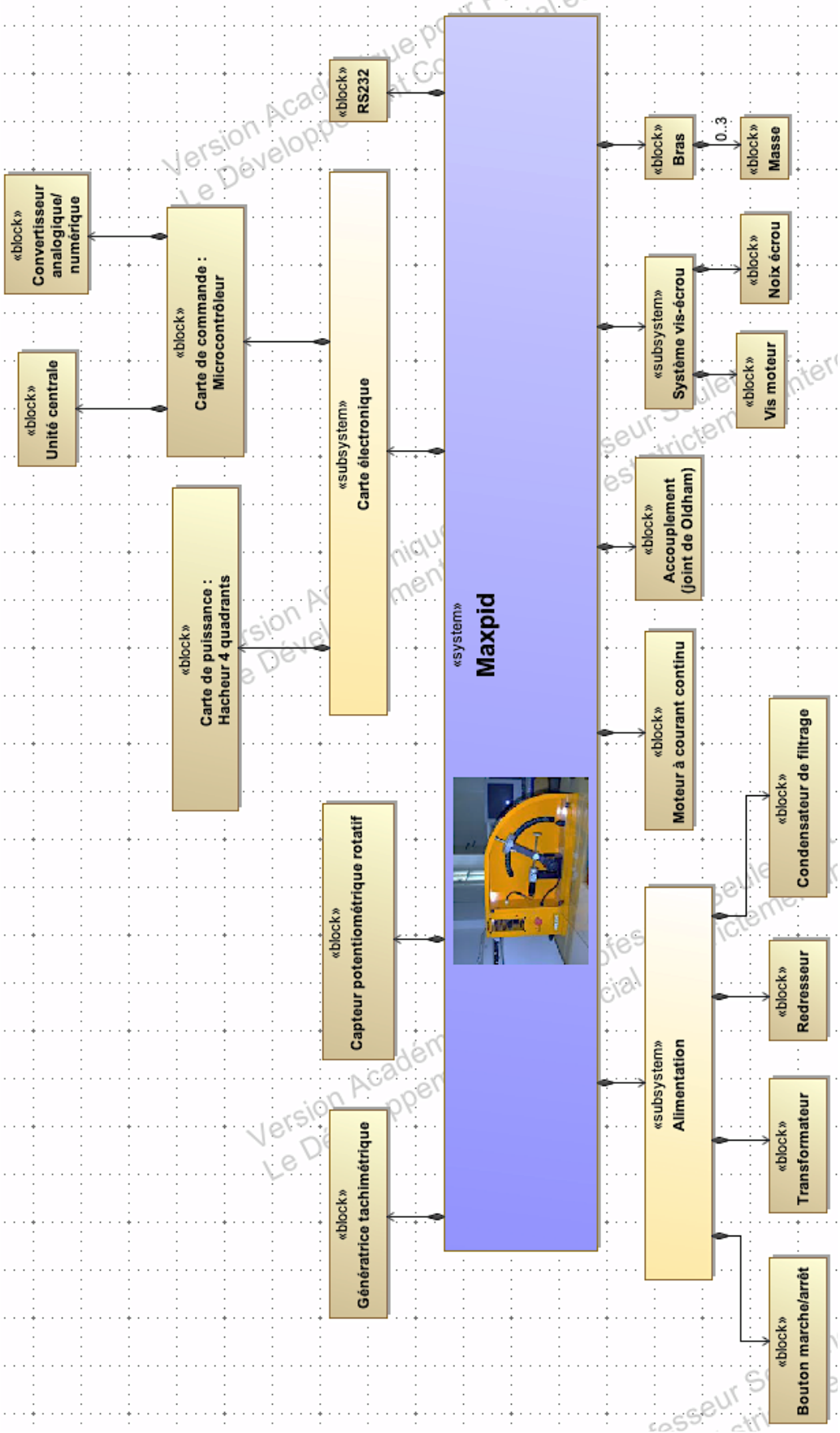
## DIAGRAMME DES EXIGENCES - MAXPID



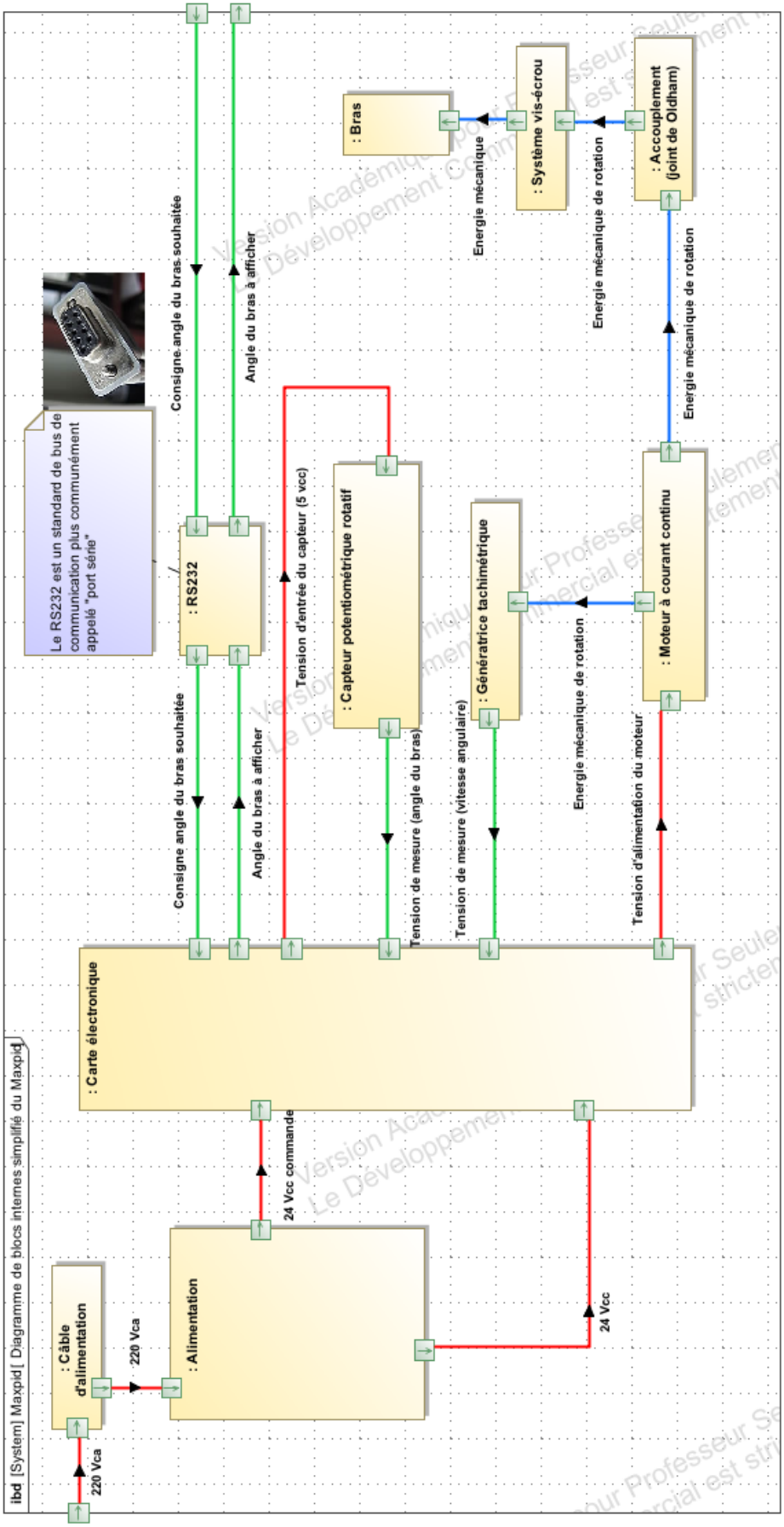

## DIAGRAMME DES EXIGENCES – MAXPID - EXIGENCES PRINCIPALES



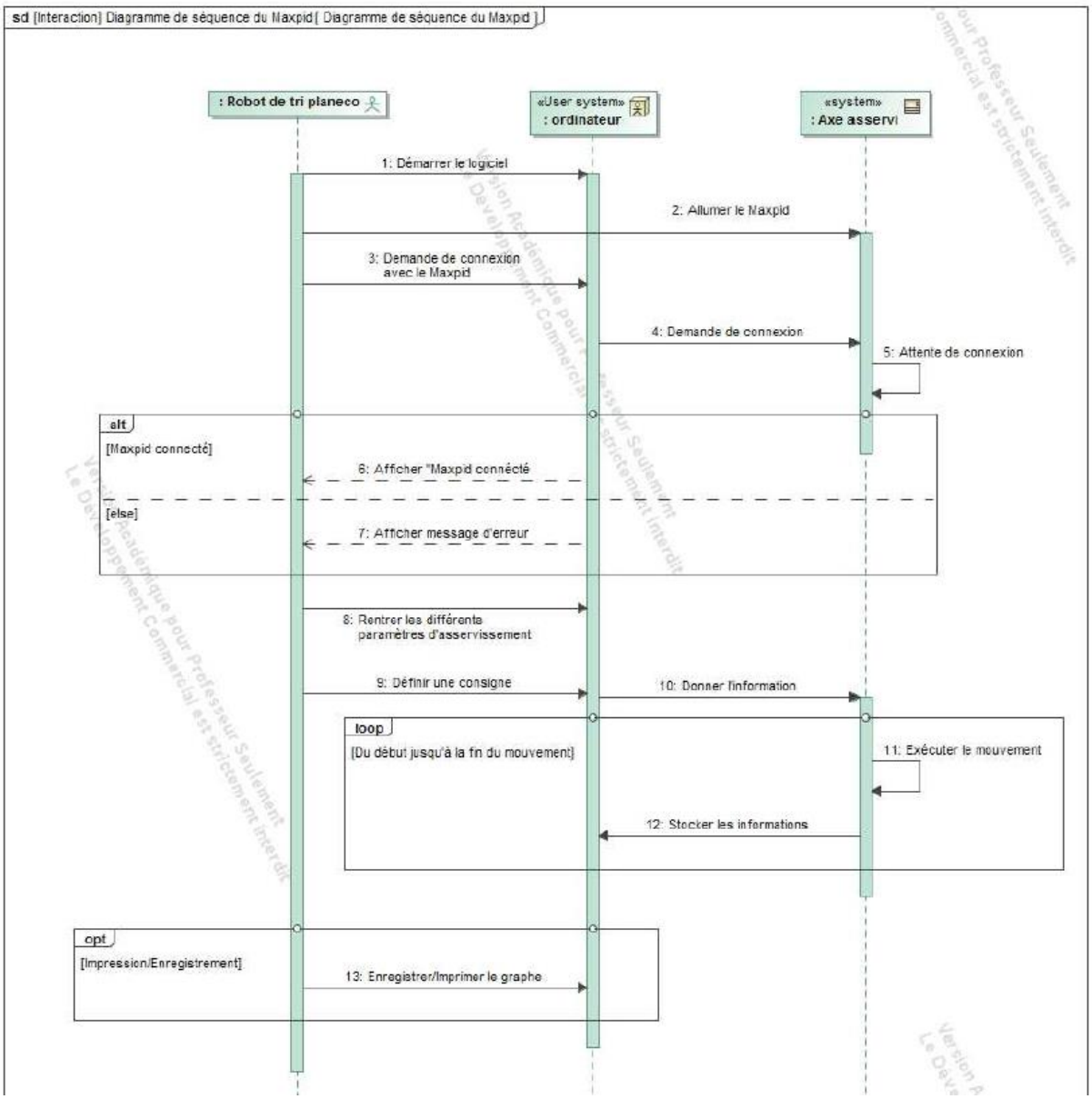
## DIAGRAMME DE DEFINITION DE BLOC



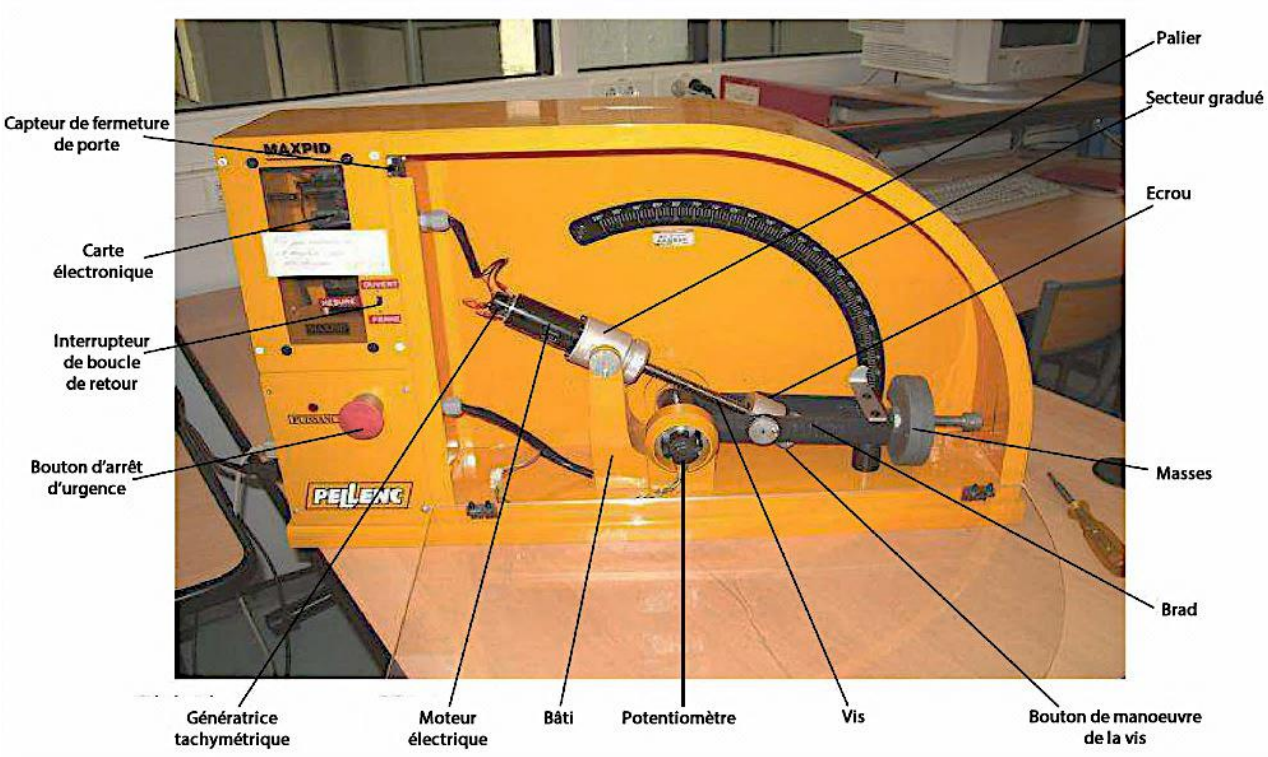
## DIAGRAMME DE BLOC INTERNE



## DIAGRAMME DE SEQUENCE



# MECANISMES ET SOUS-SYSTEMES

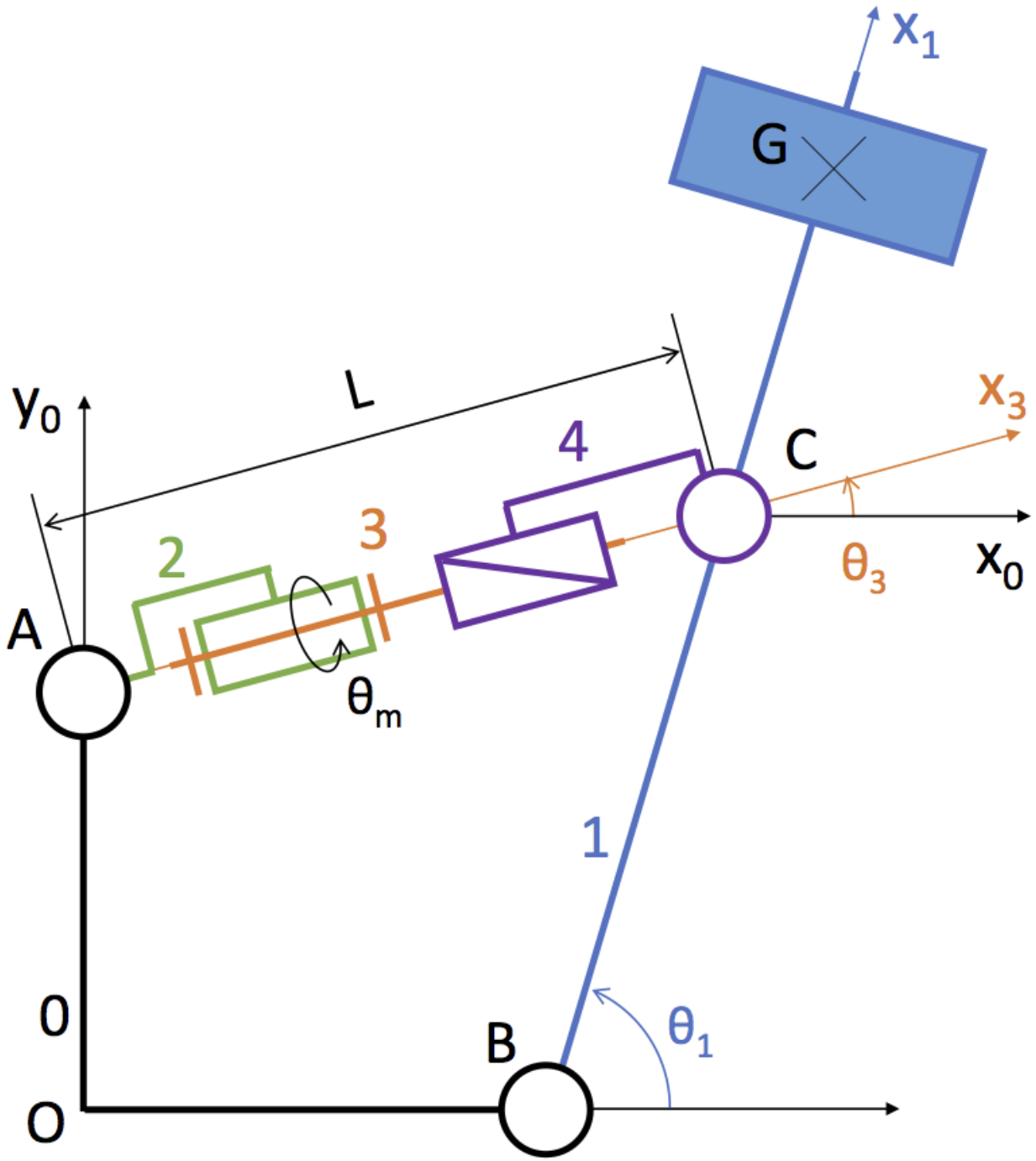



