ministère
éducation
nationale
jeunesse
vie associative

EFE GME 1
Repère à reporter sur la copie

SESSION 2012

CAPLP
CONCOURS EXTERNE
ET CAFEP

Section : GÉNIE MÉCANIQUE

Options **MAINTENANCE DES SYSTEMES MECANIQUES AUTOMATISÉS**
MAINTENANCE DES VÉHICULES, MACHINES AGRICOLES, ENGINS DE CHANTIER

ÉPREUVE DE SYNTHÈSE

Durée : 5 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : *Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.*

Tournez la page S.V.P.

THÈME :

RECTIFIEUSE POUR DISQUES DE FREIN

Ce sujet est la propriété du candidat et ne doit pas lui être repris, même partiellement, au cours de l'épreuve. Il fournit toutes les indications nécessaires au travail demandé

CONVENTION DE NOTATION : LES VECTEURS SERONT REPRÉSENTÉS EN CARACTÈRES GRAS, NON SURMONTÉS DE FLÈCHES

Matériel autorisé :

- Tous les instruments usuels du dessinateur ;
- Les calculatrices électroniques de poche, y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique, à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante.

Documents remis au candidat :

- Présentation et sujet
- Documents techniques DT1 à DT13 ;
- Dossier ressource : documents DRes1 à DRes 3 ;
- Documents réponses : DR1 à DR5 ;

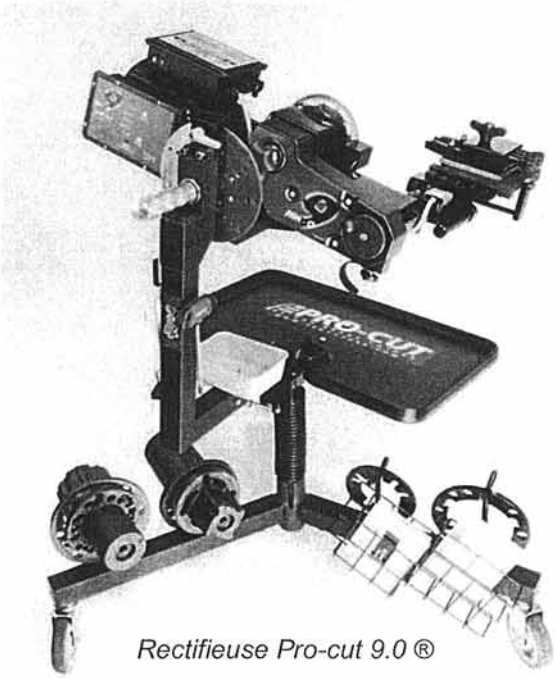
(à rendre obligatoirement en fin d'épreuve).

Aucun autre document n'est autorisé.

Pour résoudre les questions posées, le candidat est invité à formuler toutes les hypothèses jugées nécessaires.

DOSSIER PRESENTATION et QUESTIONNAIRE

Rectifieuse pour disques de frein



Rectifieuse Pro-cut 9.0 ®

PRO-CUT
ROTOR MATCHING SYSTEMS

Ce dossier comporte 9 pages :

- Mise en situation et présentation pages 1 et 2

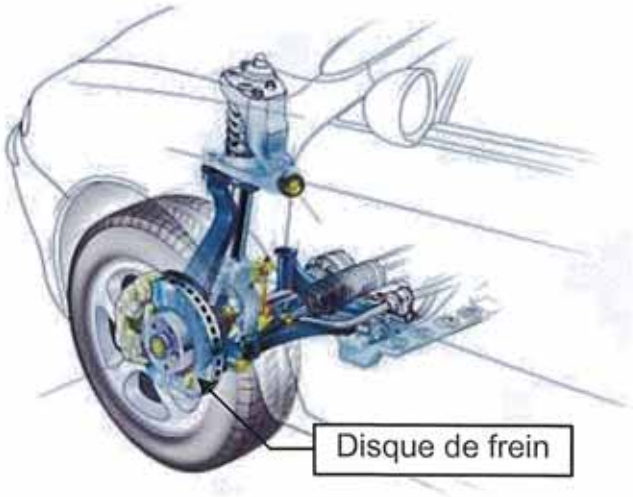
Partie 1 : Découverte du mécanisme pages 3 et 4
- Correction due à un défaut angulaire
- Production d'un schéma cinématique
- Diagramme de flux de puissance
- Rôle du chariot

Partie 2 : Fonctionnement du module d'alignement, validations de choix pages 5 et 6
- Analyse du fonctionnement du correcteur
- Valeurs de corrections et choix du gyromètre

Partie 3 : Vérification de la capacité du moteur pages 7 à 9
- Vitesse d'avance
- Vitesse de coupe
- Calcul sur la puissance nécessaire au moteur

Présentation du problème

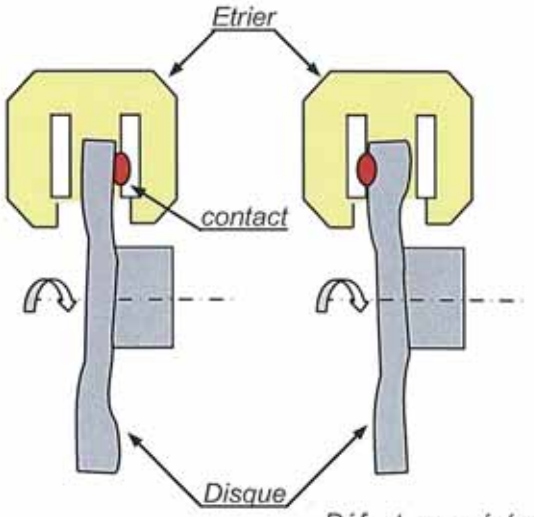
Lors du roulage d'un véhicule il peut apparaître des vibrations et bruits dus au système de freinage. Ces bruits de freinage peuvent provenir, à haute fréquence, de la vibration des garnitures de friction, ou à basse fréquence, du glissement saccadé des garnitures sur les disques, on les appelle alors martèlements ou broutements.



Le martèlement désigne des vibrations à basse fréquence (inférieure à 100 Hz) ressenties à travers la pédale de frein, ou le volant, au cours du freinage et lors des phases de roulage hors freinage.

