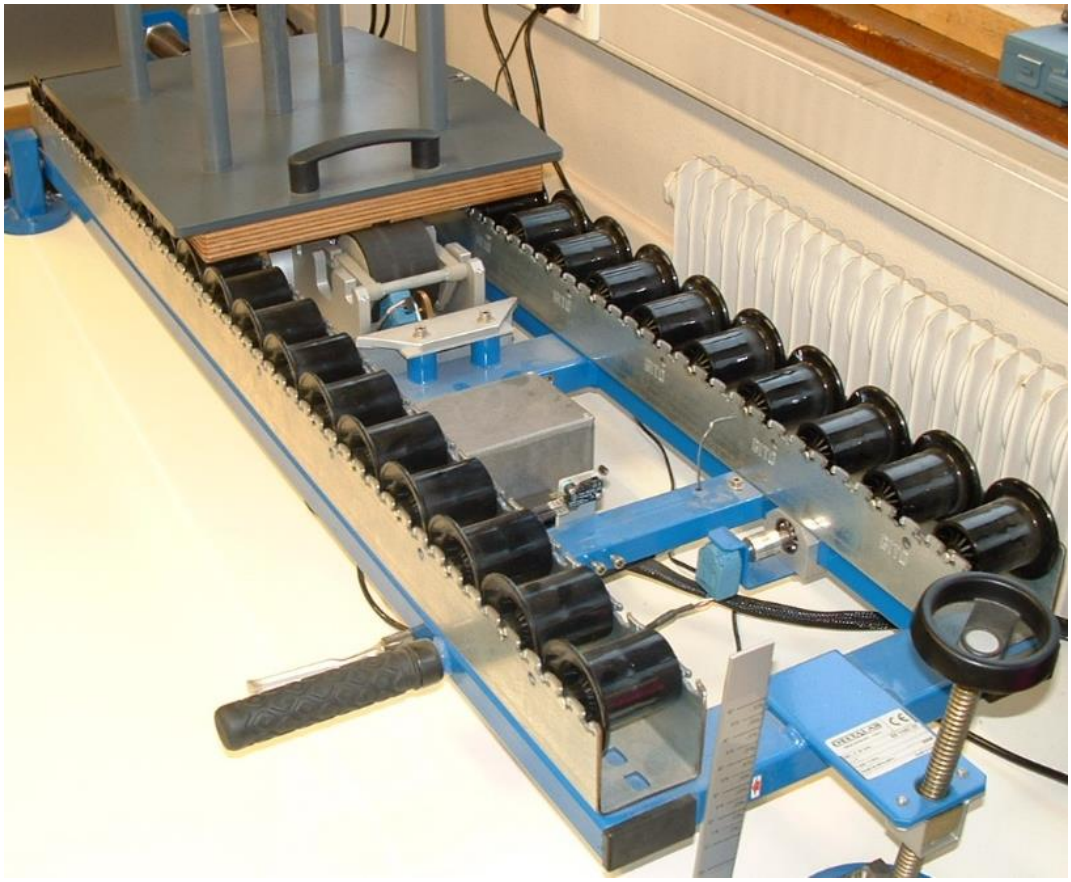
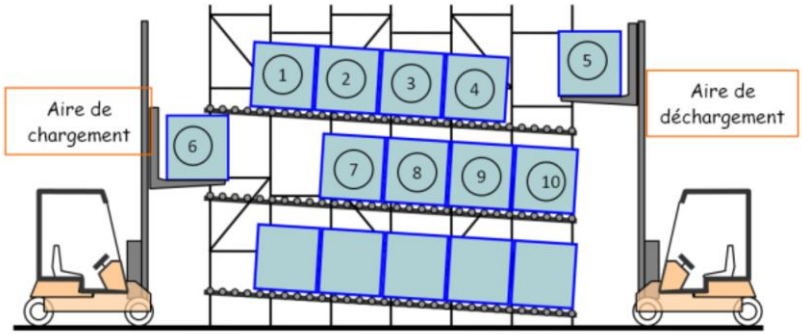
GALET FREINEUR

DOSSIER RESSOURCE



PRESENTATION DU SYSTEME

PRINCIPE DE STOCKAGE



- Les palettes sont déposées sur des couloirs à galets, inclinés côté AIRE DE CHARGEMENT (palette 6 de la figure).
- Si le couloir est vide, la palette dévale la pente et arrive en butée (position de la palette 9 de la figure).
- Les palettes suivantes empruntent le même chemin et viennent buter sur la palette précédente pour former une file d'attente (la palette 8 vient en butée sur la 9, la 7 sur la 8, la 6 sur la 7).
- Pour décharger une palette, par exemple la 4, on libère la butée qui retient la 4 en bloquant la palette 3, la palette 4 vient en butée en bout de couloir (à la verticale de 10). Il ne reste plus qu'à saisir la palette du côté AIRE DE DÉCHARGEMENT. Ceci est illustré par la palette 5.

La vitesse des palettes en descente gravitaire dans des couloirs de stockage dont la pente est de **3.5 %** s'accélère naturellement au cours de leur parcours. D'autre part, les palettes ont des masses pouvant atteindre **1200 kg**. Lorsque le couloir est vide, la première palette parcourt toute la longueur du couloir (qui peut atteindre 10 m) avant de rencontrer une butée. On conçoit assez aisément que laisser une palette aussi massive prendre une vitesse incontrôlée constitue un danger important pour les personnes évoluant autour de la zone de stockage.

MODE D'ACTION DU GALET FREINEUR

Le galet R7500 est un **frein centrifuge.** Il régule à 0,3 m/s maxi une large gamme de charges de **50 kg à 1200 kg** sous une pente adaptée à la charge (en général **3,5 %**) soit une pente de 2°.

La fonction principale de ce mécanisme est donc de **réguler** la vitesse, ou encore de **stabiliser** la vitesse gravitaire de déplacement des charges transportées (marchandises, palettes...).

Sa fabrication est prévue à une cadence horaire de 40 à 120 unités. Chaque série est fabriquée par lots de 500 unités.

PRESENTATION DE LA MAQUETTE DIDACTISEE DU LABORATOIRE

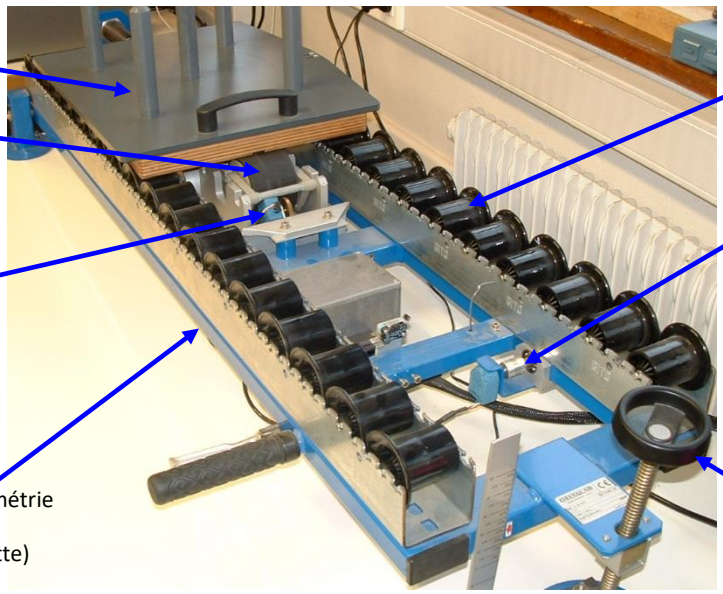
CONSTITUTION

La maquette du laboratoire permet de recréer les conditions d'une installation de stockage à l'aide :

- d'une plate-forme d'inclinaison de 0° à 6° réglable par pas de 1°,
- d'un tronçon de couloir de stockage, de 1300 mm de longueur, constitué de deux rails à plusieurs galets porteurs (libres en rotation) et équipé d'un seul galet freineur type 7500,
- d'une palette permettant de placer différentes masses de 1 kg (5 emplacements de 10 kg = 50 kg).