Lors d'un essai en trapèze on constate que lorsque la vitesse est constante pour le bras, celle du moteur varie. On n'a donc pas une transformation de mouvement offrant un rapport de vitesse constant.

Pour un consigne de position avec vitesse en trapèze (parabole, droite croissante, parabole inversée) le bras arrive à suivre la consigne avec une erreur réduite. Pour une consigne en échelon, clairement, le bras n'arrive pas à suivre (normal : accélération infinie au démarrage).

Lorsque le gain augmente, la réponse du bras dépasse la consigne et oscille avant d'atteindre la valeur de consigne (idem allongement ressort). Le gain permet d'amplifier l'écart mesuré entre consigne et position réelle. Pour un même écart, la tension aux bornes du moteur est d'autant plus grande que le gain est grand. Il est donc normal que la réponse soit plus « brutale » et oscillante.

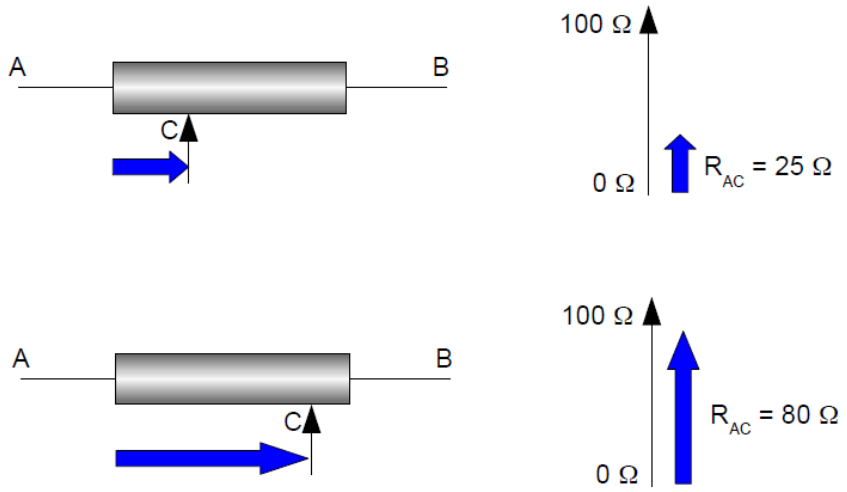
