PORTAIL AUTOMATIQUE

DOSSIER RESSOURCE

PRESENTATION DU SYSTEME

Le portail est utilisé par les particuliers pour fermer une propriété privée (Figure 1).

Figure 1 : Exemples d'utilisation du portail.

Le principe de fonctionnement du portail est simple (Figure 2) : le portail possède deux vantaux (un grand vantail et un petit vantail). L'ouverture ou la fermeture des vantaux est obtenue grâce à un moteur, dont la rotation est pilotée via un boîtier de commande.

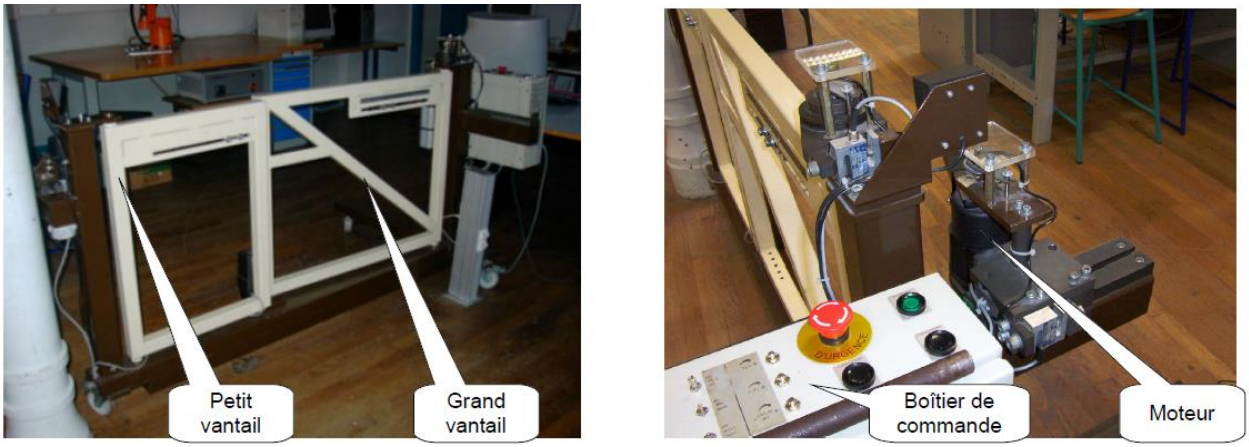


Figure 2 : Composants intervenant dans le principe de fonctionnement du portail.

Le moteur fait tourner un bras moteur, qui entraîne dans son mouvement une bielle de poussée (Figure 3). La bielle de poussée ouvre ou ferme le portail en agissant sur le vantail.

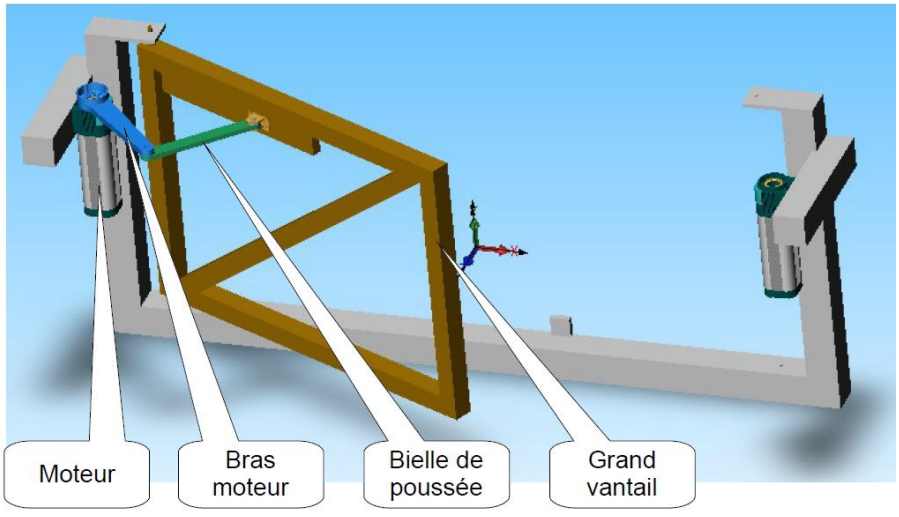


Figure 3 : détail du l'ouverture d'un vantail.

ANALYSE SYSTEME - SYSML

Le système étudié pour cette analyse fonctionnelle est le portail dans son ensemble.