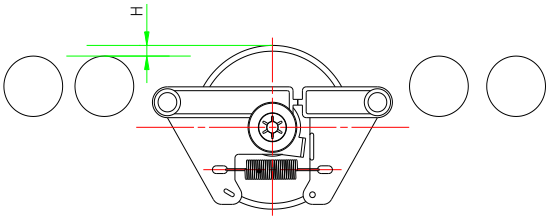
Plusieurs capteurs sont mis en œuvre afin d'évaluer les performances du galet freineur en fonctionnement :

- un capteur de type « codeur optique incrémental » mesurant la position et la vitesse angulaire du tambour extérieur du galet freineur par rapport à la plate-forme,
- un capteur de type « codeur optique incrémental » mesurant la position et la vitesse linéaire de la palette par rapport à la plate-forme,
- un capteur de type « à jauges d'extensométrie » mesurant les efforts normaux et tangentiels au contact palette/galet.



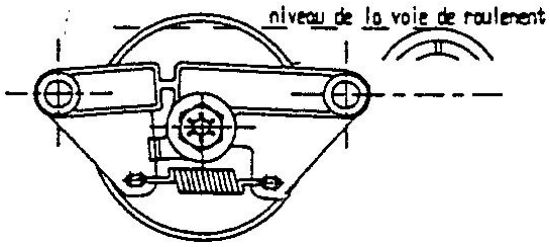
DIFFERENTES POSITIONS DU GALET FREINEUR (AU REPOS ET EN TRAVAIL)

Le galet freineur est inséré au milieu des deux rails à plusieurs galets porteurs (libres en rotation) du couloir de stockage. Il dépasse du plan de roulement d'une hauteur H pour assurer l'enfoncement du galet et ainsi une tension dans les ressorts 10.

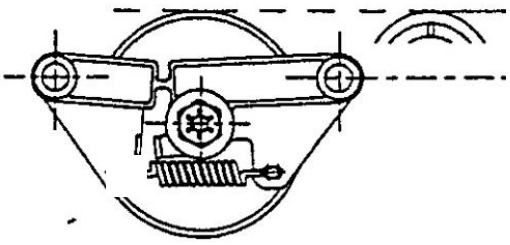


Cette tension est nécessaire pour maintenir un effort presseur suffisant entre la palette et le galet. Nous verrons que cet effort est indispensable pour assurer un contact palette tambour sans glissement.

Galet freineur en position repos.

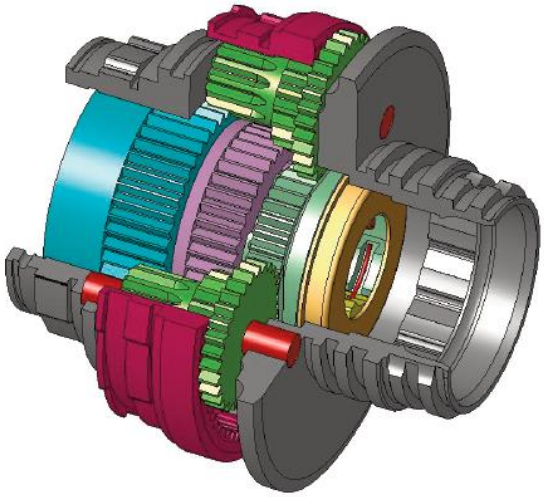


Galet freineur en position travail.



REDUCTEUR A TRAIN EPICYCLOÏDAL

FONCTION



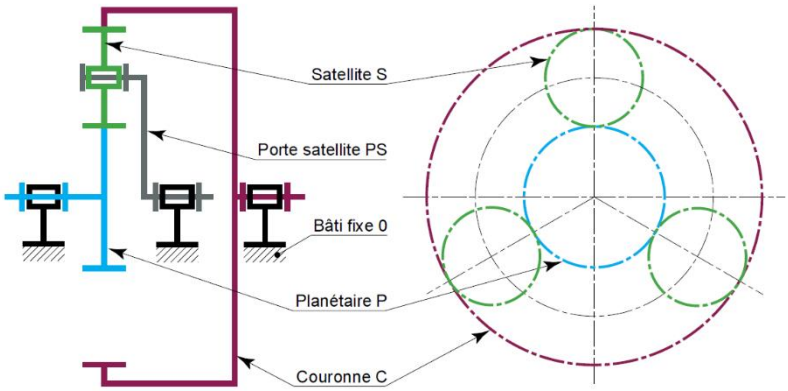
Un réducteur à train épicycloïdal est un mécanisme qui réalise une transmission de puissance mécanique de rotation entre deux arbres parallèles ou perpendiculaires, avec changement du couple et de la vitesse. Le réducteur est qualifié de « train épicycloïdal » car, au cours du fonctionnement, une ou 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

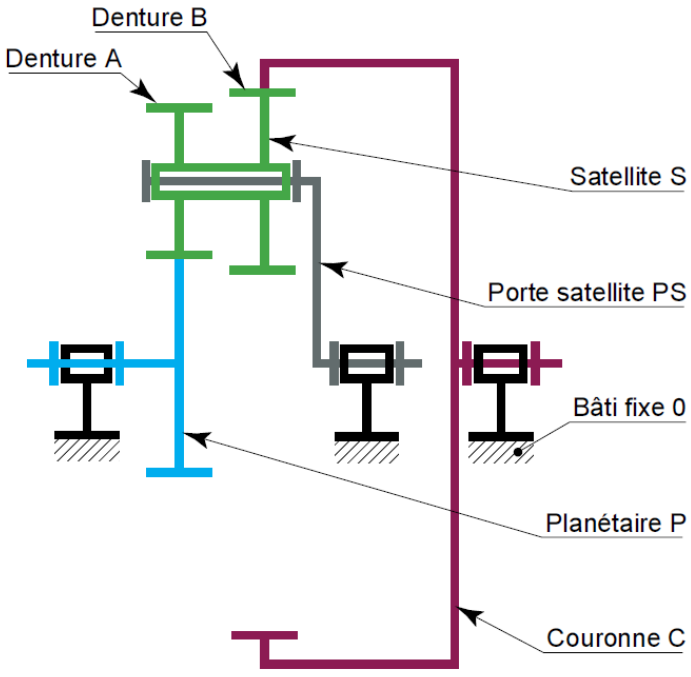
On note Z_P, Z_S et Z_C les nombres de dents respectifs du planétaire P, du satellite S et de la couronne C.
Une étude de la composition des mouvements associée au calcul de la raison du train d'engrenage permet d'aboutir à la formule de Willis :

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

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.



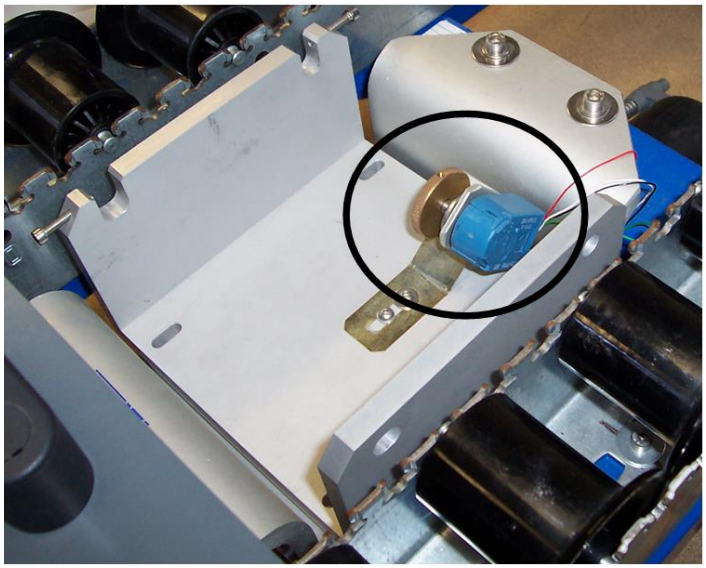
La formule de Willis s'écrit dans ce cas :