# SCHEMA CINEMATIQUE DU MAXPID ET PARAMETRAGE



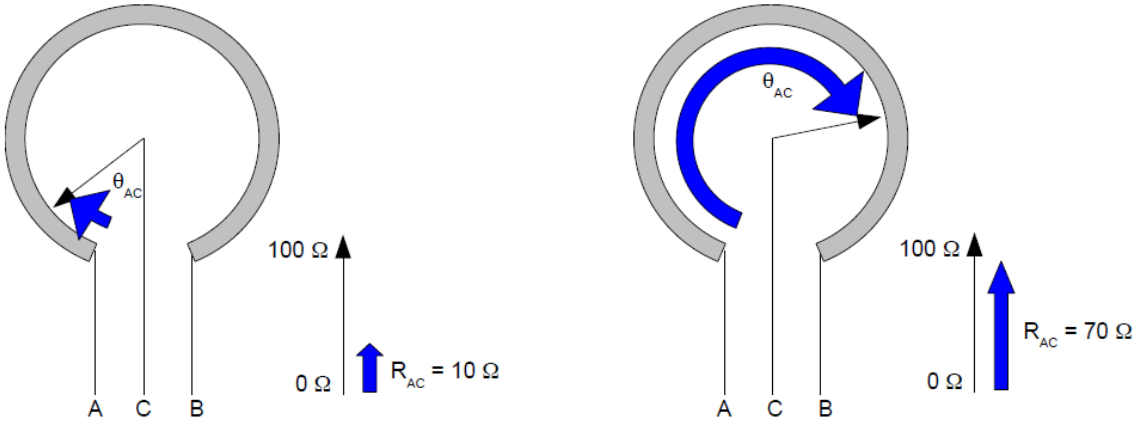
# CAPTEURS

## Capteurs de position potentiométrique

On mesure une position linéaire ou angulaire en mesurant une variation de résistance.
La résistance est proportionnelle à la longueur du fil résistant.




Mesure de la position linéaire [AC] par l'intermédiaire de la mesure de $R_{AC}$.




Mesure de la position angulaire $\theta_{AC}$ par l'intermédiaire de la mesure de $R_{AC}$.