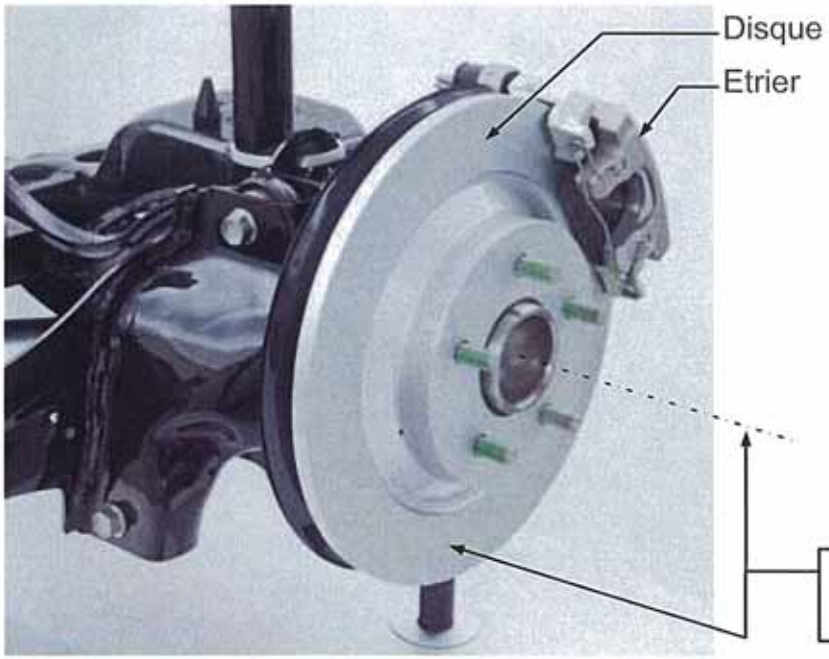
Ce martèlement peut avoir plusieurs origines :

- une épaisseur inégale du disque de frein (voir figure ci dessous). Les effets de cette inégalité sont ressentis lors du freinage lorsque elle excède 10 µm et deviennent inacceptables à 30 µm. Cette variation d'épaisseur est due à l'usure obtenue lors de freinages courts et intenses,
- des garnitures mal guidées dans leurs étriers,
- un défaut de positionnement du disque sur la fusée,
- un voile du disque (défaut de planéité de la surface de friction ou de perpendicularité avec l'axe de rotation),
- des bosses sur le disque provenant d'une augmentation de volume des grains dus à une transformation métallurgique lors de coups de freins prolongés (forte augmentation de la température),
- d'agrégats de rouille à la surface du disque.



Défauts exagérés

La conséquence est alors que, même sans action sur le système de freinage, le disque entre en contact alternativement avec les patins intérieurs et extérieurs de façon intermittente.



© Mazda

La majorité de ces anomalies peuvent être corrigées en maîtrisant le défaut entre la surface de friction du disque et son axe de rotation.
Ce défaut sera vérifié par un contrôle de battement entre la surface du disque de frein et l'axe du moyeu.

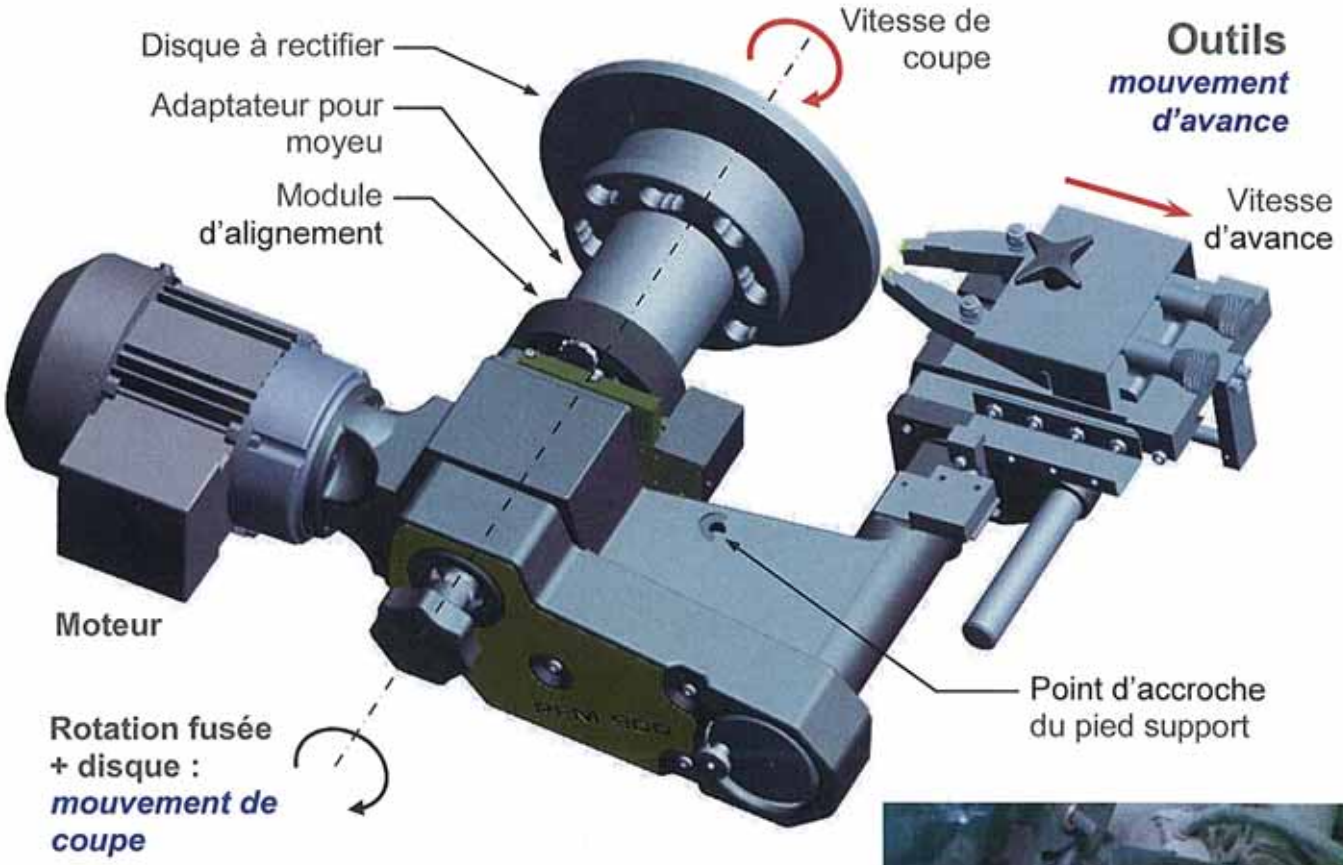
Principe de correction du voile des disques

La rectifieuse PFM 9.0 est présentée sur le plan d'ensemble **DT1**, ses spécifications techniques sur le document **DT4**.