DIAGRAMME DE CAS D'UTILISATION

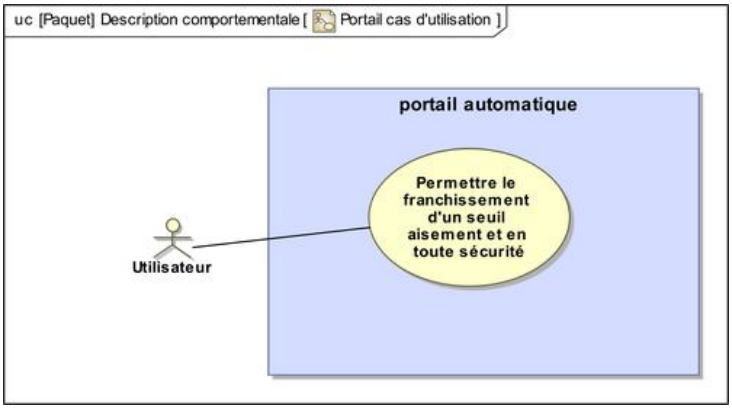


DIAGRAMME DES EXIGENCES

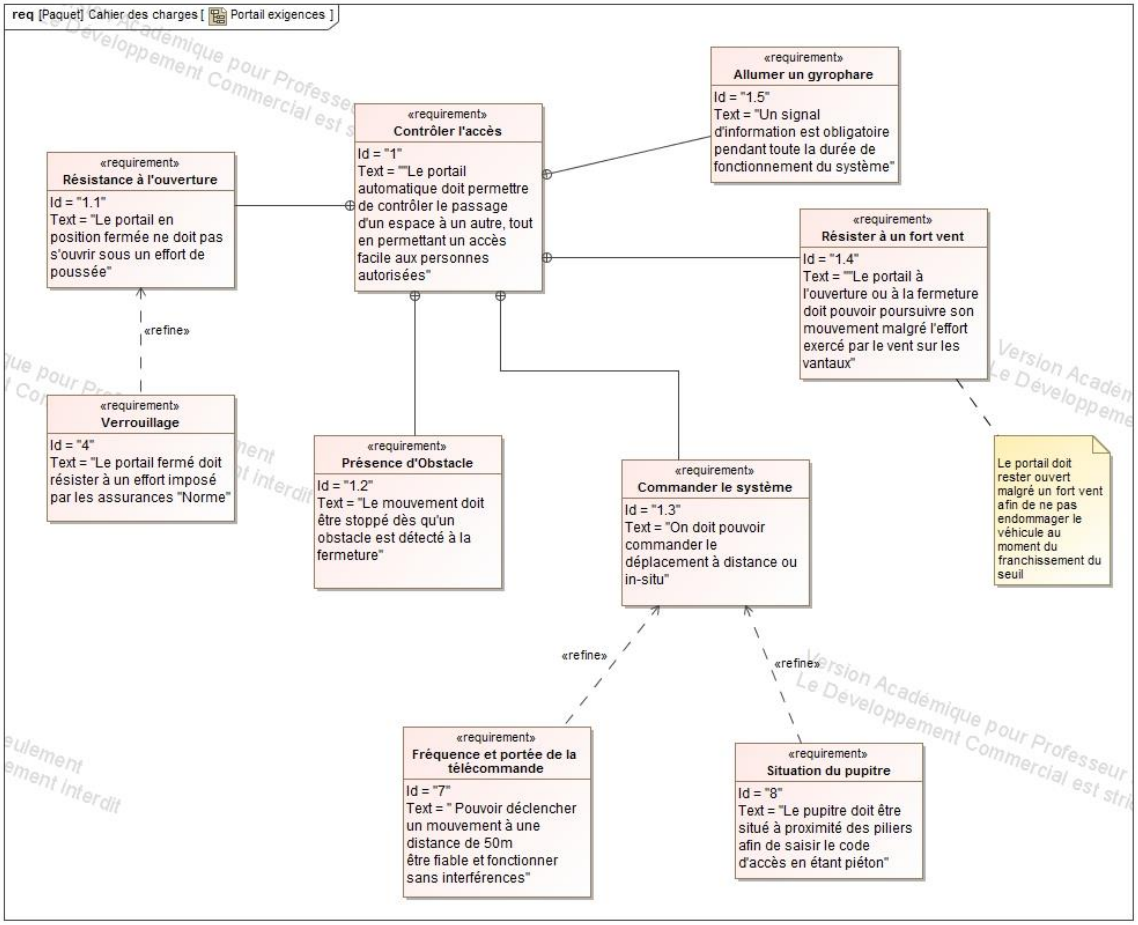


DIAGRAMME DES EXIGENCES – RESISTANCE A L'OUVERTURE

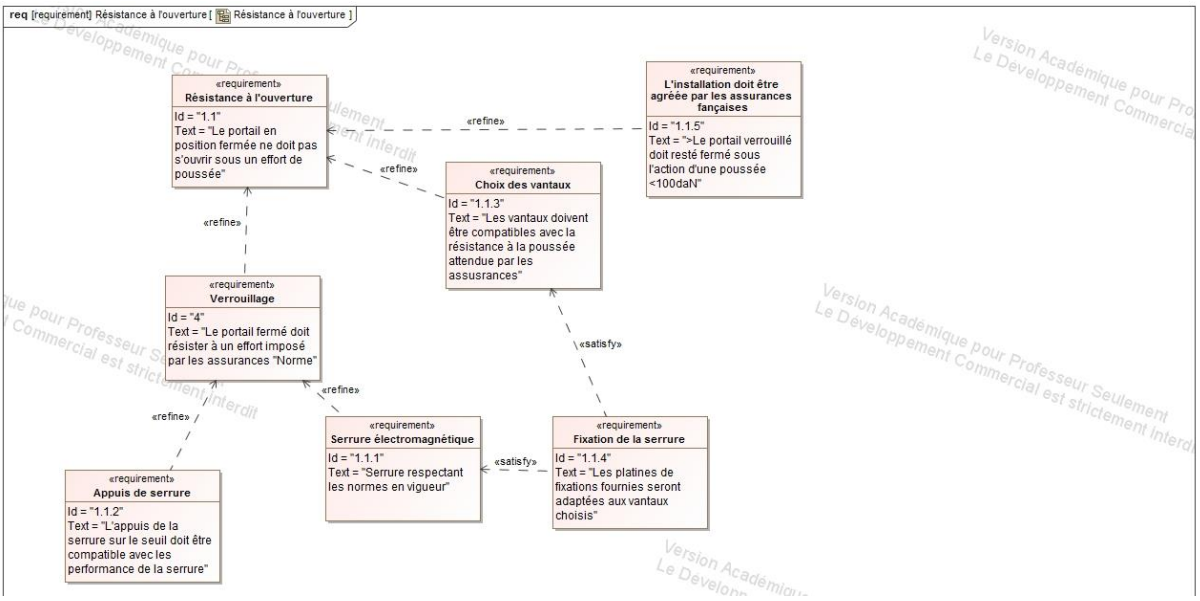


DIAGRAMME DE DEFINITION DE BLOC

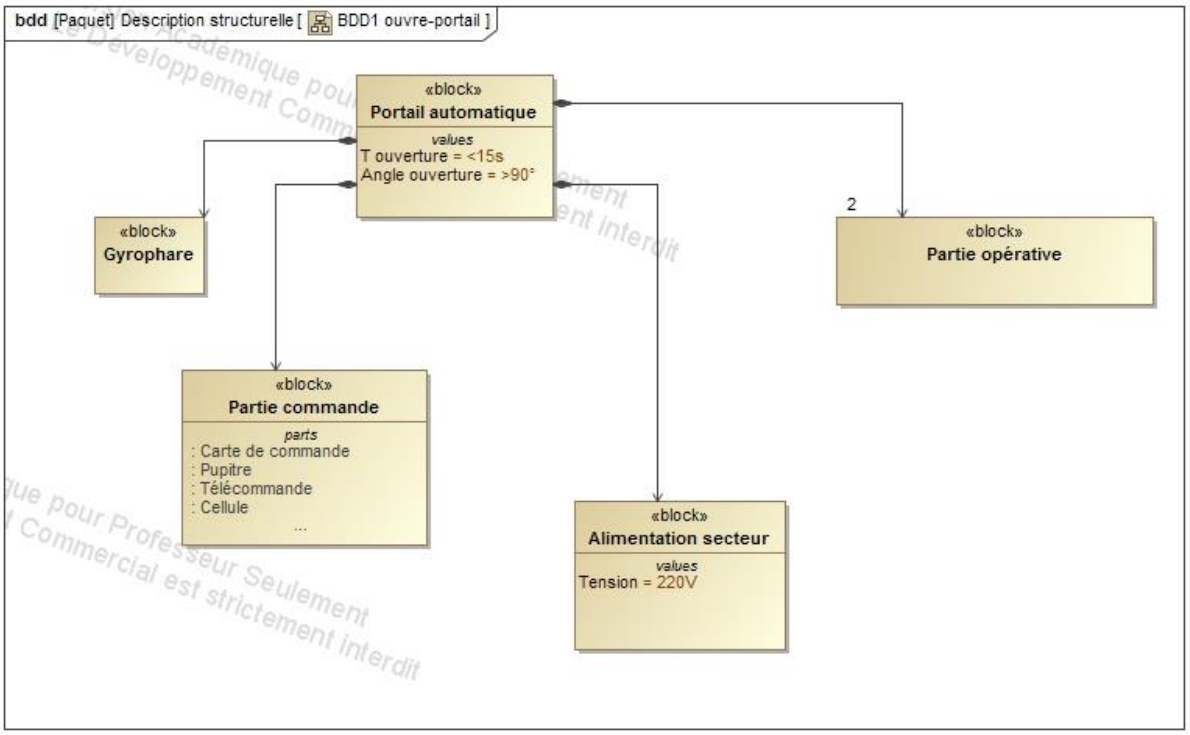