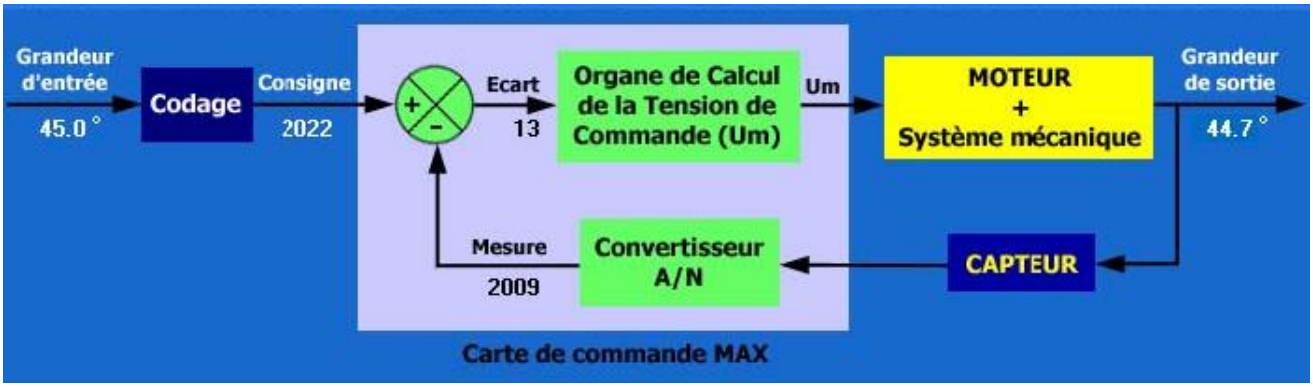
- ✓ **Avantages :** Simples à mettre en œuvre.

- ❖ **Inconvénients :** Amplitude de mesure limitée (bien souvent 1 tour maximum pour la mesure angulaire), ce qui nécessite l'ajout d'un réducteur.

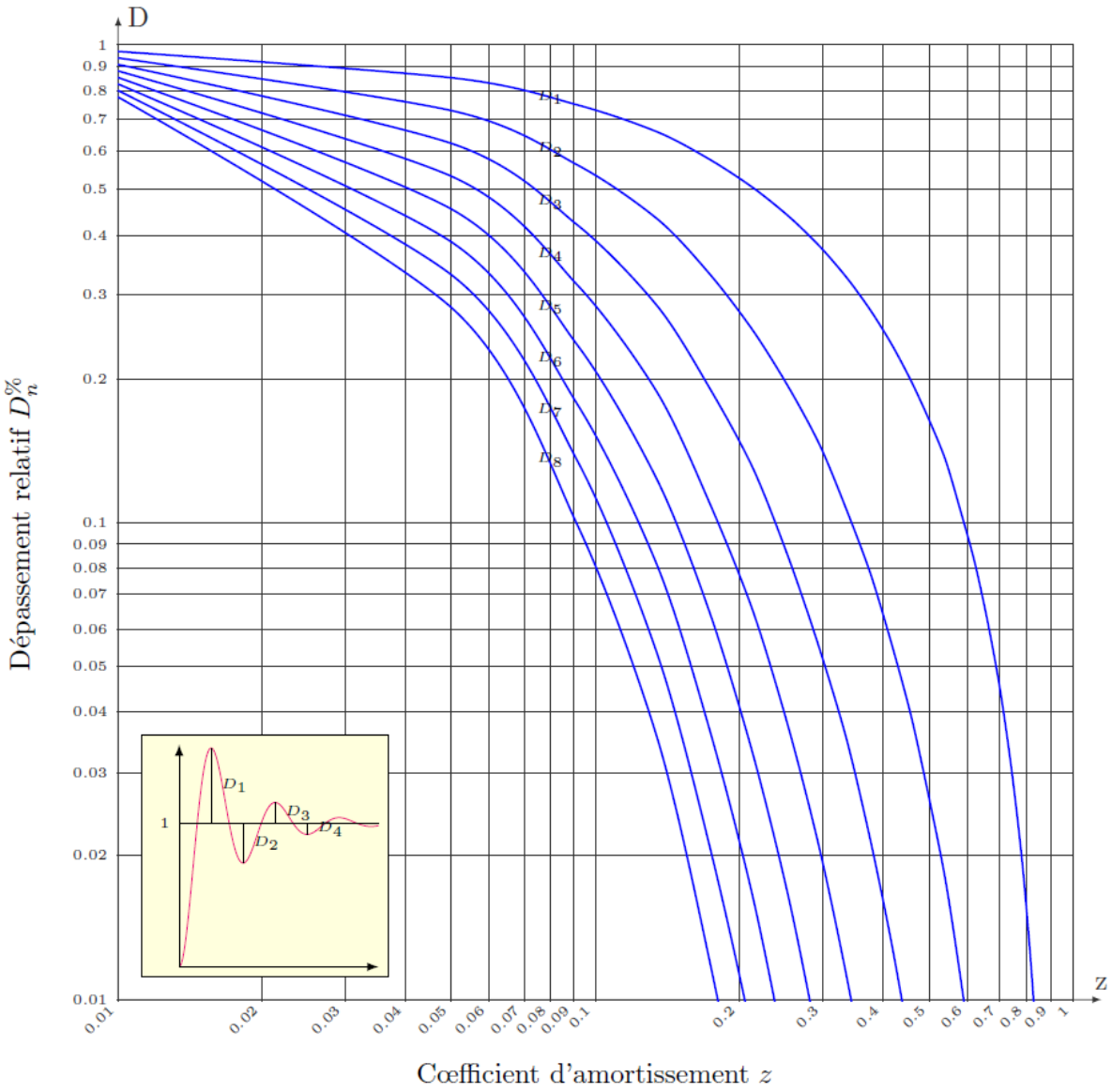
## Capteur de vitesse angulaire : génératrice tachymétrique

Ce capteur fonctionne comme un moteur électrique à courant continu (voir l'annexe sur les moteurs électriques), mais en sens inverse : la tension qu'il délivre est proportionnelle à sa vitesse de rotation. La démonstration de ce résultat s'obtient en regardant les équations du moteur à courant continu, pour une résistance et une inductance négligeable.