La correction du voile et de la variation d'épaisseur des disques de véhicule avec cette rectifieuse ne nécessite pas la dépose du disque. Le montage d'adaptateurs spécifiques sur le moyeu en lieu et place de la roue permet d'utiliser la rectifieuse avec une grande variété de systèmes de freinage du parc automobile.

Montée sur son pied support à roulette (visible sur la page de garde du dossier), la rectifieuse est mise en place par l'opérateur, sur le disque à rectifier, a l'aide de l'adaptateur de moyeu représenté ci-contre. Le moteur de la rectifieuse permet de mettre en rotation l'ensemble {disque + fusée + train} et c'est alors que l'opérateur peut règler manuellement l'alignement de la machine avec l'axe du train roulant, puis l'ajustement de la tête de coupe au disque.
Une mesure du voile du disque est réalisée pour positionner les outils coupants.
L'usinage entièrement automatique est alors lancé selon les mouvements décrits sur la figure ci-dessous.

Adaptateur pour moyeu



La rectification se fait simultanément sur les deux faces. Elle permet de corriger les défauts de planéité du disque et de perpendicularité entre la fusée et le disque par usinage des deux surfaces de freinage.

La rectification simultanée des deux faces du disque

Sujet page 2

Problème technique posé :

Actuellement, le modèle VBG620 de 550 W est à réglage entièrement manuel. L'opérateur doit notamment réaliser le réglage de l'alignement de l'axe de broche de la rectifieuse avec l'axe de l'essieu portant la roue du véhicule.
L'objet de l'étude repose sur l'intégration d'un module d'alignement rendant cette opération automatique. Outre le choix technologique du système de détection, l'adjonction de ce module nécessite entre autre de vérifier la chaîne d'énergie de la rectifieuse.

PARTIE 1 - Découverte de la rectifieuse

Dans cette première partie, nous allons étudier les fonctions assurées par la rectifieuse, sa chaîne d'énergie et le rôle de son pied support.

A – Etude de la spécification technique de battement d'un disque de frein

Le contrôle de la géométrie du disque de frein se fait par une mesure de battement.

Question 1-1 : Décrire sur le document **DR1**, en vous aidant d'un schéma de principe, en quoi consistent les différentes mesures de battement des surfaces actives d'un disque de frein.

Le tableau situé sur le document **DR1** présente un relevé des mesures de battement effectuées conventionnellement à l'aide d'un comparateur sur un disque non conforme.

Question 1-2 : Calculer la valeur du défaut de battement. Reporter vos résultats sur le document **DR1**.

B – Modélisation du mécanisme

Les réponses aux questions 1- 3 à 1- 9 se feront sur feuille de copie.

Lors du montage de la rectifieuse sur l'essieu, l'opérateur dispose d'un pied support (cf. DT4) dont on va chercher à montrer la fonction.

A partir du plan d'ensemble document **DT1** et du plan annexe **DT3** et du document **DT4**

Question 1-3 : Déterminer la liaison entre la roue **6** et l'arbre **3** (nature, le cas échéant centre et/axe). Justifier votre affirmation.

Question 1-4 : Déterminer la liaison entre le bâti **1** et l'arbre **3** (nature, le cas échéant centre et/axe). Détailler en le justifiant le montage réalisé (type, nature et position des arrêts, pièce montée serrée, etc...).

Question 1-5 : Proposer un graphe de montage de l'arbre **3** dans le châssis **1**.

Question 1-6 : Déterminer la liaison entre les pièces **14** et **27** d'une part puis **27** et **34** d'autre part (nature, le cas échéant centre et/axe). Justifier vos réponses.

Question 1-7 : Déterminer la fonction du doigt **26**. Justifier vos affirmations.

Question 1-8 : Déterminer la liaison entre les pièces **17** et **18** (nature, le cas échéant centre et/axe). Justifier votre affirmation.

Question 1-9 : Déterminer la liaison entre les pièces **17** et **19** (nature, le cas échéant centre et/axe) puis entre l'ensemble {**19** , **29** , **30**} et l'ensemble du châssis **1**. Justifier vos affirmations.

Le document **DR2** présente une vue en coupe de la rectifieuse.

Question 1-10 : A partir des analyses précédentes, colorier sur le document **DR2**, les groupes isocinématiques (classes d'équivalences). Une couleur différente sera utilisée pour chaque groupe. Le coloriage sera limité aux vues A-A, F-F, et B-B.

Question 1-11 : Représenter d'un trait épais sur la vues A-A, F-F, le flux de puissance, en phase d'usinage, partant du moteur vers les sorties du mécanisme.

Question 1-12 : Compléter le schéma bloc sur le document **DR3**.

Question 1-13 : Compléter sur le document **DR3** le schéma cinématique spatial et/ou plan du mécanisme en phase de réglage.

Question 1-14 : Compléter les solutions techniques associées aux fonctions FT1 et FT2 du FAST du mécanisme sur le document **DR4** .

C – Etude de la liaison Pied support / Rectifieuse

Le paramétrage de cette étude est présenté sur le document **DT5**

Hypothèses et données :

- On étudie le système composé de la rectifieuse et de l'essieu du véhicule sur lequel elle est montée, à l'arrêt (hors phase d'usinage ou de réglage)
- Le repère $R\ \vec{x},\vec{y},\vec{z}$ est associé au Châssis de la rectifieuse avec $\vec{y}$ vertical.
- Les liaisons sont supposées parfaites.
- La liaison entre le pied et le châssis de la rectifieuse est une liaison pivot de centre A et d'axe $A.\vec{y}$
- La liaison entre le châssis de la rectifieuse et le disque de frein est une liaison encastrement de centre 0.
- Dans ce modèle simplifié, on suppose que la seule liaison agissant sur l'essieu du véhicule est celle avec la caisse du véhicule : une liaison pivot parfaite de centre B et d'axe $B.\vec{z}$ avec $\overrightarrow{OB} = b.\vec{z}$, b étant la demie-voie du véhicule.
- Le poids de la rectifieuse est ramené à son centre de gravité G.
- Le poids de l'essieu est ramené au milieu de l'essieu en B.
- Le torseur d'action mécanique de l'outil sur le disque en phase d'usinage est donné sur le DT5

A partir des spécifications techniques document **DT4**

Question 1-15 : Etablir l'expression du torseur en G de l'action de pesanteur sur la rectifieuse.