DIAGRAMME DE DEFINITION DE BLOC – PARTIE OPERATIVE

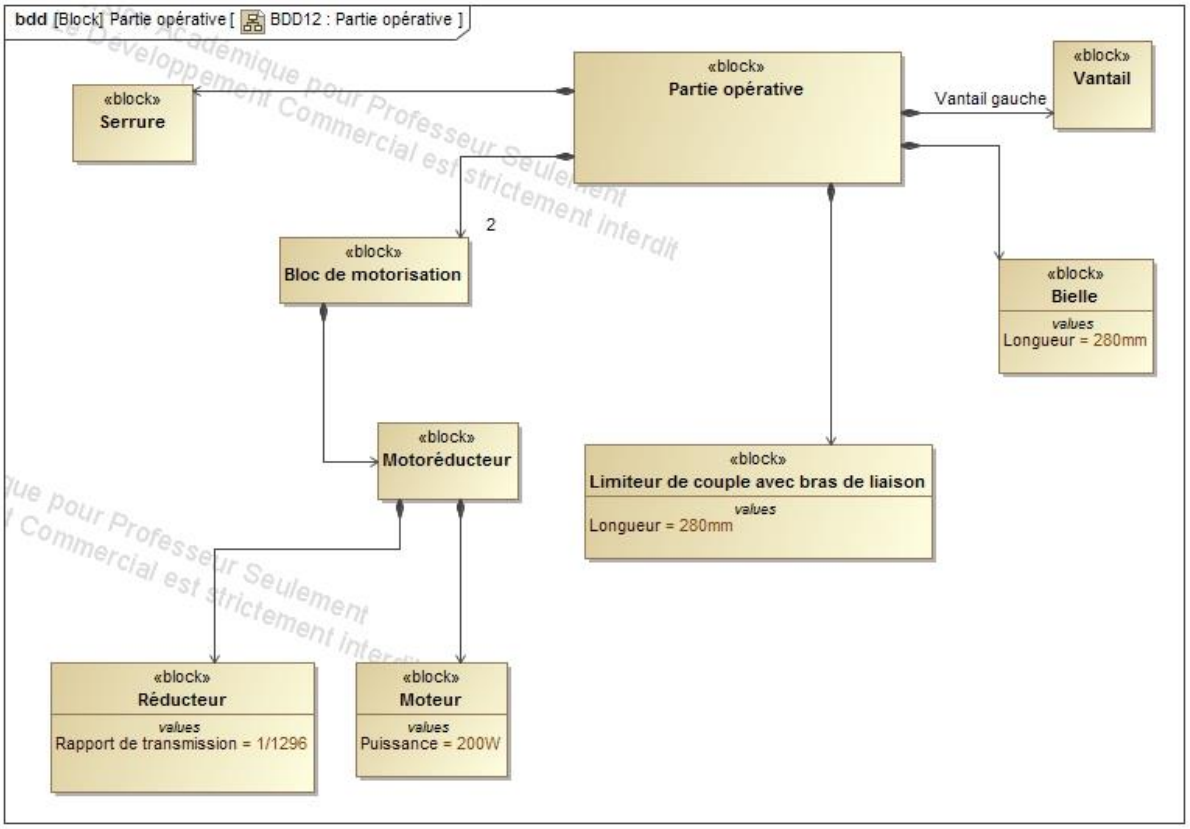


DIAGRAMME DE DEFINITION DE BLOC – PARTIE COMMANDE

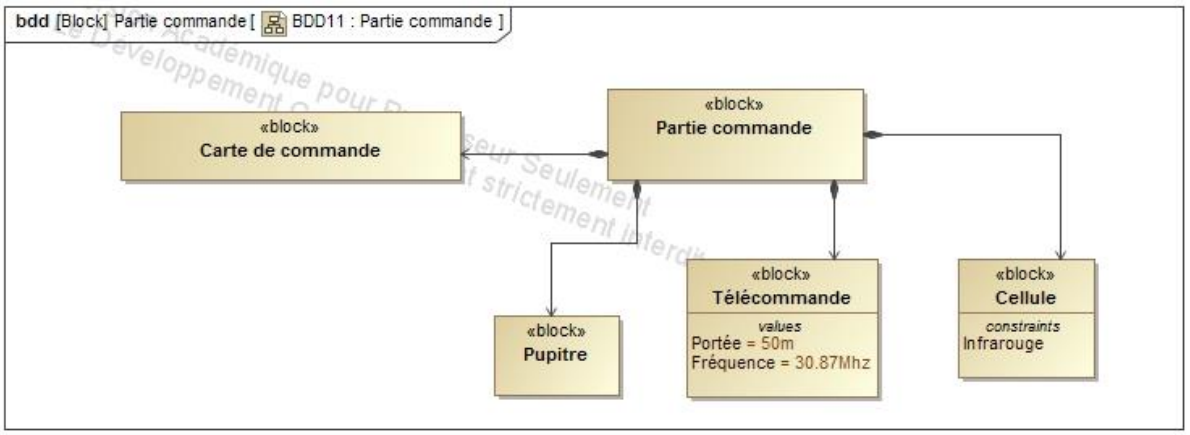


DIAGRAMME DE BLOC INTERNE – PARTIE COMMANDE

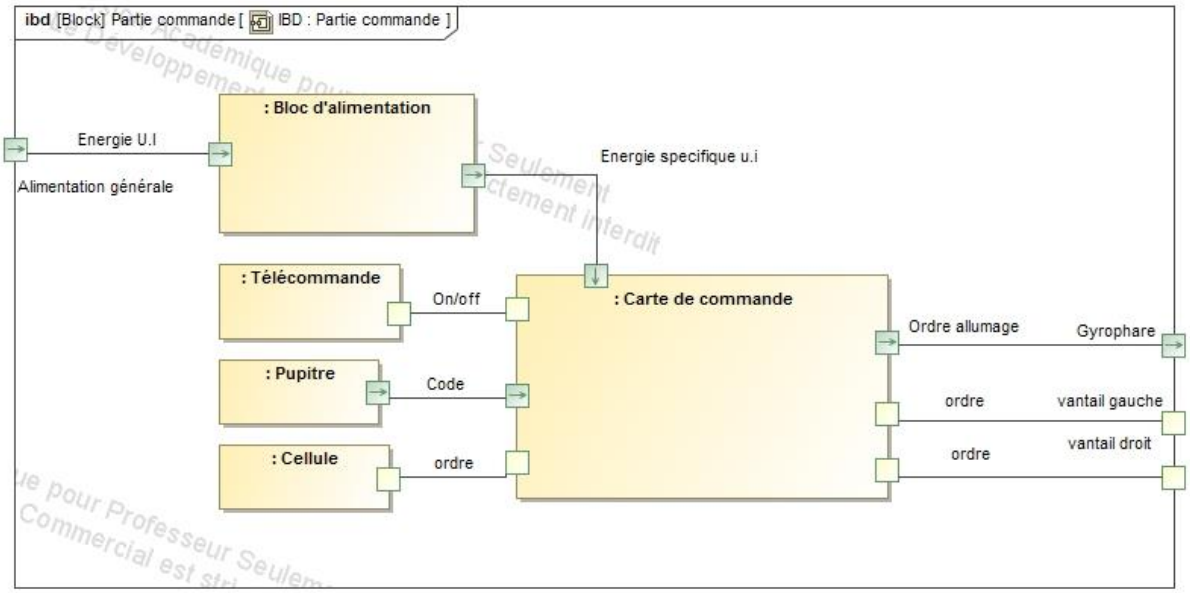