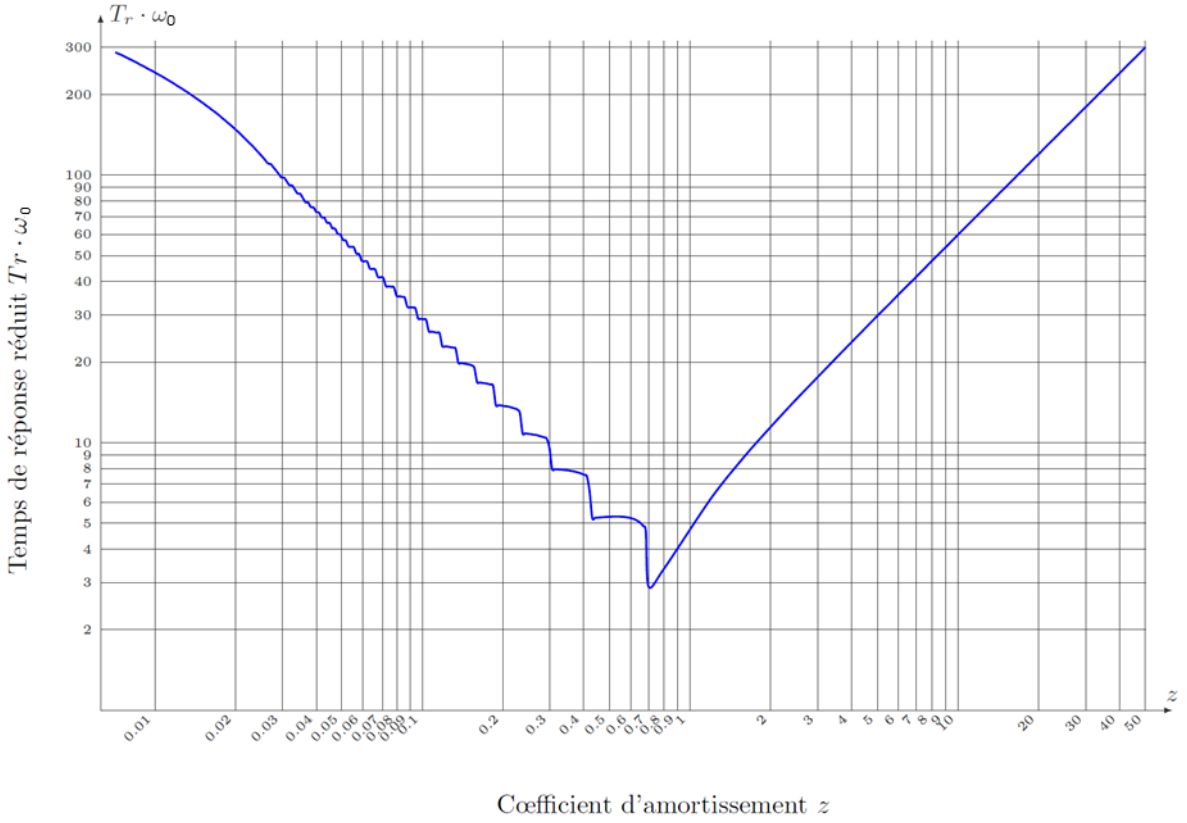
## *SCHEMA ORGANIQUE (ASSERVISSEMENT)*



# ABAQUE DES DEPASSEMENTS



# ABAQUE DU TEMPS DE REPONSE REDUIT $t_{5\%}.\omega_0$



# 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 $K_t = K_e$.

# EXPORTATION D'UN FICHIER DE MESURE SOUS PYTHON

Pour exporter les mesures et les exploiter sous Pyhton :

- Exporter **TOUTES** les grandeurs sous un fichier au format « *.txt* »
- Vérifier dans le fichier si toutes les valeurs sont complètes (surtout les dernières). Si ce n'est pas le cas, les compléter.
- Ouvrir avec *Spyder* le fichier ***FICHIER_COURBES_MAXPID.py***
- Compléter la *ligne 11* avec le nom du fichier
- Compléter la *ligne 12* avec le chemin d'accès au fichier (*avec des* \\ *au lieu des* \ *et finir avec des* *).*
- Compléter la *ligne 14* avec les bornes inférieures et supérieures du temps.

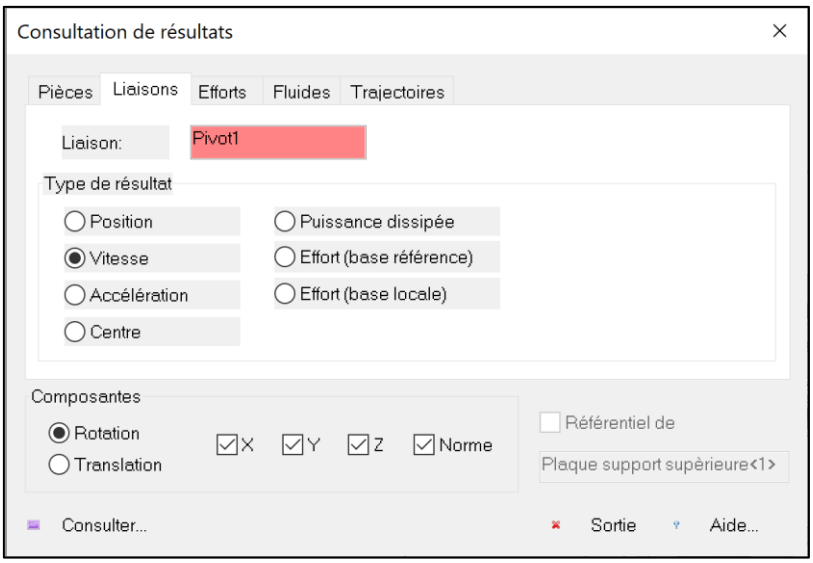
Exécuter le programme. Les courbes se tracent automatiquement.