Question 1-16 : Etablir l'expression du torseur en A de l'action de la liaison pivot Pied / Rectifieuse.

En considérant la rectifieuse comme étant un solide unique sans mobilité interne :

Question 1-17 : Isoler l'ensemble {Essieu + Rectifieuse}, appliquer le Principe Fondamental de la statique en O et déterminer l'équation des moments en projection sur $\vec{z}$.

Question 1-18 : En déduire un premier intérêt du placement du pied en A.

En considérant la rectifieuse comme étant un solide unique (sans mobilité interne) :

Question 1-19 : Isoler la Rectifieuse, appliquer le Principe Fondamental de la statique en O et déterminer l'équation des moments en projection sur $\vec{x}$.

Question 1-20 : En déduire un autre intérêt du placement du pied en A.

La rotation des disques placés sur la droite du véhicule (lorsque l'on est assis à la place du conducteur) se faisant dans le sens horaire lors de l'usinage :

Question 1-21 : Quelle est l'influence que vont avoir les efforts de coupe sur la liaison Pied / Rectifieuse ?

PARTIE 2 – Analyse du module d'alignement

Dans cette partie, nous allons étudier le module d'alignement présenté sur le plan **DT7**.

Ce module permet de réaliser, avec une grande précision, l'alignement de l'axe de l'arbre creux **3** et ainsi de tout l'ensemble porte outil par l'intermédiaire du châssis de la rectifieuse. Le schéma de principe est lui présenté sur le document **DT8**.

Les quatre figures situées sur le document **DT9** présentent le mécanisme selon deux configurations : pendant la correction du défaut d'alignement et après correction.

Un défaut de surface sur la face d'appui de l'adaptateur peut générer un défaut de position angulaire de la rectifieuse sur la fusée.
On va chercher à mesurer l'influence de ce défaut de position sur l'usinage du disque.

Hypothèses et données :

- On étudie le système monté sur l'essieu, en phase de réglage. Le paramétrage de cette étude est proposé sur le document **DT6**
- Le repère R_0 $\overrightarrow{x_0},\overrightarrow{y_0},\overrightarrow{z_0}$ est un repère fixe associé à la caisse du véhicule avec $\overrightarrow{z_0}$ lié à l'axe de rotation de la fusée (c.f. DT6) et $\overrightarrow{y_0}$ vertical.
- Le repère R_{29} $\overrightarrow{x_{29}},\overrightarrow{y_{29}},\overrightarrow{z_{29}}$ est un repère associé au chariot de la rectifieuse avec $\overrightarrow{x_{29}}$ orienté selon l'axe de la vis 19 et $\overrightarrow{z_{29}}$ confondu avec $\vec{z}$ (c.f. DT6).

Question 2-1 : Etablir la relation liant l'angle β et la composante z_c de la position du point C sur l'axe $\vec{z}$.

Question 2-2 : Réaliser une application numérique pour $\beta = 0{,}1°$ et conclure quand au respect du critère de précision.

Question 2-3 : Déduire de la question précédente la nécessité du module d'alignement.

Fonctionnement du module d'alignement.

Pour que l'usinage soit correctement réalisé, il est important de positionner avec une faible dispersion le point C dans le plan $\overrightarrow{x_0},\overrightarrow{y_0}$.

Le défaut de position dans le plan $\overrightarrow{x_0},\overrightarrow{z_0}$ a quant à lui une influence sur la régularité du déplacement de l'outil de coupe et donc in fine sur l'état de surface.

Les figures visibles sur le DT9 montrent que le module d'alignement permet de corriger le défaut angulaire mais pas le défaut de coaxialité entre la tige d'accrochage **4** et l'axe de la fusée. La loi de commande de l'éléctro-aimant permettant de piloter le module d'alignement est proposée sur le document **DT10**.

Lors d'un pilotage de courte durée (Single Actuation), la fourchette **46** sort pendant une durée Δt et rencontre lors de son passage une dent de la roue à rochet **60**, qui va s'accrocher et ainsi provoquer la rotation relative de la roue autour de son axe **58** d'une valeur de 30°.

Lors d'un pilotage de longue durée (Dual Actuation), la fourchette sort pendant un temps supérieur à Δt. Sa face extérieure percute une première dent de la roue à rochet **60**. La roue à rochet continue d'avancer dans son mouvement global autour de l'axe de la tige **4** et en même temps tourne sur elle-même autour de l'axe de guidage **58**. Quelques centièmes de secondes plus tard, une deuxième dent de la roue s'accroche sur la face interne de la fourchette ce qui provoque donc une deuxième rotation relative de la roue (dual actuation) d'une valeur de 45°.

Hypothèses et données :

- Dans cette partie la fréquence de rotation du module d'alignement est établie en phase de réglage à $N_{2/1}$ = 120 tr/min
- Les dents de la roue à rochet permettent un roulement sans glissement de la roue sur la fourchette.
- Les disques pentés **53** ont tous deux une inclinaison α = 0,16°

Question 2-4 : Déterminer les valeurs maximales de correction que permet le module d'alignement. Justifier vos affirmations en explicitant les configurations possibles du module.

On va dans les questions suivantes, chercher à déterminer les valeurs minimales de correction. Le document DT 11 présente les différentes positions de la roue à rochet lors de la sortie de la fourchette. Le document DT 11 présente le paramétrage de l'étude cinématique.

Question 2-5 : Déterminer l'expression du vecteur $\overrightarrow{CA}$ dans le repère R_{53} $\overrightarrow{x_{53}},\overrightarrow{y_{53}},\overrightarrow{z_{53}}$ en fonction des paramètres α et R.