DIAGRAMME DE BLOC INTERNE – PARTIE COMMANDE

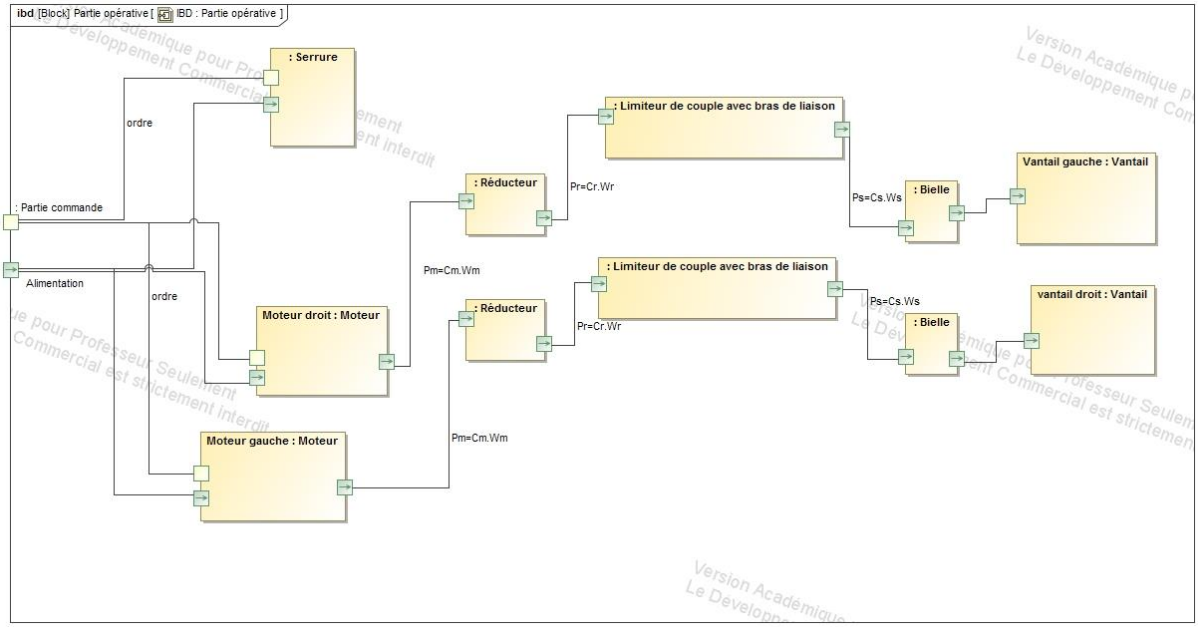


DIAGRAMME D'ACTIVITE – CYCLE NORMAL

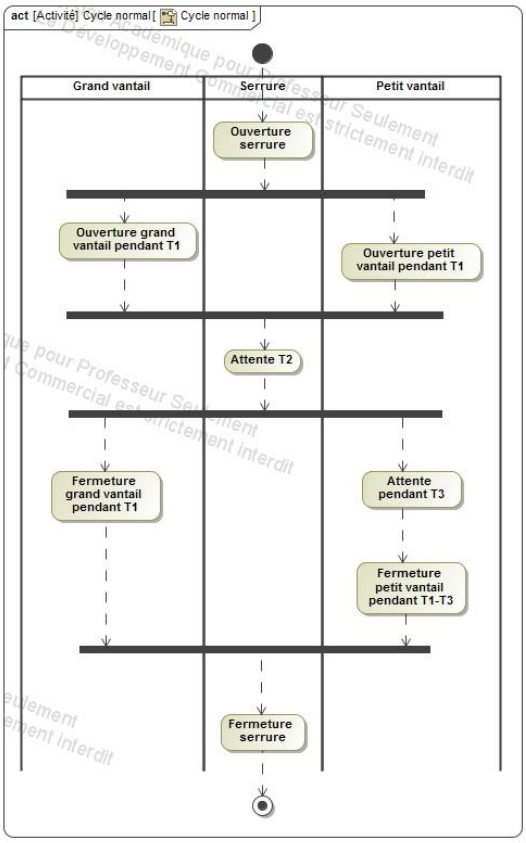


DIAGRAMME D'ACTIVITE – CYCLE NORMAL AVEC PRISE EN CHARGE D'UN OBSTACLE

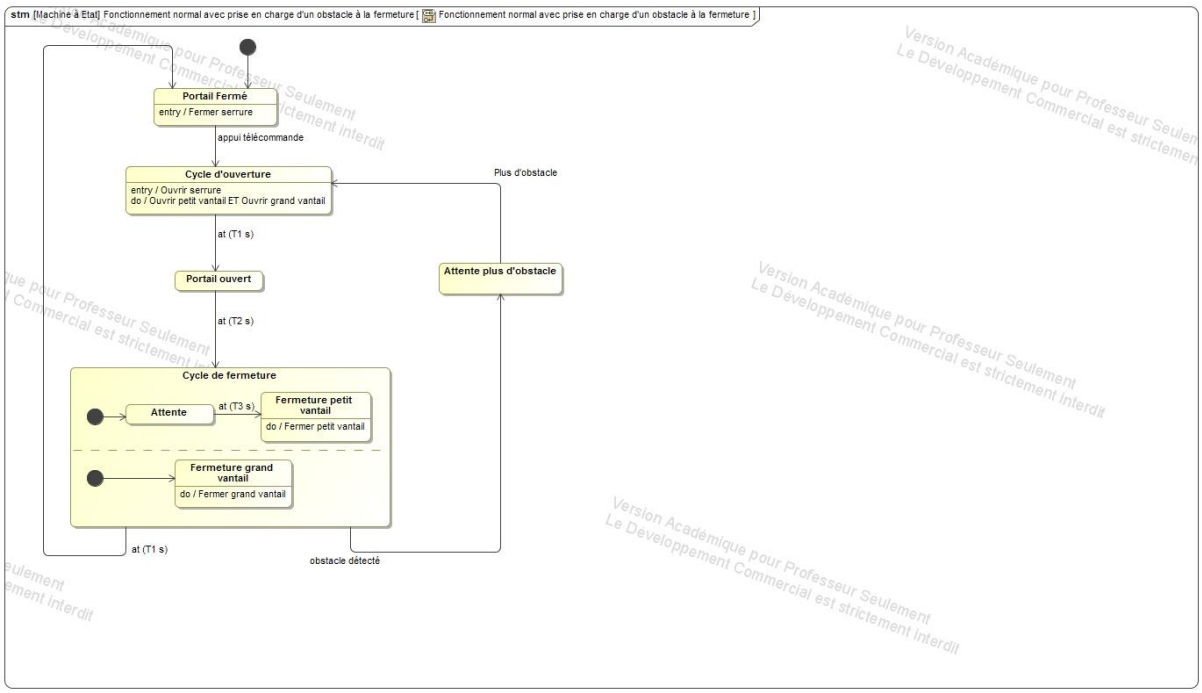
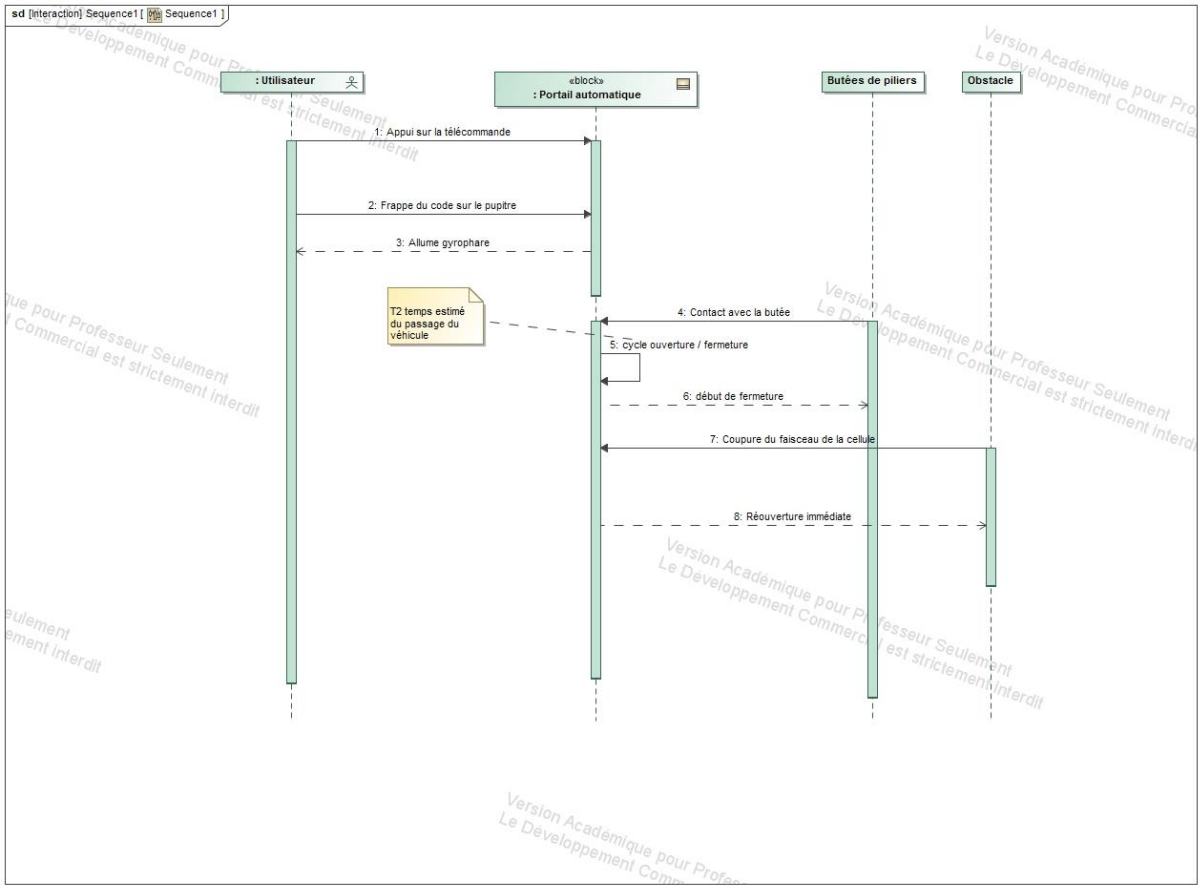