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

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

CAPTEURS

MESURE DE LA POSITION ET DE LA VITESSE GALET ET DE LA PALETTE



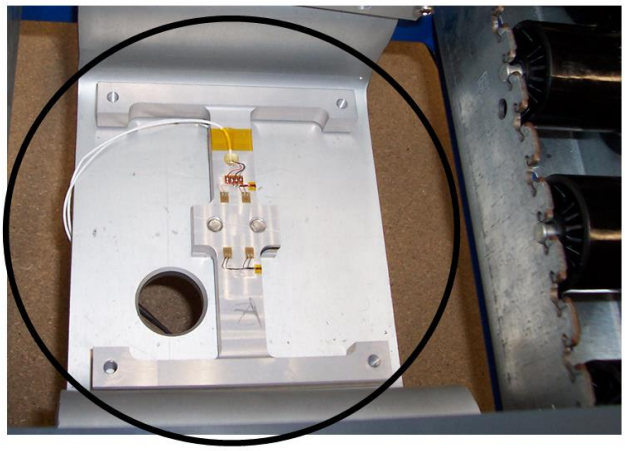
Explication du fonctionnement

La mesure de la vitesse de rotation du tambour du galet et de la vitesse de déplacement de la palette se fait par des codeurs optiques incrémentaux qui améliorent de manière sensible la fiabilité et la précision de la chaîne de mesure par rapport aux classiques génératrices tachymétriques (ces dernières génèrent des signaux très instables et ne permettent pas de remonter, par intégration, de façon fiable à la position plateau et à la position galet). Ce type de capteur permet d'obtenir des précisions de l'ordre de 2/10^{e} mm pour le déplacement plateau et 5/1000^{e} degrés pour le déplacement angulaire.

Le fonctionnement de ce capteur repose sur une technologie optique. Il est composé de deux disques de 500 trous. Un faisceau éclaire le disque, quand il est obturé, le capteur sort un signal de 0 V, quand il débouche de 5 V. En sortie capteur, on obtient donc un signal carré pour chaque disque. Les deux disques sont en quadrature l'un par rapport à l'autre afin d'obtenir des signaux carrés déphasés de $\pi/2$. L'avance ou le retard du signal du deuxième disque fournit ainsi le sens de rotation.

MESURE DES COMPOSANTES NORMALE ET TANGENTIELLE DE L'EFFORT

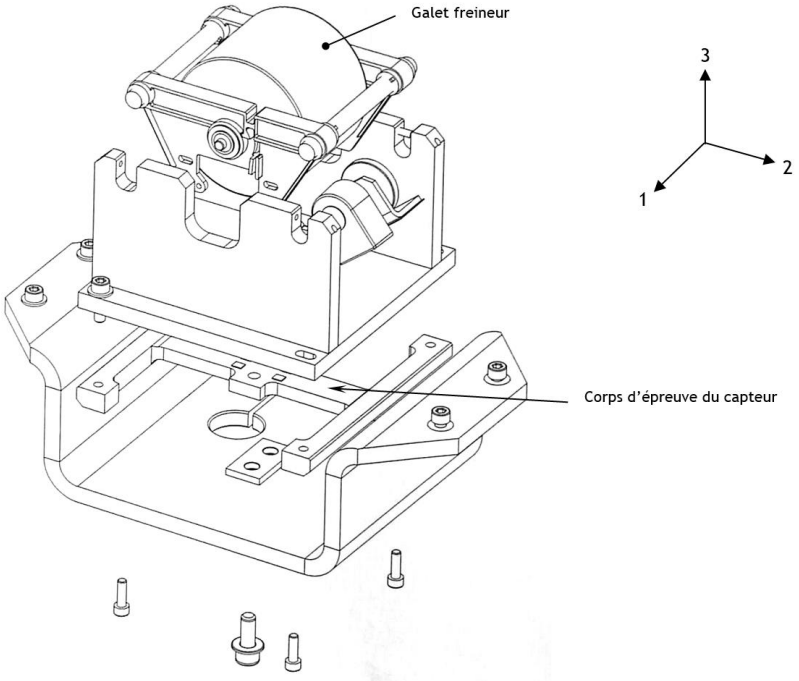
En soulevant la plaque sur laquelle le capteur de rotation est fixé, il apparaît une structure métallique en forme de « I » sur laquelle ont été collées des jauges de déformation.



Cette structure constitue le capteur des efforts normal et tangentiel.

Explication du fonctionnement

La forme du capteur a été déterminée suivant les efforts choisis N et T (Normal et Tangentiel). Sur ce capteur sont positionnées quatre jauges permettant de relever les déformations (voir ci-après). Les caractéristiques dimensionnelles du « I » sont fournies à la fin de ce document. La figure ci-après situe l'emplacement du capteur bi-composantes dans le mécanisme.



Une cale est positionnée entre le support galet et le capteur par l'intermédiaire de deux vis en acier pour permettre le maintien du capteur par rapport à la cassette et quatre autres vis en Inox pour le maintien du support galet. Cette cale permet au capteur de se déformer librement sur une course de 1 mm, la butée de fin de course étant réalisée par le fond de la cassette (nécessaire pour le cas où le capteur se déformerait trop).

Le capteur a été dimensionné afin qu'il puisse détecter un effort de 200 N suivant l'axe normal (3) et 200 N suivant l'axe transversal (2). Pour cela, on est parti d'une géométrie d'un capteur existant dimensionné pour un effort normal maximum de 500 N et un effort transversal maximum de 350 N afin de limiter au maximum les coûts de réalisation du nouveau capteur et de se baser sur une conception qui a fait ses preuves, tant du point de vue de la linéarité que de celui de la solidité.

La géométrie de ce capteur est présentée à la fin de ce document.

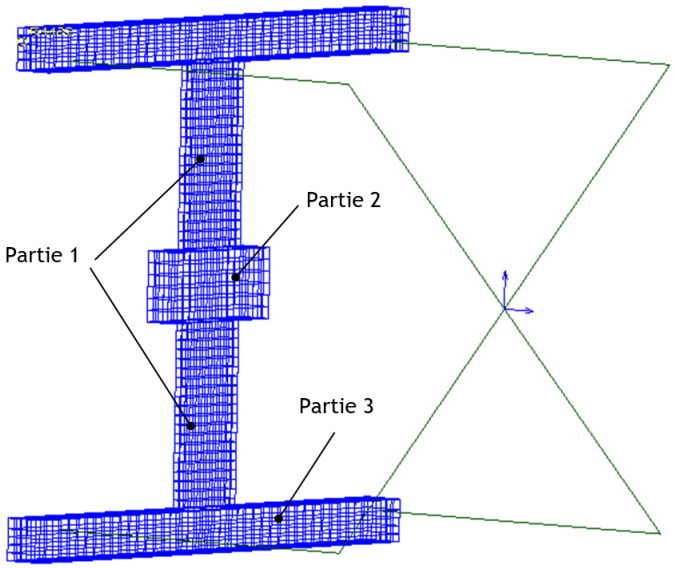
Si les jauges sont placées comme prévu par l'étude effectuée, des déformations nulles pour le câblage tangentiel seront obtenues si le chargement est uniquement normal (N) et inversement pour le câblage normal si le chargement est uniquement tangentiel (T).
Ce capteur est alors **parfaitement découplé**, ce qui facilite grandement le processus d'étalonnage du capteur.

La détermination des efforts N et T à partir des signaux des jauges de déformation nécessite donc un étalonnage préalable du capteur. Cet étalonnage est réalisé sur un montage spécifique avec un mât placé au centre du capteur qui permet de soumettre l'ensemble à un effort normal pur (dans ce cas : T = 0) ou tangentiel pur (dans ce cas : N = 0).

Le matériau utilisé est un alliage d'aluminium de limite d'élasticité 600 MPa, un coefficient de Poisson de 0,33 et un module de Young de 70 000 MPa.