Question 2-6 : Déterminer l'expression du vecteur $\overrightarrow{CD}$ dans le repère R_{53} $\overrightarrow{x_{53}},\overrightarrow{y_{53}},\overrightarrow{z_{53}}$ en fonction du paramètre R.

A partir du produit vectoriel $\overrightarrow{CA} \wedge \overrightarrow{CD}$

Question 2-7 : Déterminer l'expression du vecteur unitaire $\overrightarrow{n_{53}}$ dans le repère R_{53} $\overrightarrow{x_{53}},\overrightarrow{y_{53}},\overrightarrow{z_{53}}$ en fonction des paramètres α et R.

Question 2-8 : Déterminer l'expression du vecteur unitaire $\overrightarrow{n_{53}}$ dans le repère R $\vec{x},\vec{y},\vec{z}$ en fonction des paramètres α , θ et R.

Question 2-9 : En déduire une relation permettant d'exprimer tan γ en fonction de α , θ et R.

La figure du document **DR5** présente la roue à rochet dans deux situations : en sortie d'accrochage suite à une commande de Single Stop, et en entrée de deuxième accrochage suite à une commande Dual Stop.

Question 2-10 : Par une mesure de l'angle parcouru et à l'aide des données à votre disposition, déterminer le temps maximal durant lequel la fourchette doit rester en position sortie, après le premier contact, si l'on souhaite obtenir un Single Stop.

Remarque : Ce temps correspond aussi au temps minimal de sortie nécessaire à provoquer un dual stop.

La relation trouvée à la question 2.9 permet d'obtenir les tracés présentés sur la figure **DT12**. Le temps de sortie de la fourchette lors d'un Single Stop est de 30 ms. Durant ce temps la roue à rochet tourne d'un angle de 30° ce qui provoque la rotation du module d'alignement d'une valeur de 8,5° autour de l'axe $O,\vec{z}$.

Question 2-11 : Si l'on considère que la position relative entre les deux disques **53** avant réglage est de 0°, déterminer la plus petite vitesse que doit pouvoir mesurer le gyromètre.

Le document **DRes 1** présente le gyromètre dont l'usage est envisagé.

Question 2-12 : Conclure quant au bien fondé du choix du gyromètre **21**

PARTIE 3 – Validation de la motorisation

Dans cette dernière partie, nous allons étudier la capacité de la motorisation actuelle à remplir les fonctions techniques imposées par l'évolution envisagée de la rectifieuse.

On notera $R\ O,\vec{x},\vec{y},\vec{z}$ le repère lié bâti **1** de la rectifieuse.

Notations :

- $\omega_{i/j}$: le vecteur vitesse angulaire instantanée du solide (**i**) en mouvement par rapport au référentiel (**j**);
- $k_{i/R} = \dfrac{\omega_{j/R}}{\omega_{i/R}}$ le rapport de réduction relatif à la transmission;
- $V_{29/R}$: la vitesse de tout point lié au chariot porte outil, animé d'un mouvement de translation rectiligne, par rapport au référentiel (R);
- T(i/R) = E_c(i/R) : l'énergie cinétique du solide i dans son mouvement par rapport au référentiel (R).

A – Validation de la Fréquence de rotation en phase d'usinage

Hypothèses et données :

- La vitesse de coupe nécessaire à l'usinage des disques est $V_{C,disque/R} = 150\ m/min$
- Le moteur utilisé actuellement est le modèle bipolaire 2-TDA 71MR

A partir du schéma bloc réalisé à la question 1.11 sur le document **DR3** :

Question 3-1 : Etablir la relation entre $V_{C,disque/R}$ et $\omega_{3/R}$

Question 3-2 : Déterminer le rapport de réduction $r_1 = \dfrac{\omega_{3/R}}{\omega_{moteur/R}}$

Question 3-3 : Déduire des questions précédentes la valeur de la fréquence utile $N_{moteur/R}$

Question 3-4 : Choisir le moteur qui convient à l'application parmi les références des moteurs disponibles sur doc **Dres2**

Pour la suite de l'étude on utilisera la valeur $N_{moteur/R} = 2810\ tr/min$

Question 3-5 : Déterminer le rapport de réduction $r = \dfrac{\omega_{18/R}}{\omega_{3/R}}$

Question 3-6 : Etablir la relation entre $\omega_{18/R}$ et $V_{C,29/R}$

Question 3-7 : Déduire des questions précédentes la relation entre $N_{moteur/R}$ et $V_{C,29/R}$

Question 3-8 : Conclure quant au respect de la spécification concernant la vitesse d'avance

B – Validation de la Puissance moteur en phase d'usinage

Au moment de l'usinage, le moteur est lancé, la vitesse de rotation nominale atteinte et constante la profondeur de passe a déjà été réglée.

Hypothèses et données :

- Le contact Outil coupant / Disque de frein est modélisé par le torseur : $\tau_{disque/rectif}{}_C = \left\{ \begin{matrix} \overrightarrow{R_{d/r}} \\ \overrightarrow{M_{C,d/r}} \end{matrix} \right\}_R = {}_C \left\{ \begin{matrix} Ff.\vec{x} + Fc.\vec{y} \\ \vec{0} \end{matrix} \right\}_R$ c'est-à-dire que l'inclinaison de la tête est négligée et que la composante selon $\vec{z}$ est nulle en raison des symétries.
- La profondeur de passe maximale est de 0,38 mm, la section du copeau sera alors de 0,06 mm²
- La pression spécifique de coupe p_C = 1200 N / mm²
- La vitesse de coupe préconisée est Vc = 150 m/min
- L'effort lié au mouvement d'avance Fa est estimé à 20% de l'effort de coupe Fc
- Le rendement de la transmission par vis sans fin est : $\eta_V = 0,6$
- Le rendement de la transmission par courroie primaire est : $\eta_{cp} = 0,98$
- Le rendement de la transmission par courroie secondaire est : $\eta_{cs} = 0,98$
- Le rendement de la transmission par couple conique est : $\eta_{cc} = 0,99$
- Le rendement de la transformation par vis-écrou est : $\eta_{ve} = 0,6$

Question 3-9 : Calculer l'effort de coupe Fc minimal nécessaire à l'usinage.

Question 3-10 : En déduire l'effort lié à l'avance de l'outil Fa.