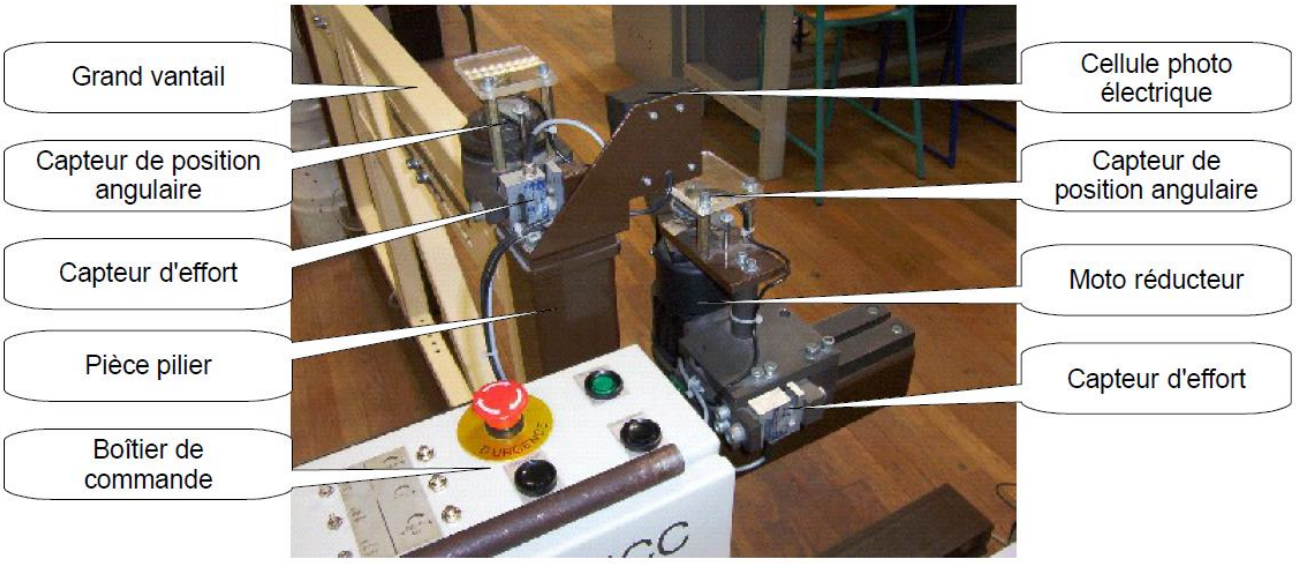
DIAGRAMME DE SEQUENCE



ANALYSE STRUCTURELLE DU SYSTEME

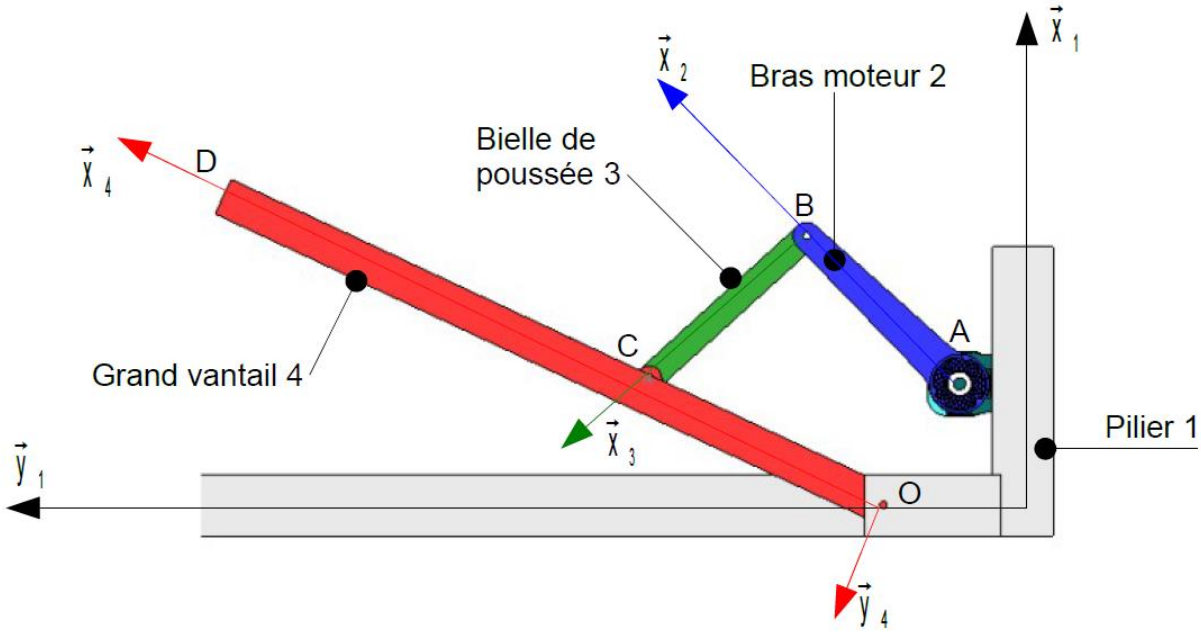
Le système étudié pour cette analyse structurelle est le portail dans son ensemble.
Ce système, didactisé et instrumenté, est constitué :

- d'une pièce pilier
- d'un grand vantail
- d'un petit vantail
- de deux moto-réducteurs avec limiteurs de couple
- de deux bras moteur
- de deux bielles de poussée
- de deux cellules photo-électriques (permettant de repérer les obstacles)
- d'un boîtier de commande
- d'un ordinateur muni de la carte d'acquisition Digimétrie
- des capteurs permettant d'effectuer des mesures. On trouve :
    - deux capteurs angulaires potentiométriques permettant de mesurer les positions angulaires du grand vantail et du petit vantail
    - deux capteurs d'effort permettant de mesurer les couples disponibles en sortie de moto-réducteur et sur le vantail



MANIPULATIONS

FAIRE FONCTIONNER LE PORTAIL



On pose $\overrightarrow{OA} = b\overrightarrow{x_1} - a\overrightarrow{y_1}$ $\overrightarrow{AB} = l\overrightarrow{x_2}$ $\overrightarrow{BC} = l\overrightarrow{x_3}$ et $\overrightarrow{OC} = d\overrightarrow{x_4} - c\overrightarrow{y_4}$.

Les dimensions sont : a = 100 mm, c = 20 mm, l = 280 mm. Les longueurs b et d sont variables. Les longueurs b et d sont réglables.

Chaque longueur est repérée par la position d'un curseur rouge sur un réglet. Pour faire un réglage, il faut dévisser (avec précaution) les vis qui maintiennent la liaison entre les pièces, déplacer (avec précaution) la liaison selon le réglage souhaité, et revisser (avec précaution) les vis.

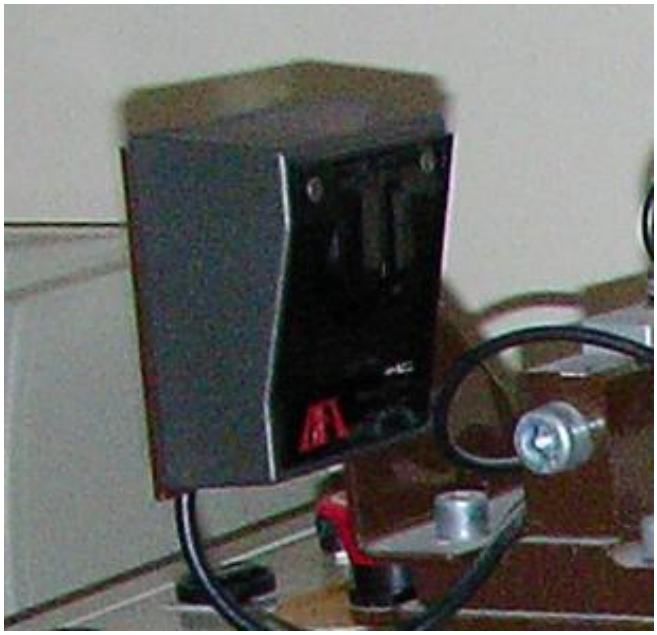
LIMITEUR DE COUPLE

Un limiteur de couple placé à la sortie du motoréducteur autorise le glissement lorsque le dispositif vient en butée. Ce limiteur est constitué de disques empilés, « solidaires » en alternance de l'arbre ou de la biellette. En tournant la vis de réglage, on écrase une rondelle ressort (rondelle Belleville).

Celle-ci applique alors un effort proportionnel à sa flèche (écrasement) sur les disques.
La biellette est donc entraînée en rotation par l'intermédiaire d'un couple de frottement pré-réglé : lorsque celui-ci est dépassé, il y a glissement et le mouvement n'est plus transmis.

CELLULE PHOTO ELECTRIQUE

Une cellule photo électrique permet d'interrompre le cycle en cas de rupture du faisceau. Elle n'est pas prise en compte dans tous les modes de fonctionnement.