Maillage pour étude des déformations et des contraintes par un logiciel de type « éléments finis »

Le maillage du capteur a été effectué sur une conception plus simple que la conception finale (par exemple les trous et les raccords entre les surfaces ne sont pas représentés). De plus, des poutres rigides, qui empêchent toute rotation, ont été rajoutées, afin de respecter le point d'application du chargement. La figure ci-après présente le maillage.



Le dimensionnement de ce capteur a été réalisé en adaptant l'épaisseur de la partie 1 aux nouveaux efforts maximums dimensionnant.

La nouvelle épaisseur de la partie centrale, après prise en compte des nouvelles amplitudes des efforts appliquées, est de 5,5 mm.

Résultats du calcul éléments finis

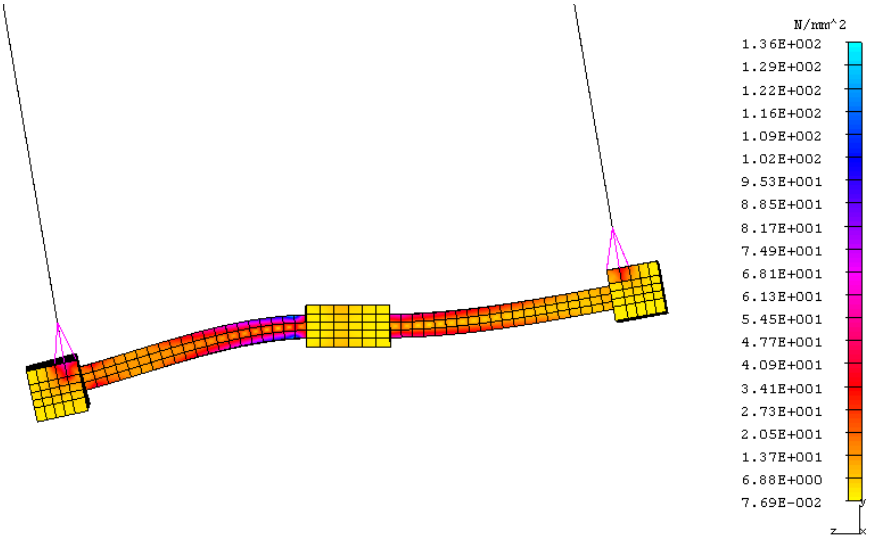
Pour cette épaisseur, les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

Chargement	Contrainte maximale	Déformation maximale sur l'axe des jauges
Normal de 200 N	30 MPa	± 370 µdef
Transversal de 200 N	75 MPa	± 1070 µdef
Somme des précédents	105 MPa	± 1400 µdef

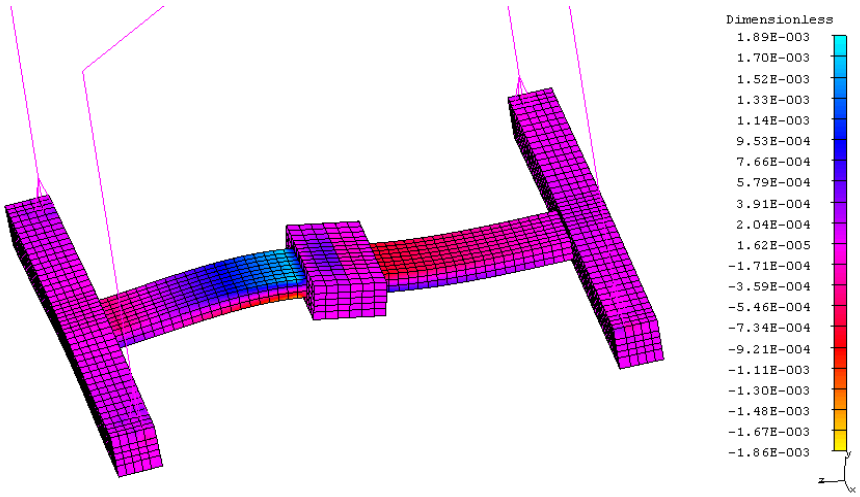
Les trois figures ci-après présentent respectivement dans le cas du chargement le plus défavorable, c'est-à-dire dans le cas d'un chargement de 200 N en normal et 200 N

en transversal, la répartition des contraintes de Von Mises, des déformations suivant l'axe des jauges et le déplacement vertical.

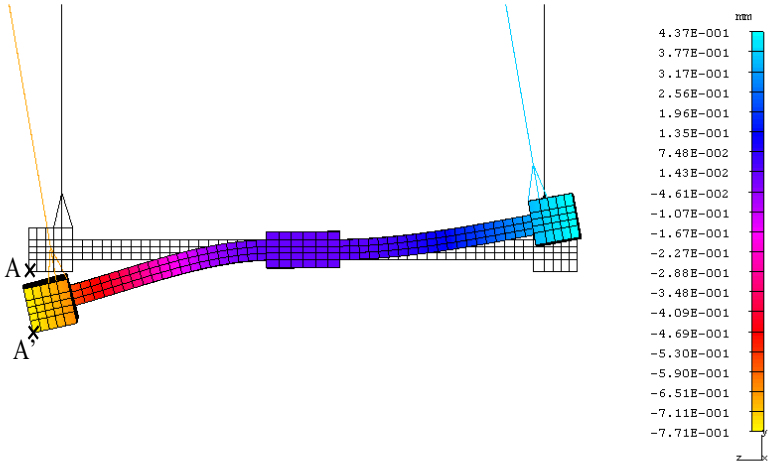
Le déplacement maximum calculé est de 0,77 mm. Il est situé sur l'extrémité du capteur (point A).



Répartition des contraintes de Von Mises dans le capteur



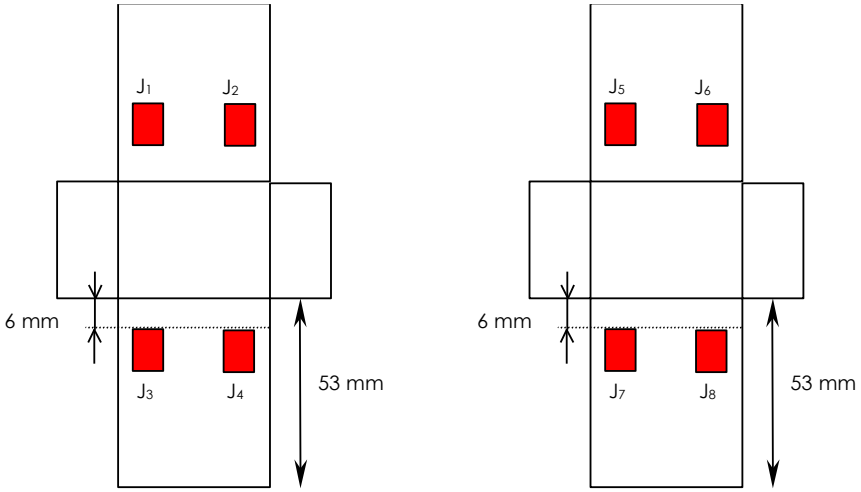
Répartition des déformations suivant l'axe des jauges



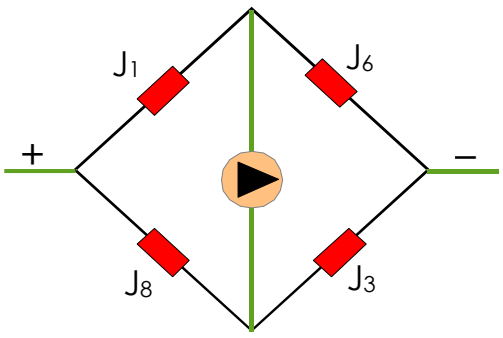
Composante verticale du déplacement

Position des jauges et câblage de celles-ci

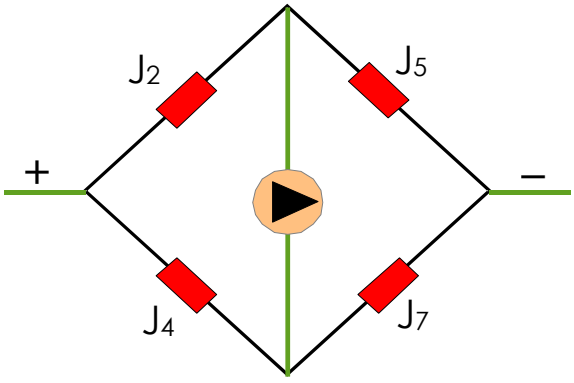
Au niveau du câblage, les jauges seront disposées de la même manière que pour le capteur précédent. Les figures ci-dessous représentent ce câblage :