Il est ensuite possible de compléter le code selon ce que vous souhaitez tracer ou calculer.

# 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.

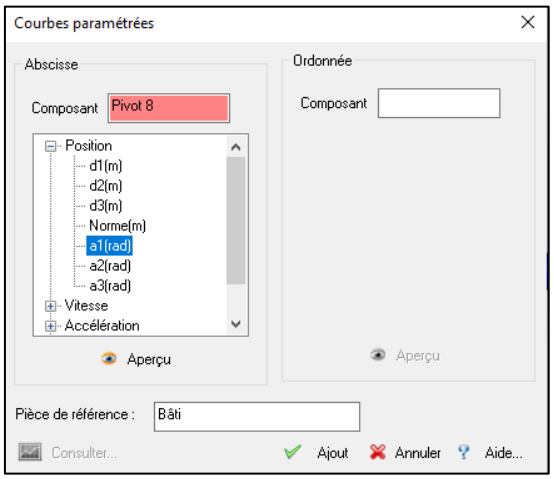
Remarque : Il est possible de conserver la courbe en faisant les mêmes étapes dans l'onglet « *Courbes* ».

# Afficher une courbe paramétrée

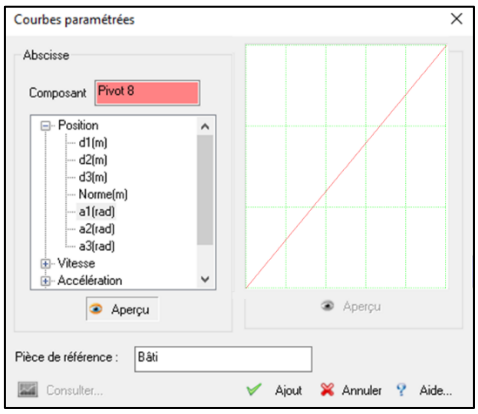
- Cliquer droit sur « *Résultats <Scénario 1>* » puis « *Courbes* » et choisir « *Paramétrées …* ».

- 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* ».

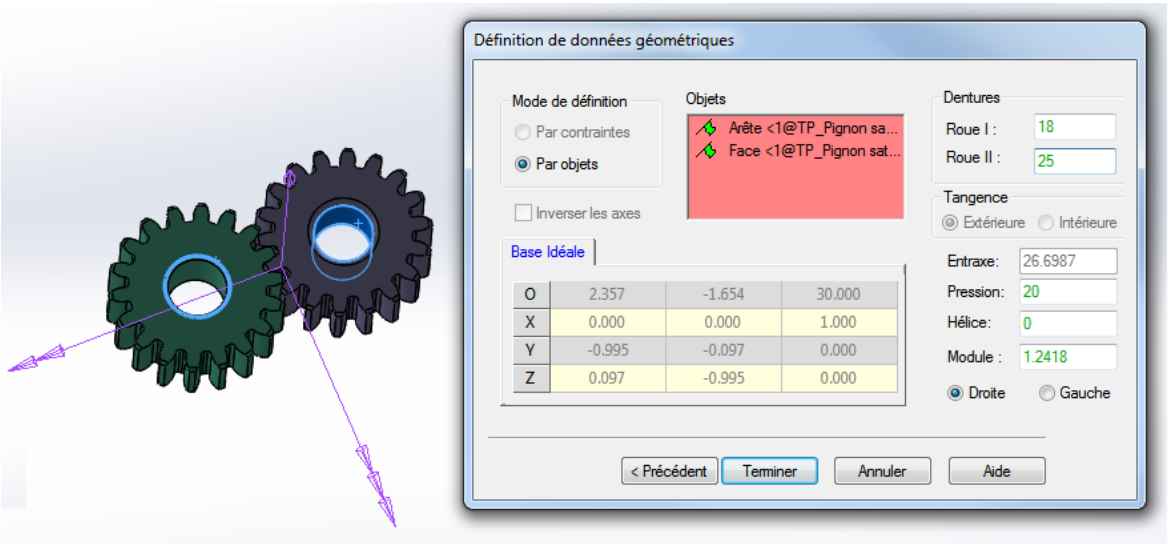
# Compléments pour les liaisons engrenage :

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.

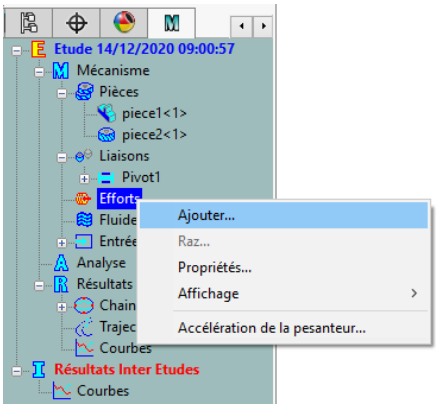



**Remarque : La roue I correspond à la première pièce saisie.**

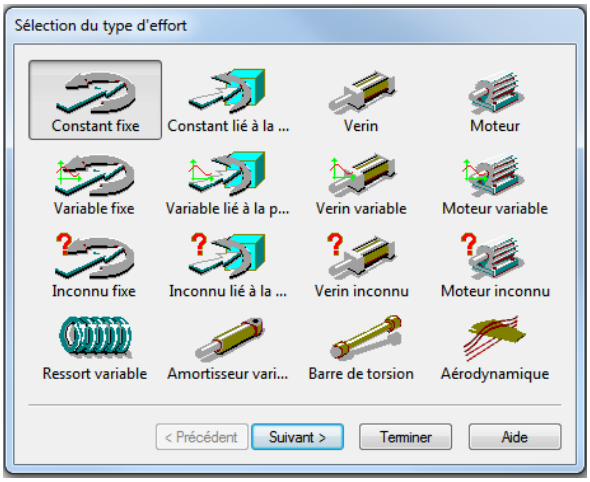
# Compléments pour l'étude statique/dynamique :

## 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

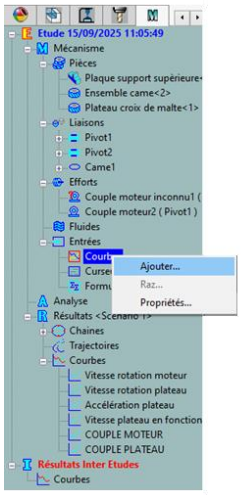
## Affichage des courbes d'effort :

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.