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

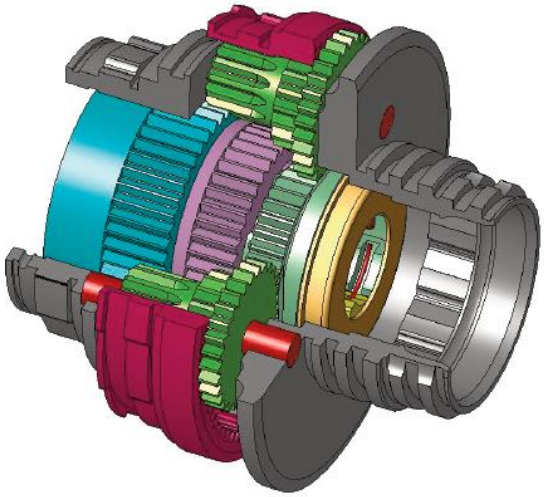
- Les frottements secs et visqueux sont négligés.
- L'inductance de l'induit du moteur est négligée.
- $K_t = K_e$

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 $K_t = K_e$.

REDUCTEUR A TRAIN EPICYCLOÏDAL

FONCTION



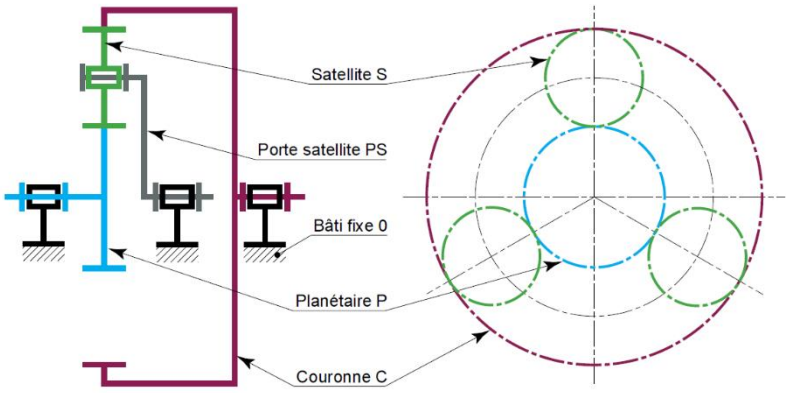
Un réducteur à train épicycloïdal est un mécanisme qui réalise une transmission de puissance mécanique de rotation entre deux arbres parallèles ou perpendiculaires, avec changement du couple et de la vitesse. Le réducteur est qualifié de « train épicycloïdal » car, au cours du fonctionnement, une ou plusieurs roues dentées appelées satellites tournent autour d'un arbre mobile en rotation par rapport au bâti fixe appelé porte satellites (mouvement cycloïdal).

PRINCIPAUX TYPES

Il existe des réducteurs à trains épicycloïdaux **plans** (réducteurs habituels) et des réducteurs à trains épicycloïdaux **spatiaux** (différentiels d'automobile).
Dans les réducteurs à trains épicycloïdaux **plans**, on trouve ceux à **trains simples** et ceux à **trains doubles**.
Ces 2 types sont présents dans le moyeu multi-vitesses NEXUS *(figure ci-dessus)*.

TERMINOLOGIE ET CONSTITUTION

La figure ci-contre donne le schéma cinématique d'un réducteur à train épicycloïdal simple. Le pignon P est le planétaire, les pignons S sont les satellites, le bras PS est le porte satellites et C est la couronne à denture intérieure.
Pendant le fonctionnement, les satellites S engrènent d'une part avec la couronne C et d'autre part avec le planétaire P.



FONCTIONNEMENT

Trois solides (P, S et PS) étant en liaison pivot avec le bâti fixe 0, il suffit d'en bloquer un par rapport au bâti, d'en utiliser un autre pour le mouvement d'entrée et d'utiliser le dernier pour récupérer le mouvement de sortie.
Généralement, le mouvement d'entrée est communiqué au planétaire P, la couronne C est fixe et le mouvement de sortie est récupéré sur le porte satellites. Ce n'est pas le cas pour le moyeu multi-vitesses NEXUS où le planétaire P est fixe, le mouvement d'entrée est sur le porte satellites PS et le mouvement de sortie sur la couronne C.

TRAIN SIMPLE – RAPPORT DE TRANSMISSION

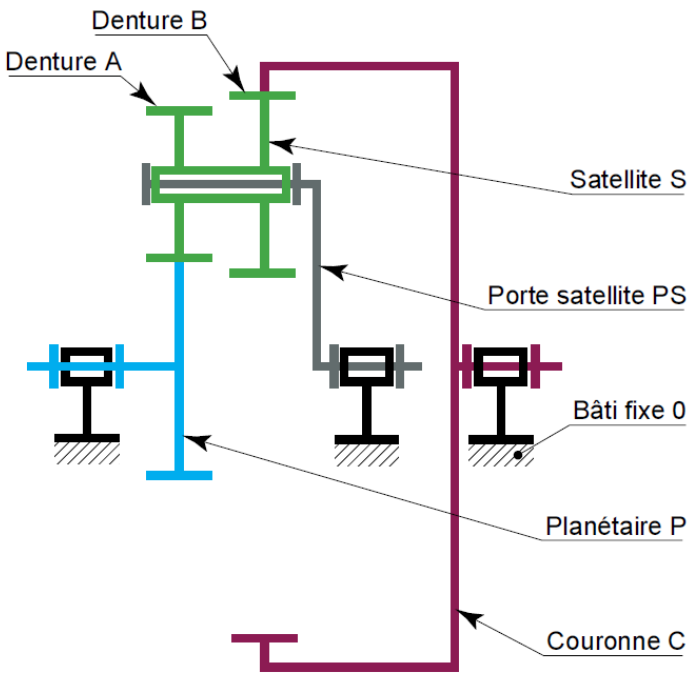
On note Z_P, Z_S et Z_C les nombres de dents respectifs du planétaire P, du satellite S et de la couronne C.
Une étude de la composition des mouvements associée au calcul de la raison du train d'engrenage permet d'aboutir à la formule de Willis :

$$\frac{\omega_{P/0} - \omega_{PS/0}}{\omega_{C/0} - \omega_{PS/0}} = -\frac{Z_C}{Z_P}$$

En bloquant la couronne C, et en constatant que Z_C est généralement très grand par rapport à Z_P, on peut obtenir des rapports de transmission importants.

TRAIN DIFFERENTIEL – CONSTITUTION ET RAPPORT DE TRANSMISSION

La figure ci-contre donne le schéma cinématique d'un réducteur épicycloïdal à train double. Dans ce cas, les satellites sont constitués de 2 dentures de nombre de dents Z_{SA} et Z_{SB}. Le planétaire P engrène avec la première denture du satellite alors que la couronne C engrène avec la seconde denture.



La formule de Willis s'écrit dans ce cas :

$$\frac{\omega_{P/0} - \omega_{PS/0}}{\omega_{C/0} - \omega_{PS/0}} = -\frac{Z_C . Z_A}{Z_P . Z_B}$$

Les rapports de transmission obtenus sont très importants sous un encombrement réduit (≈100).

UTILISATION DU LOGICIEL

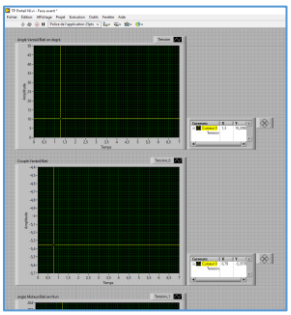
- Vérifier que le portail soit bien sous tension (interrupteur situé à côté de la prise électrique).
- Mettre le boitier sous tension (déverrouiller l'arrêt d'urgence si nécessaire).
- Appuyer sur le bouton **Marche**

Utiliser la tablette pour faire fonctionner le portail en mode automatique ou manuel

La gâche du petit vantail (béquille) doit être déverrouillée pour faire les manipulations. Il est possible de la déverrouiller dans le menu MANUEL puis en cliquant sur le bouton **Gâche déverrouillée**.

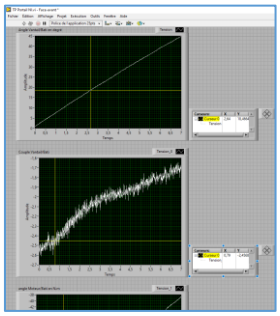
Le capteur angulaire au niveau de l'axe du moteur a un certain jeu. AVANT CHAQUE MESURE, caller à la main la rondelle grise du capteur (jusqu'à sentir de la résistance) afin qu'il mesure directement la valeur de l'angle sans décalage initial.