Câblages de la face supérieure et de la face intérieure



Câblage pont normal



Câblage pont tangentiel

On réalise le câblage des jauges J_1, J_3, J_6 et J_8 en pont normal pour avoir le maximum de déformations lors du chargement normal : dans ce cas $\varepsilon_{max} = J_1 - J_6 + J_3 - J_8$

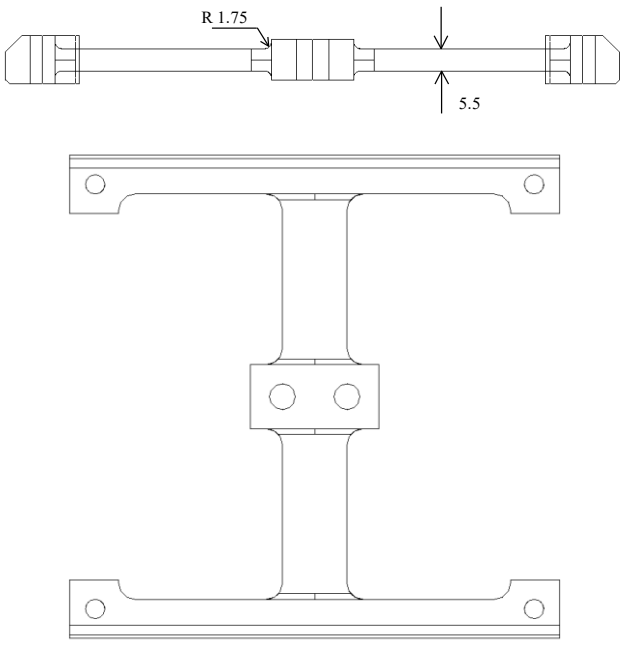
On réalise le câblage des jauges J_2, J_4, J_5 et J_7 en pont tangentiel pour avoir le maximum de déformations lors du chargement tangentiel : dans ce cas $\varepsilon_{max} = J_2 - J_5 + J_7 - J_4$

En câblant de cette manière, nous obtiendrons des déformations nulles pour le câblage tangentiel si le chargement est uniquement normal, et, inversement, des déformations nulles pour le câblage normal si le chargement est uniquement tangentiel.

De plus, si les deux chargements sont en action, les deux câblages permettront de récupérer les déformations pour chacune des directions. Les résultats seront déjà découplés.

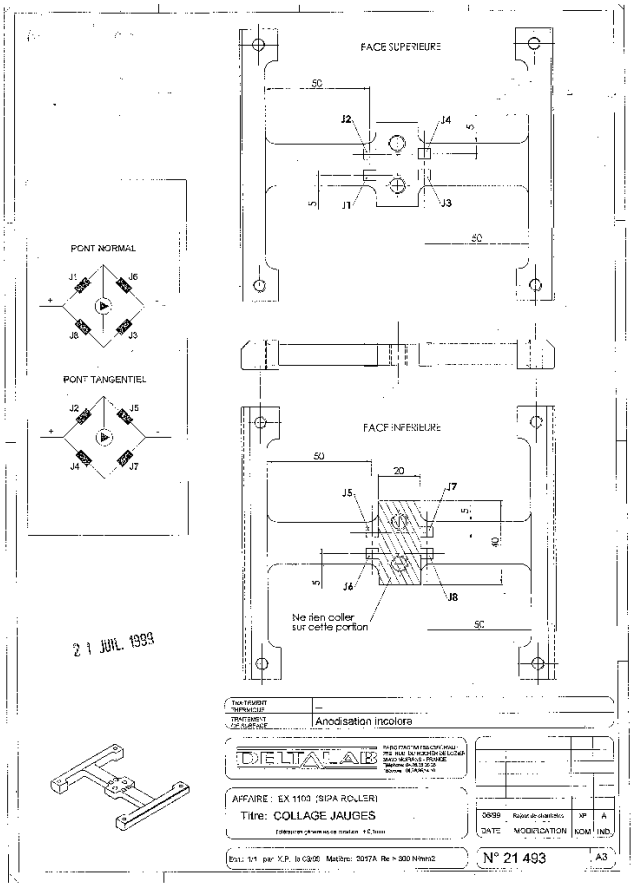
Montage et étalonnage

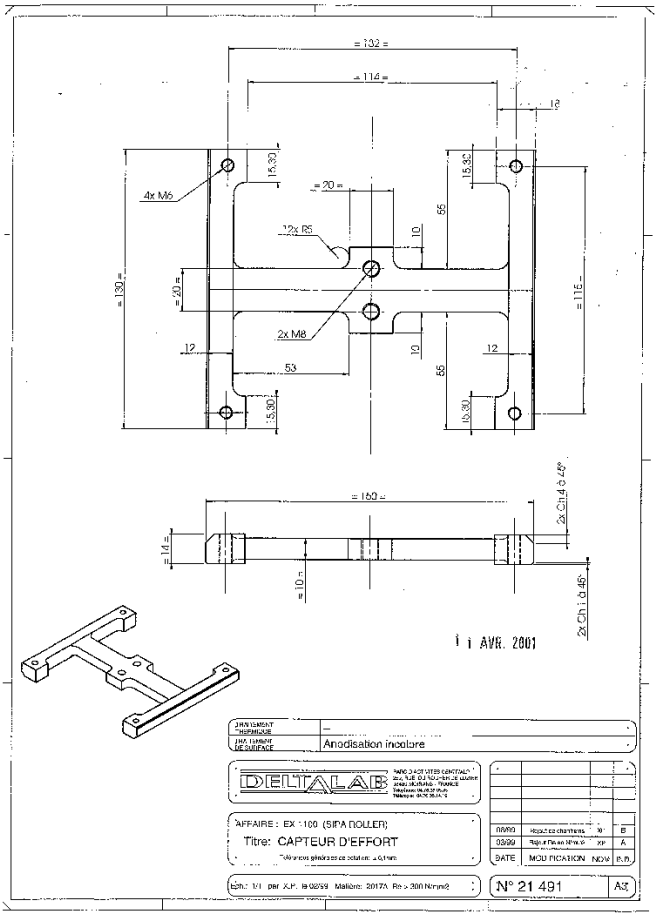
La réalisation du capteur pourra être obtenu en modifiant uniquement l'épaisseur de la partie 1 de l'ancien capteur à 5,5 mm comme l'indique la figure ci-dessous. Les dimensions de la partie 2 n'étant pas modifiées, la cale permettant de positionner le capteur sur le bâti devra être réutilisée. Cette cale permettra de laisser le capteur se déformer librement sur 1 mm, puis servira de butée au cas où le capteur se déformerait plus.



Géométrie finale du nouveau capteur

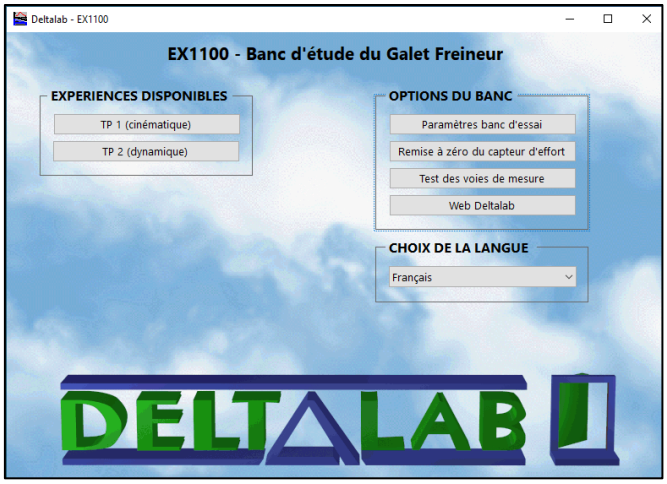
L'étalonnage des jauges est réalisé en appliquant le chargement à une distance de 105 mm.