Question 3-11 : Déterminer la puissance de coupe nécessaire.

Question 3-12 : Déterminer la puissance nécessaire à l'avance de l'outil Fa.

Question 3-13 : Déterminer alors la puissance nécessaire en sortie moteur.

Question 3-14 : Conclure quant au choix du moteur fait à la question Q3-4. Le cas échéant, indiquer la référence d'un moteur mieux adapté.

C – Validation du couple moteur en phase de démarrage

On cherche ici à déterminer si l'adjonction du module d'alignement au système aura une influence notable sur le temps de démarrage et justifierait à lui seul un changement de de motorisation.

Pour cela on demande d'appliquer le théorème de l'énergie-puissance à la rectifieuse sans, puis avec, le module d'alignement et les pièces afférentes à ce dernier.

Hypothèses et données :

- Le référentiel (R) est galiléen ;
- On se place dans la phase d'approche des outils (hors usinage)
- La masse du module d'alignement de la rectifieuse est de 3,5 kg
- L'inertie des ensembles mobiles est donnée sur le document **DT13**.
- Le moteur 70 est tel que son stator, lié à (1), exerce sur son rotor, lié à (5), un moment $\overrightarrow{M_{(1 \to 5)}}$ avec : $\overrightarrow{M_{(1 \to 5)}} \cdot \vec{x} = C_{mot}$. Quelques soient les résultats trouvés précédemment, on choisira pour le couple moteur en pleine charge la valeur C_{mot} = 2,55 N.m
- La fréquence de rotation du moteur est $N_{moteur/R} = 2810\ tr/min$
- Toutes les liaisons sont considérées parfaites ;

- L'accélération de la pesanteur est telle que $\vec{g} = g.\vec{y}$,
- On néglige l'influence l'inclinaison de l'ensemble du chariot porte outil ;
- On appelle (Σ) l'ensemble des pièces mobiles de la rectifieuse par rapport à (R) sans le module d'alignement ni l'adaptateur.
- On appelle (Π) l'ensemble des pièces mobiles de la rectifieuse par rapport à (R) avec le module d'alignement et l'adaptateur.

Question 3-15 : Donner l'expression de l'énergie cinétique, notée $T_{(5/R)}$, de l'ensemble (5) lié à l'arbre moteur par rapport au repère (R), en fonction de ses caractéristiques inertielles et de la vitesse de rotation du moteur $\omega_{m/R}$.

Question 3-16 : Donner l'expression de l'énergie cinétique, notée $T_{(11/R)}$, de l'ensemble (11) lié à l'arbre de poulie folle par rapport au repère (R), en fonction de ses caractéristiques inertielles et de $\omega_{m/R}$.

Question 3-17 : Donner l'expression de l'énergie cinétique, notée $T_{(14/R)}$, de l'ensemble (14) lié à l'arbre d'avance par rapport au repère (R), en fonction de ses caractéristiques inertielles et de $\omega_{m/R}$.

Question 3-18 : Donner l'expression de l'énergie cinétique, notée $T_{(17/R)}$, de l'ensemble (17) lié au tube écrou par rapport au repère (R), en fonction de ses caractéristiques inertielles et de $\omega_{m/R}$.

Question 3-19 : Donner l'expression de l'énergie cinétique, notée $T_{(P/R)}$, de l'ensemble (29) lié au chariot porte outil par rapport au repère (R), en fonction de ses caractéristiques inertielles et de $\omega_{m/R}$.

Question 3-20 : Donner l'expression de l'énergie cinétique, notée $T_{(3/R)}$, de l'ensemble (3) lié à l'arbre creux par rapport au repère (R), en fonction de ses caractéristiques inertielles et de $\omega_{m/R}$.

Question 3-21 : Donner l'expression de l'énergie cinétique, notée $T_{(3\text{-}31/R)}$, de l'ensemble $(3 \cup 2 \cup 31)$ lié à l'arbre creux équipé du module d'alignement et de son adaptateur par rapport au repère (R), en fonction de ses caractéristiques inertielles et de $\omega_{m/R}$.

Question 3-22 : Déterminer la puissance galiléenne des efforts extérieurs à l'ensemble (Σ) et à l'ensemble (Π).

Question 3-23 : Déterminer la puissance galiléenne des efforts intérieurs à l'ensemble (Σ) et à l'ensemble (Π).

Question 3-24 : Appliquer le théorème de l'énergie cinétique (ou théorème de l'énergie – puissance) à l'ensemble (Σ).
En déduire la valeur du temps de démarrage à vide $\mathbf{t_1}$.

Question 3-25 : Appliquer le théorème de l'énergie cinétique (ou théorème de l'énergie – puissance) à l'ensemble (Π).
En déduire la valeur du temps de démarrage à vide $\mathbf{t_2}$.

Question 3-26 : Comparer les deux valeurs $\mathbf{t_1}$ et $\mathbf{t_2}$ des temps de démarrage.
La différence justifie t'elle de changer les caractéristiques moteur ?