- Ouvrir le programme **TP *PORTAIL NI.ni***



- Exécuter le programme en appuyant sur la flèche ou sur les touches ***'Ctrl' + 'R'***.
- Faire vos mesures (vous disposez de **7 secondes de mesure**).

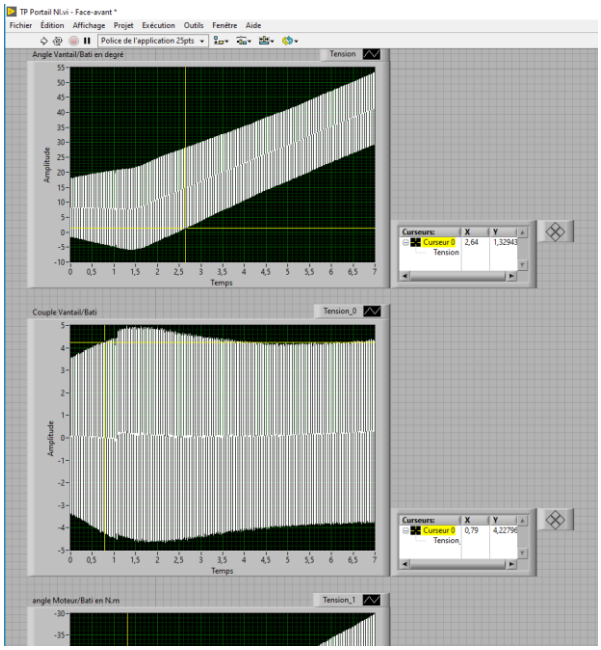
Il est possible de mesurer **l'angle et le couple du vantail** ainsi que **l'angle et le couple du moteur**.



Il est possible de déplacer les curseurs pour lire les valeurs des points des différentes courbes.

Remarque : Il est possible d'exporter les données des courbes. Cliquer (clic droit) sur la courbe puis choisir *Exporter vers Excel*.

<u>Remarque :</u> Les courbes peuvent être bruitées. Dans ce cas, refaire la mesure et lancer le mouvement du portail AVANT de déclencher les mesures sur le logiciel.



Exemple de courbes bruitées (faire la procédure décrite dans la remarque)

EXPORTATION D'UN FICHIER DE MESURE SOUS PYTHON

Pour exporter **UNE mesure** et l'exploiter sous Pyhton :

- Exporter la grandeur sous un fichier au format « *.txt »*
- Ouvrir avec *Spyder* le fichier ***COURBE_SIMPLE_NI.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. La courbe se trace automatiquement.

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

Pour exporter **DEUX mesures** et les exploiter sous Pyhton :

- Exporter la grandeur 1 sous un fichier au format « *.txt »*
- Exporter la grandeur 2 sous un fichier au format « *.txt »* avec un nom différent
- Ouvrir avec *Spyder* le fichier ***COURBE_DOUBLE_NI.py***
- Compléter la *ligne 11* avec le nom du fichier de la gradeur 1.
- Compléter la *ligne 12* avec le nom du fichier de la gradeur 2.
- Compléter la *ligne 13* avec le chemin d'accès au fichier (*avec des* \\ *au lieu des* \ *et finir avec des* *).*
- Compléter la *ligne 15* avec les bornes inférieures et supérieures du temps.

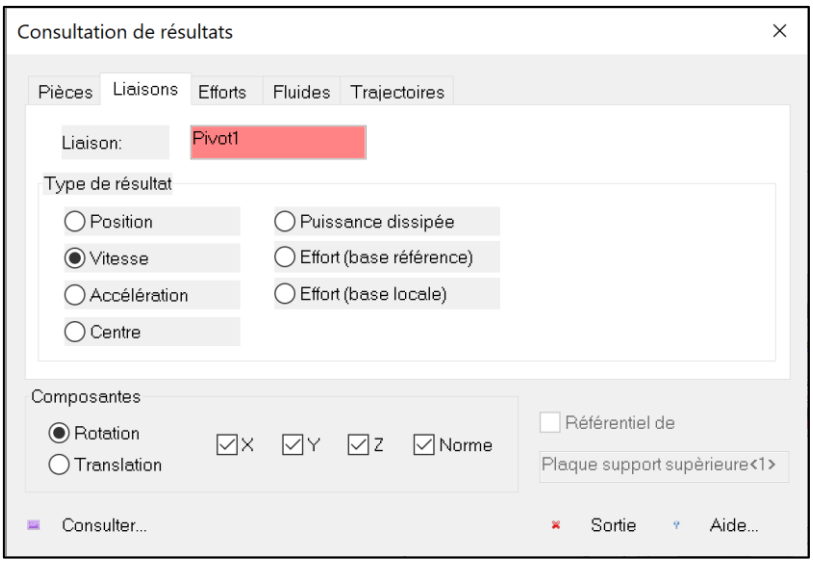
Exécuter le programme. Les courbes se tracent automatiquement.

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.

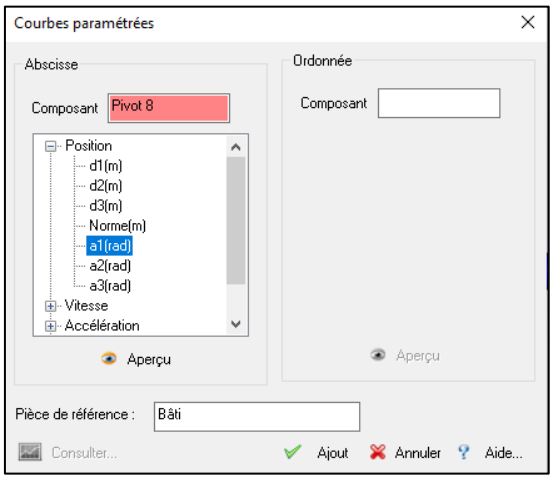
Remarque : Il est possible de conserver la courbe en faisant les mêmes étapes dans l'onglet « *Courbes* ».

Afficher une courbe paramétrée

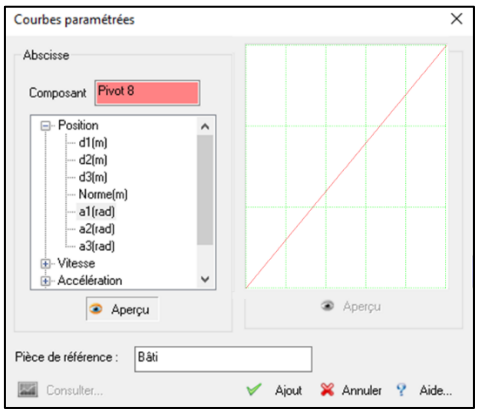
- Cliquer droit sur « *Résultats <Scénario 1>* » puis « *Courbes* » et choisir « *Paramétrées …* ».

- 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* ».

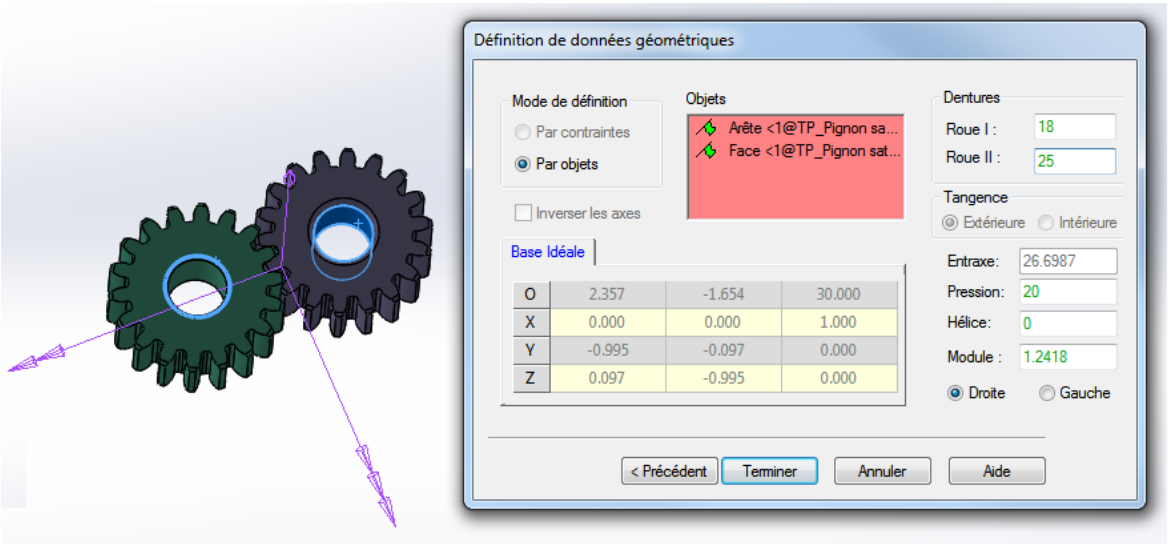
Compléments pour les liaisons engrenage :

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.