FACE SUPERIEURE
50
J2
J4
5
J1
J3
50
PONT NORMAL
J1
J6
J8
J3
PONT TANGENTIEL
J2
J5
J4
J7
FACE INFERIEURE
50
20
J5
J7
5
40
J6
J8
Ne rien coller sur cette portion
50
2 1 JUIL. 1999
Anodisation incolore
DELTALAB
AFFAIRE : EX 1100 (SIPA ROLLER)
Titre: COLLAGE JAUGES
N° 21 493
A3

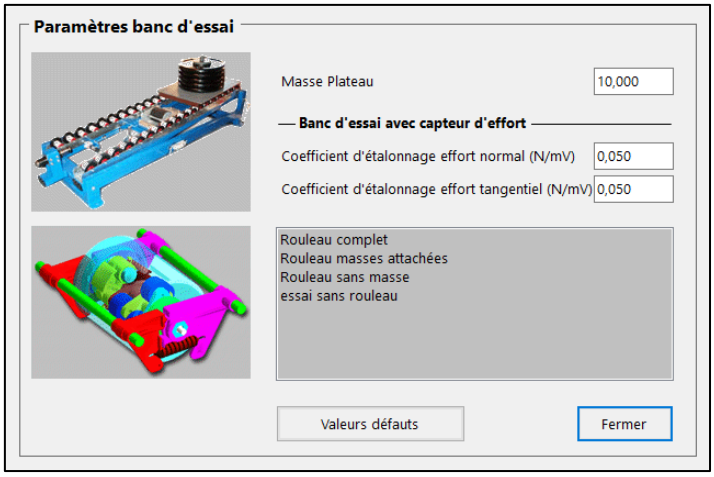

= 132 =
= 114 =
12
15,30
4x M6
= 20 =
15,30
12x R5
10
55
= 130 =
= 50 =
= 116 =
2x M8
12
10
12
53
55
15,30
15,30
= 160 =
2x Ch 1 x 45°
= 14 =
= 10 =
2x Ch 1 x 45°
1 1 AVR. 2001
Anodisation incolore
DELTALAB
AFFAIRE : EX 1100 (SIPA ROLLER)
Titre: CAPTEUR D'EFFORT
N° 21 491
A3

UTILISATION DU LOGICIEL

Ouvrir le logiciel **EX 1100**.

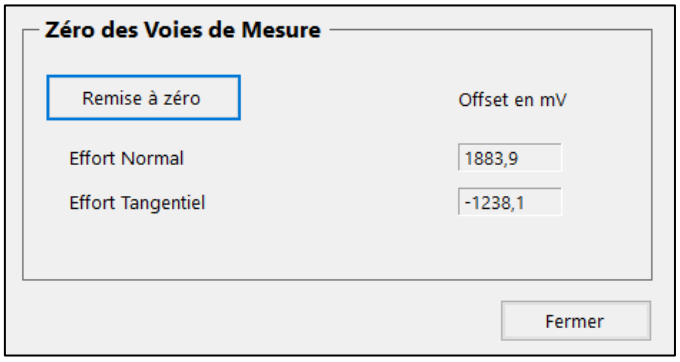


Sur la page d'accueil, cliquer sur « ***Paramètres du banc d'essai*** ».



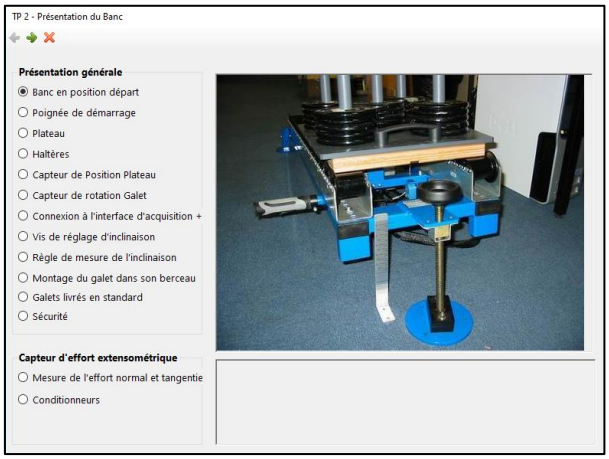
Régler la masse du plateau à 10 kg et vérifier que les autres paramètres soient en accord avec la capture d'écran au-dessus.

Sur la page d'accueil, cliquer sur « ***Remise à zéro du capteur d'effort*** ».



Cliquer sur le bouton « ***Remise à zéro*** ».

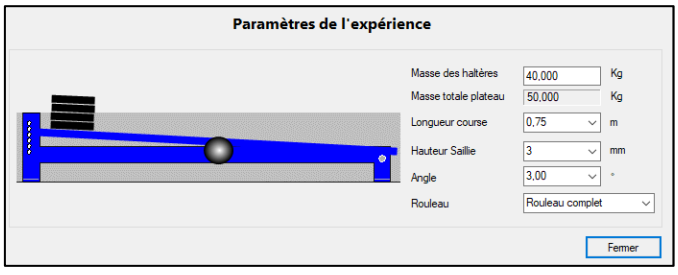
Sur la page d'accueil, cliquer sur « ***TP2 (dynamique)*** ».



Parcourir les différents items pour analyser l'ensemble du mécanisme et des mesures possibles.

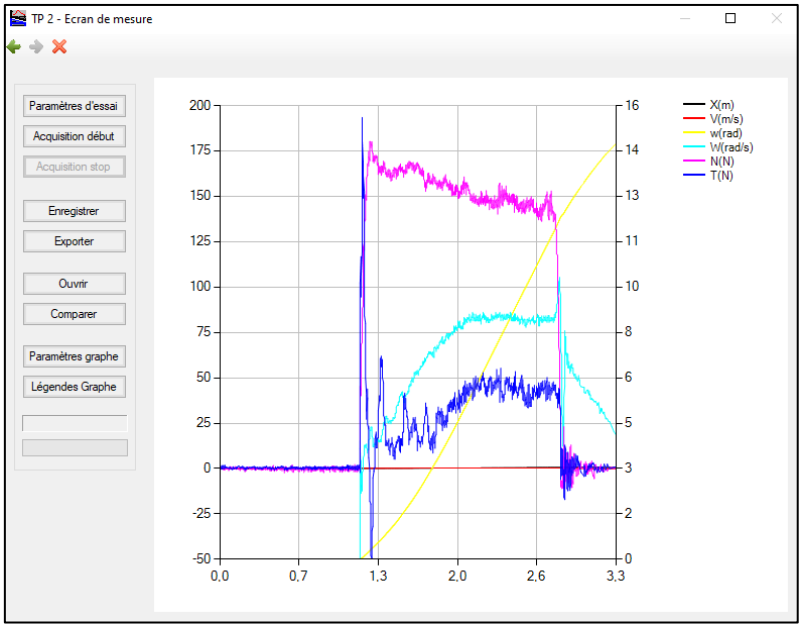
Cliquer sur la flèche verte pour accéder à l'écran de mesure.