DOSSIER TECHNIQUE

Rectifieuse pour disque de freins

Rectifieuse Pro-cut 9.0 ®

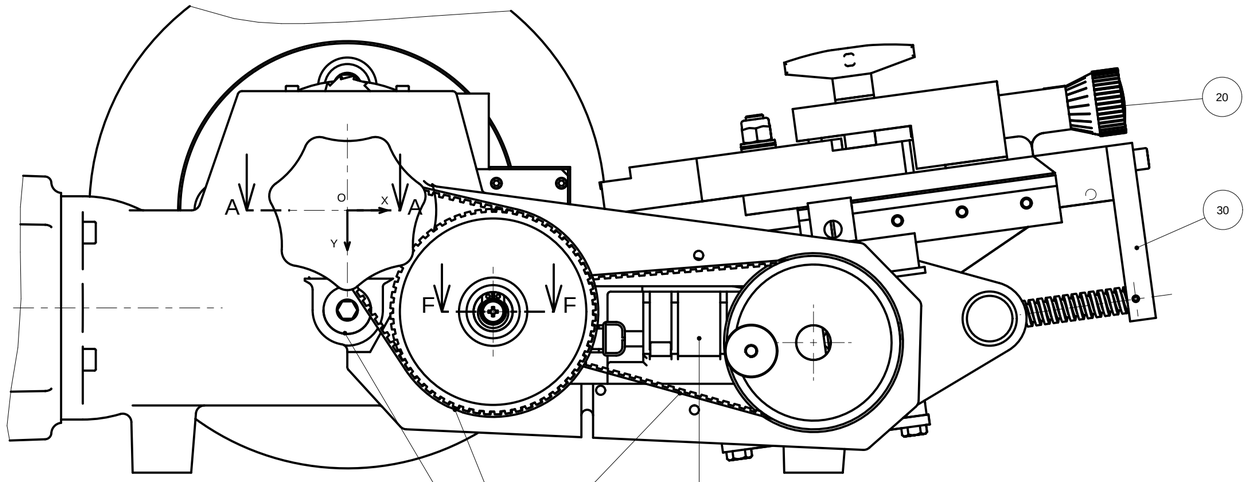
PRO-CUT
ROTOR MATCHING SYSTEMS

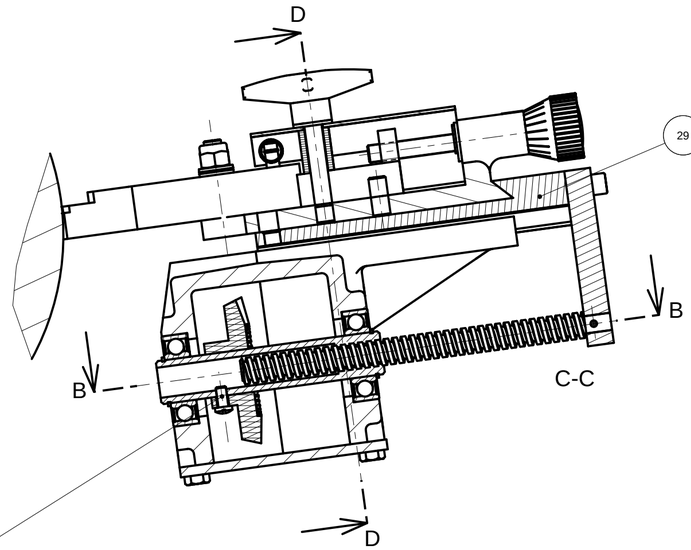
Ce dossier comporte 13 pages :

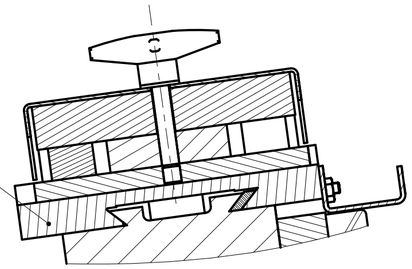
Document DT1 : Plan d'ensemble de la rectifieuse
Document DT2 : Nomenclature de la rectifieuse
Document DT3 : Annexe au plan d'ensemble – Vue en coupe de l'axe moteur
Document DT4 : Spécifications techniques de la rectifieuse Pro-cut 9.0
Document DT5 : Paramétrage de l'étude statique
Document DT6 : Paramétrage de l'étude géométrique
Document DT7 : Plan d'ensemble du module d'alignement
Document DT8 : Schéma de principe du module d'alignement
Document DT9 : Principe de commande du module d'alignement
Document DT10 : Extrait du Brevet Procut -Loi de commande de l'electro aimant
Document DT11 : Paramétrage de l'étude cinématique
Document DT12 : Résultats de la simulation
Document DT13 : Caractéristiques d'inertie des ensembles mobiles