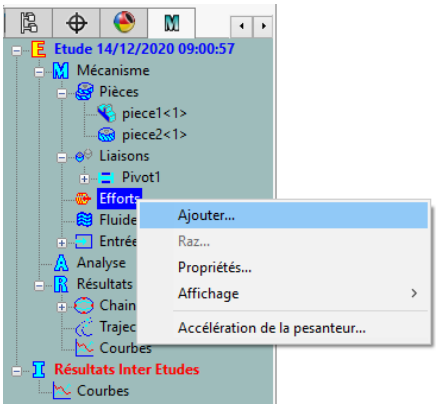


Remarque : La roue I correspond à la première pièce saisie.

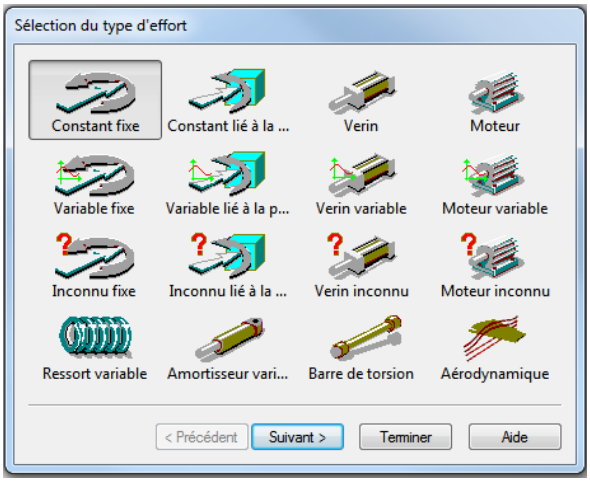
Compléments pour l'étude statique/dynamique :

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

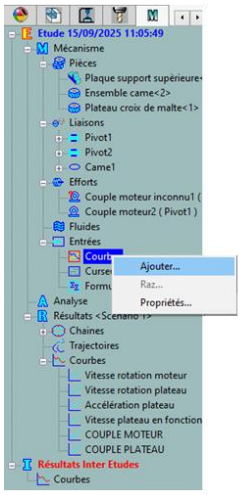
Affichage des courbes d'effort :

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.

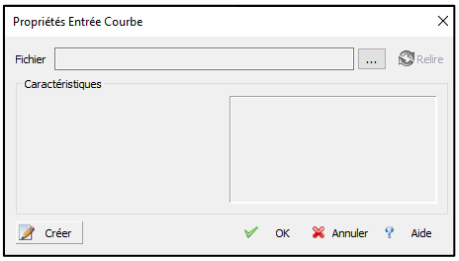
Compléments pour un mouvement avec une courbe en entrée :

Ajouter une courbe en entrée :

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

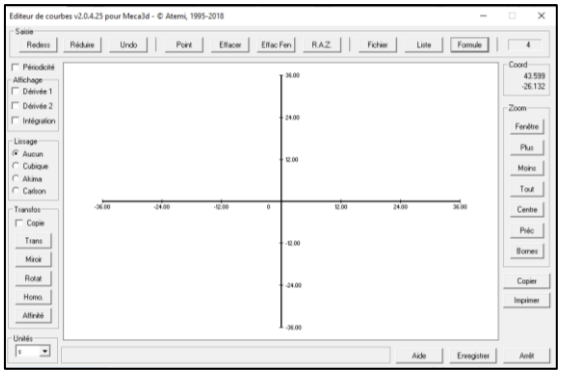


Une fenêtre apparaît. Il est possible de charger une courbe déjà faite ou d'en créer une nouvelle.



Cliquer sur « Créer ».

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

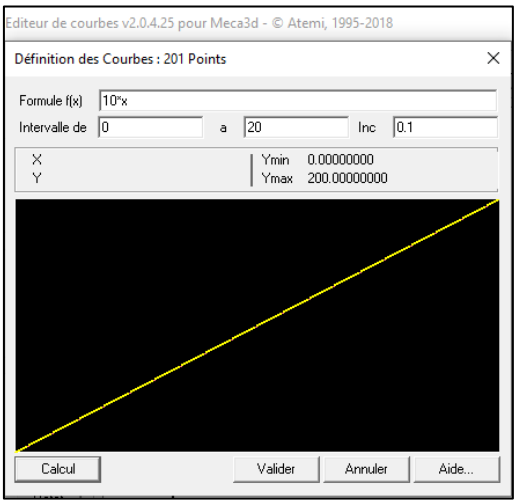


Il est possible de créer toutes sortent de courbes en utilisant les différents boutons présents sur la fenêtre.

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.

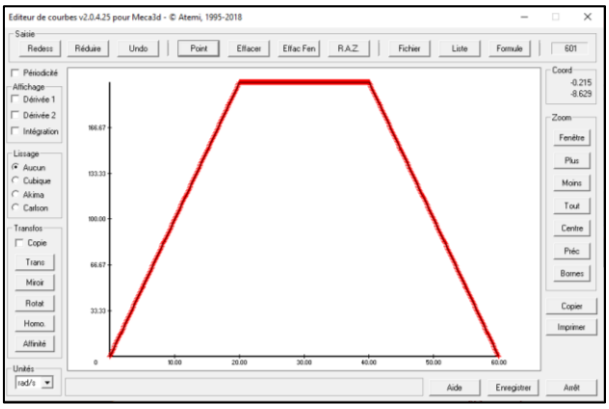
Appuyer sur « Calcul » pour visualiser l'allure de la courbe.

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.

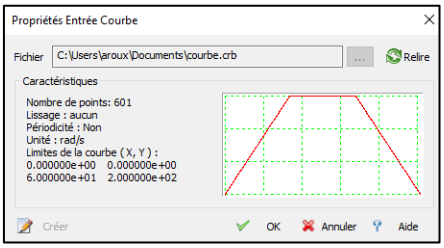


Sélectionner les unités sur le menu « Unités » en bas à gauche afin que la grandeur soit considérée correctement dans la suite de l'étude.

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.

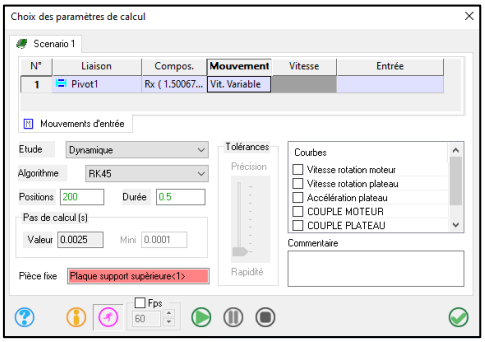
Remarque : Les unités de la grandeur tracée peuvent également être vérifiées sur cette fenêtre.

Lancer l'analyse.

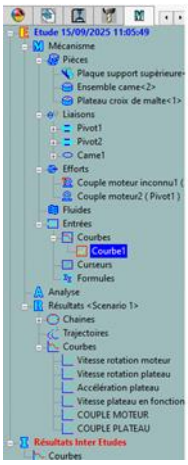
Choisir le type d'étude : *Cinématique, Statique ou Dynamique.*

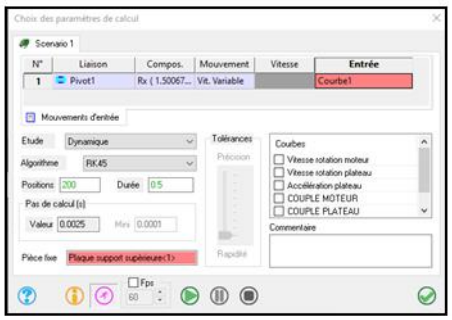
Choisir le mouvement pilote (entrée du système).

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.