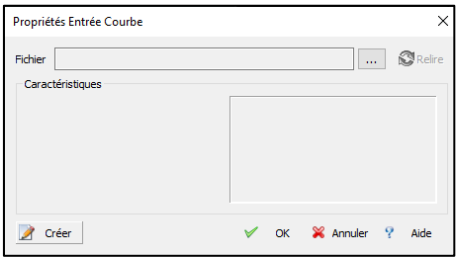
# Compléments pour un mouvement avec une courbe en entrée :

## Ajouter une courbe en entrée :

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

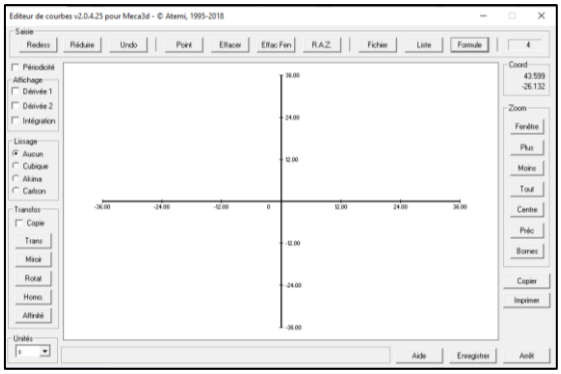



Une fenêtre apparaît. Il est possible de charger une courbe déjà faite ou d'en créer une nouvelle.




Cliquer sur « Créer ».

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

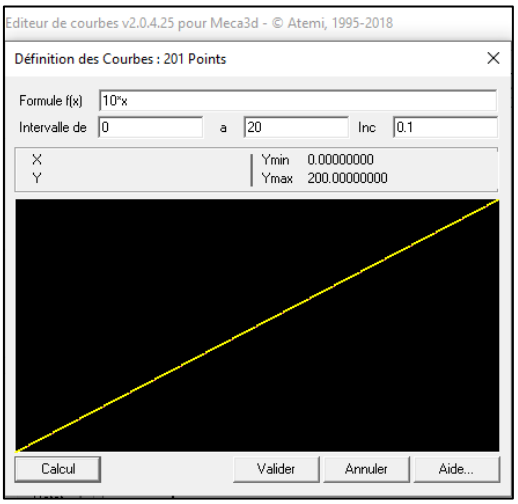



Il est possible de créer toutes sortent de courbes en utilisant les différents boutons présents sur la fenêtre.

## 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.

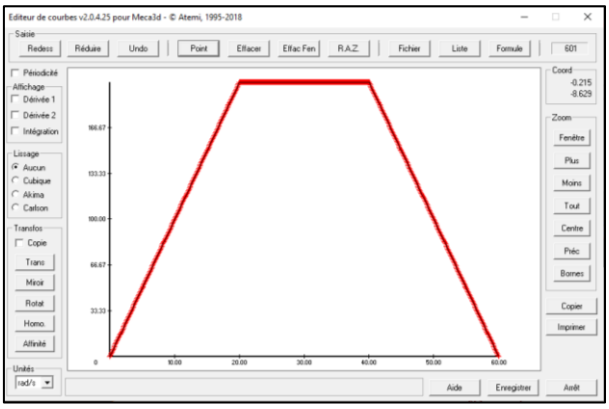
Appuyer sur « Calcul » pour visualiser l'allure de la courbe.

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.

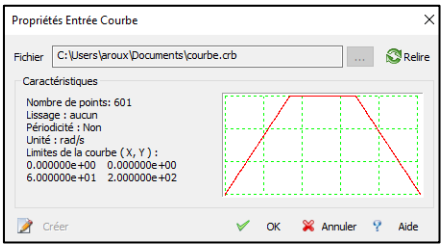



Sélectionner les unités sur le menu « Unités » en bas à gauche afin que la grandeur soit considérée correctement dans la suite de l'étude.

**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.

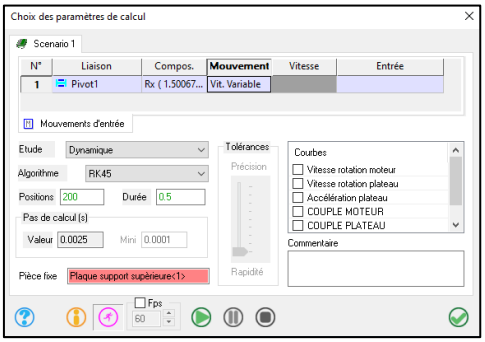
**Remarque :** Les unités de la grandeur tracée peuvent également être vérifiées sur cette fenêtre.

Lancer l'analyse.

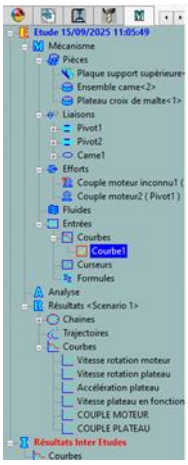
Choisir le type d'étude : *Cinématique, Statique ou Dynamique.*

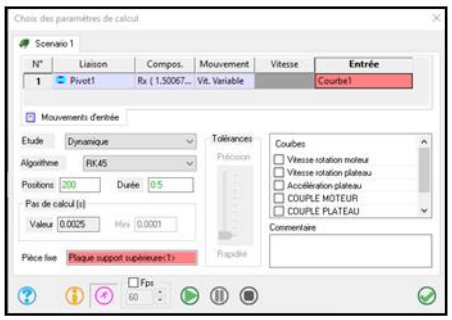
Choisir le mouvement pilote (entrée du système).

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.