Cliquer sur « ***Paramètres d'essai*** » pour accéder au menu des paramètres de l'expérience :



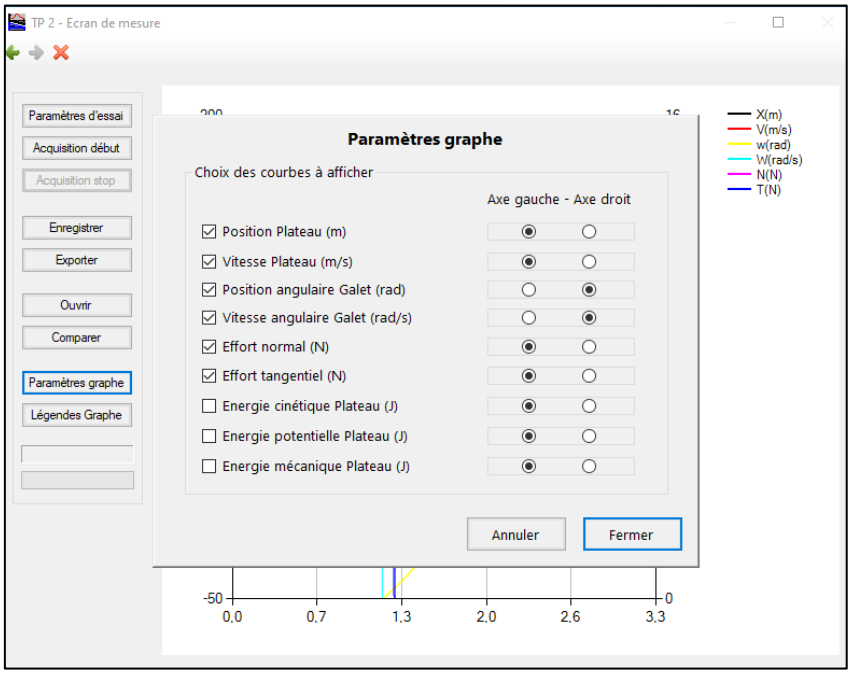
Rentrer les paramètres de l'expérience à réaliser et fermer la fenêtre.

Cliquer sur « ***Acquisition début*** » puis lancer la manipulation en actionnant la poignée sur le banc de mesure.



Les courbes apparaissent ensuite sur la fenêtre. Il est possible de les exploiter et modifier des paramètres d'affichage, de les enregistrer et de les exporter au besoin.

En cliquant sur « ***Paramètres graphe*** », il est possible de choisir les courbes à afficher.



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_GALET_FREINEUR.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.

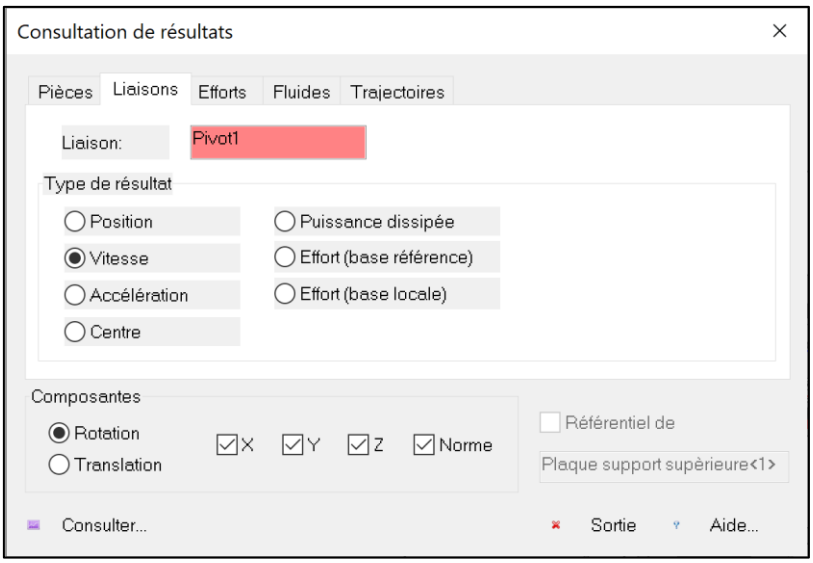
Exécuter le programme. Les courbes se tracent automatiquement.

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.

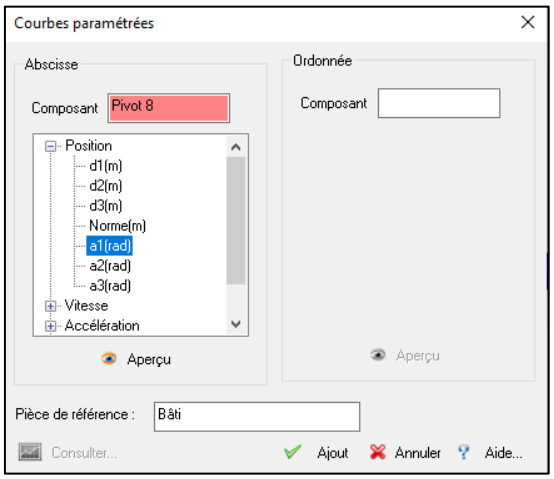
Remarque : Il est possible de conserver la courbe en faisant les mêmes étapes dans l'onglet « *Courbes* ».

Afficher une courbe paramétrée

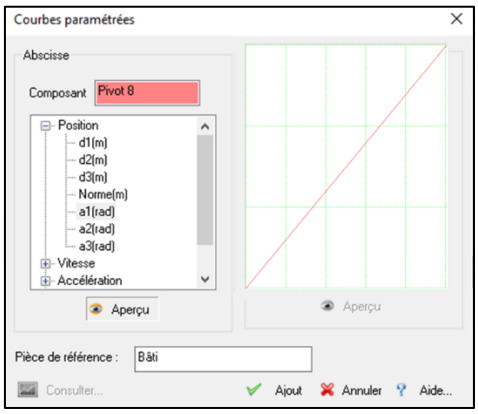
- Cliquer droit sur « *Résultats <Scénario 1>* » puis « *Courbes* » et choisir « *Paramétrées …* ».

- 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* ».

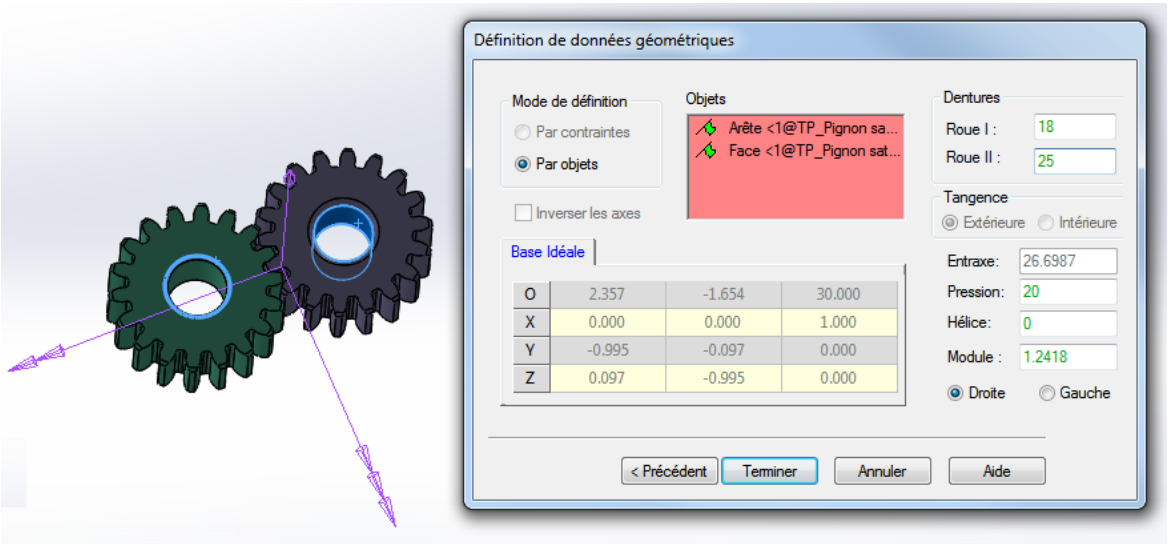
Compléments pour les liaisons engrenage :

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.

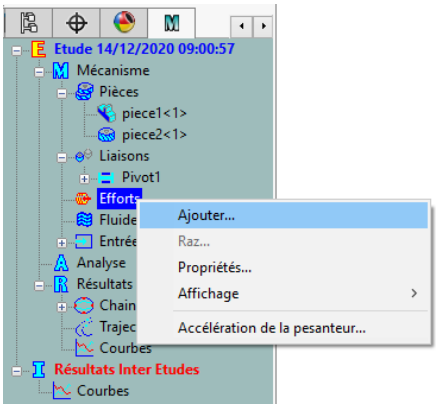


Remarque : La roue I correspond à la première pièce saisie.

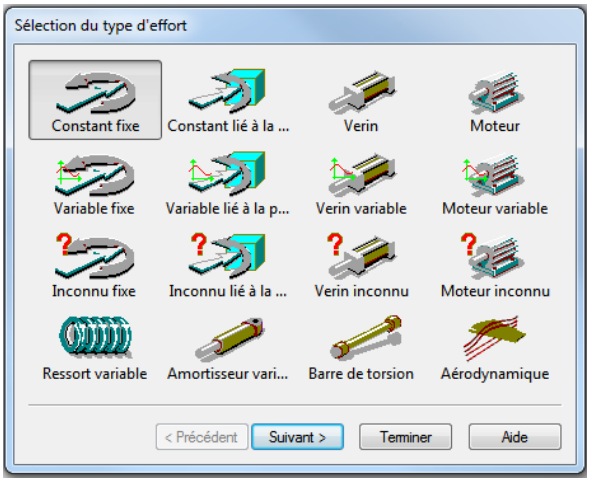
Compléments pour l'étude statique/dynamique :

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

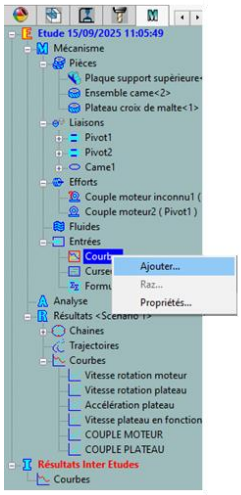
Affichage des courbes d'effort :

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.

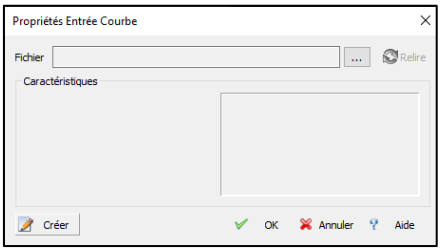
Compléments pour un mouvement avec une courbe en entrée :

Ajouter une courbe en entrée :

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

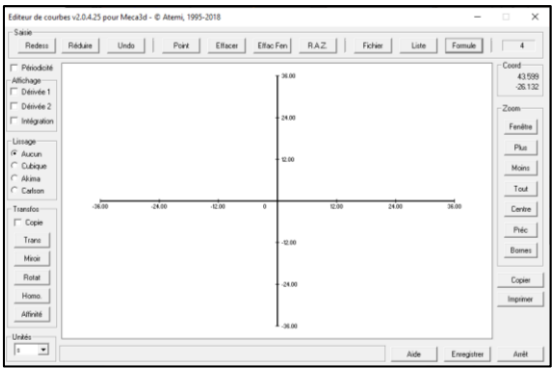


Une fenêtre apparaît. Il est possible de charger une courbe déjà faite ou d'en créer une nouvelle.



Cliquer sur « Créer ».

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

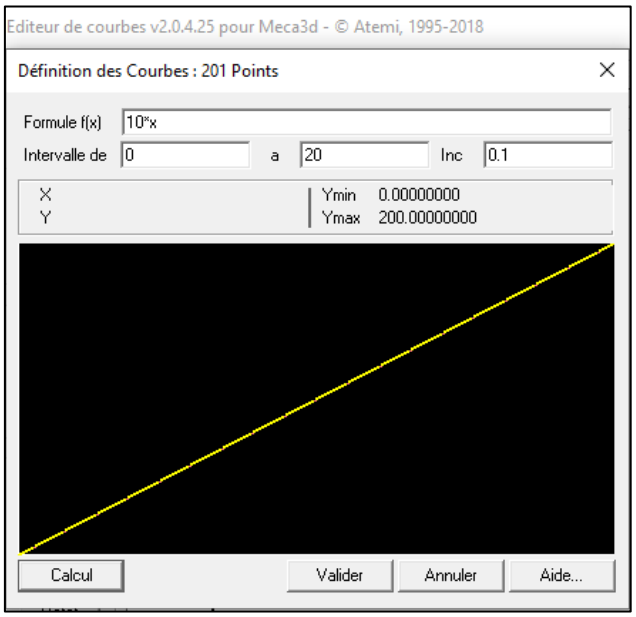


Il est possible de créer toutes sortent de courbes en utilisant les différents boutons présents sur la fenêtre.

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.

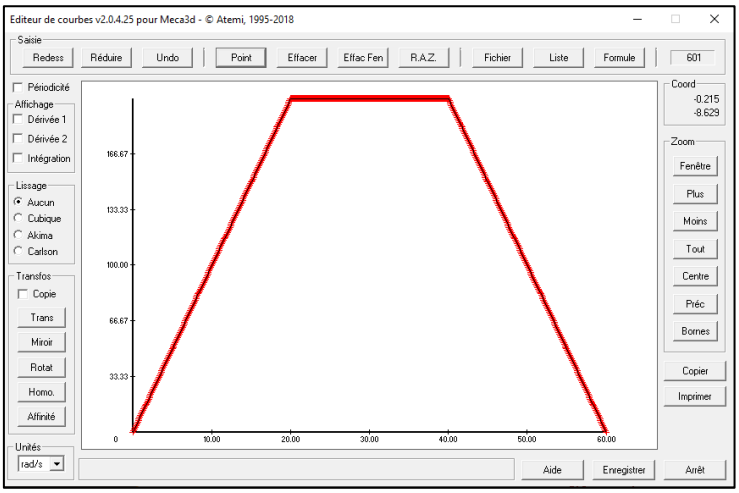
Appuyer sur « Calcul » pour visualiser l'allure de la courbe.

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.

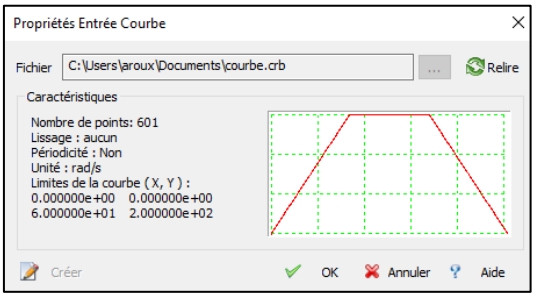


Sélectionner les unités sur le menu « Unités » en bas à gauche afin que la grandeur soit considérée correctement dans la suite de l'étude.

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.

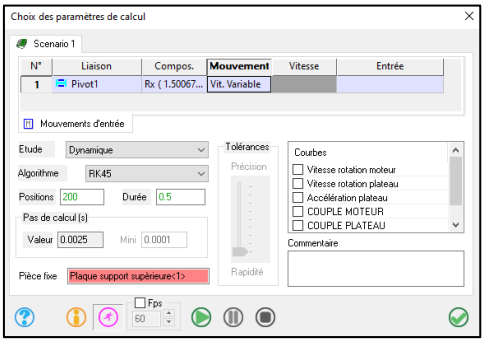
Remarque : Les unités de la grandeur tracée peuvent également être vérifiées sur cette fenêtre.

Lancer l'analyse.

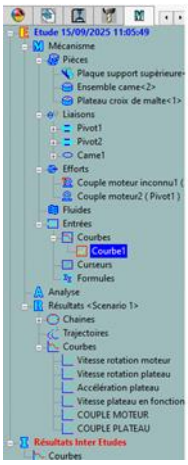
Choisir le type d'étude : *Cinématique, Statique ou Dynamique.*

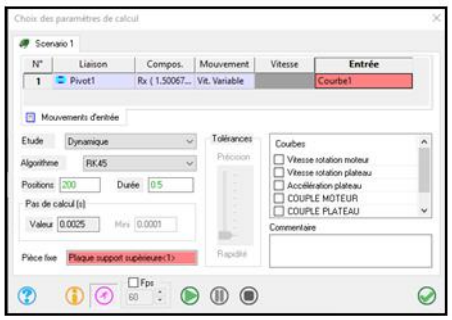
Choisir le mouvement pilote (entrée du système).

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.