©

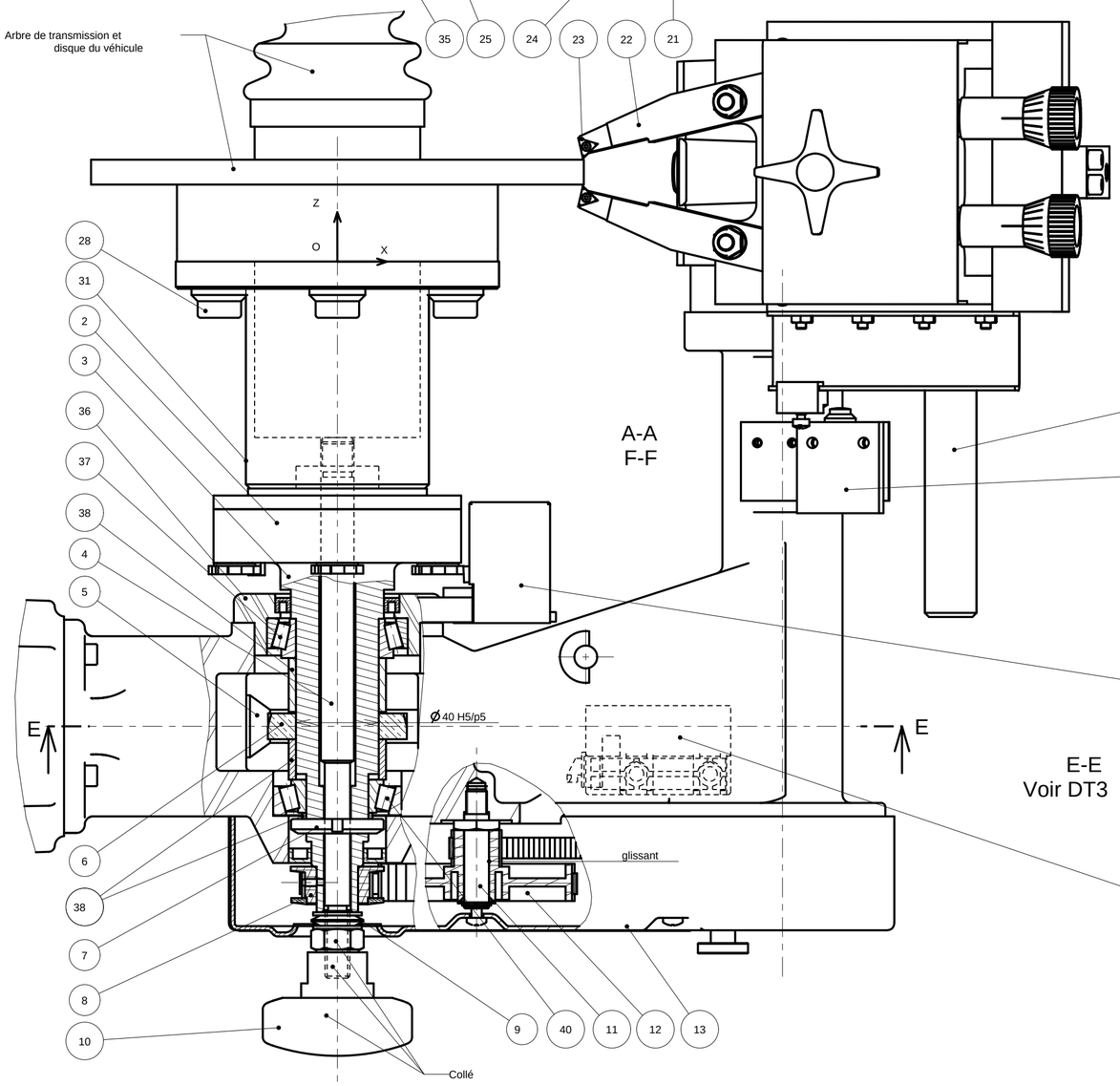
VUE CARTER COURROIES ENLEVE

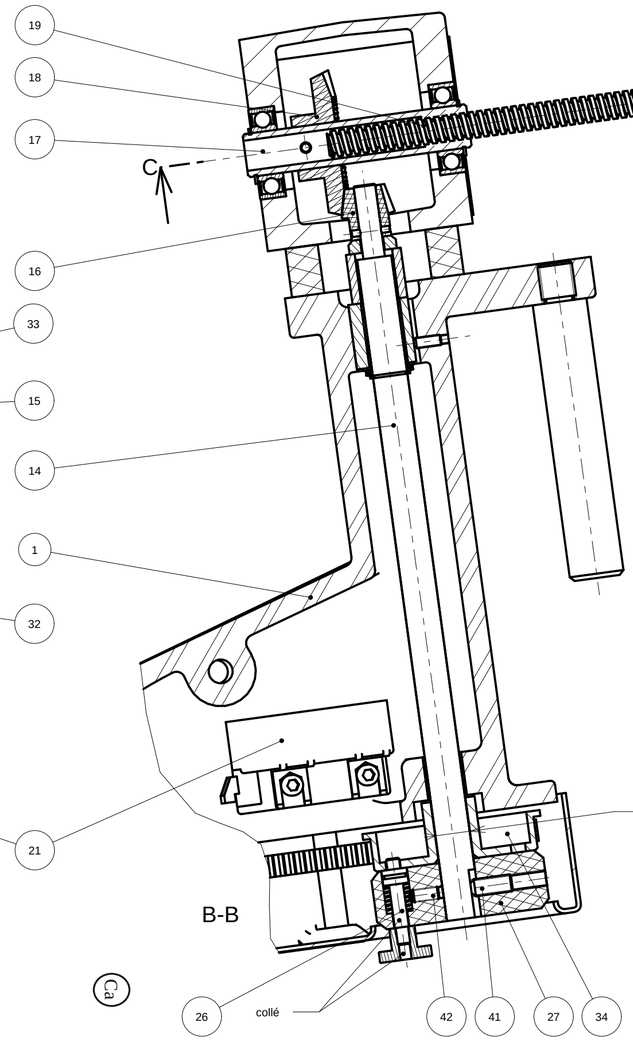


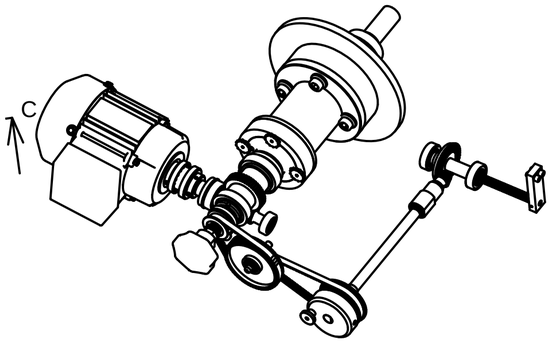




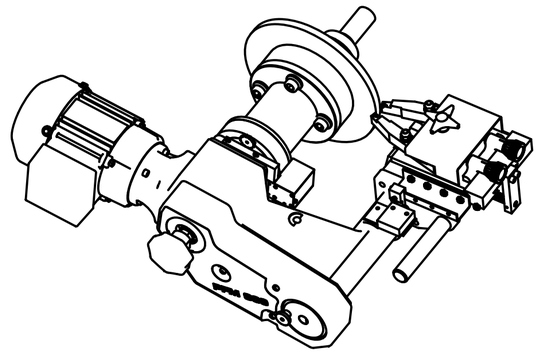
Arbre de transmission et
disque du véhicule







ECHELLE 0.150



ECHELLE 0.150

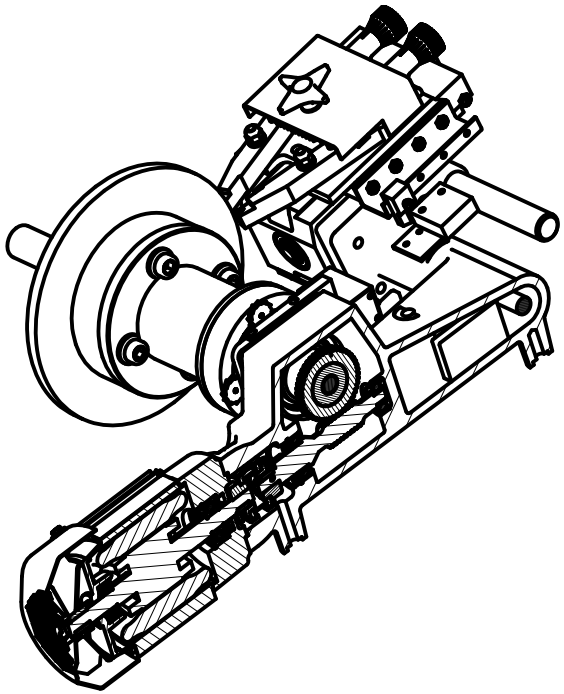
EFE GME 1

RECTIFIEUSE POUR DISQUE DE FREIN			ECHELLE: 0.500
Modèle : PRO CUT 9.0	DATE :		FORMAT : A2
			DT1

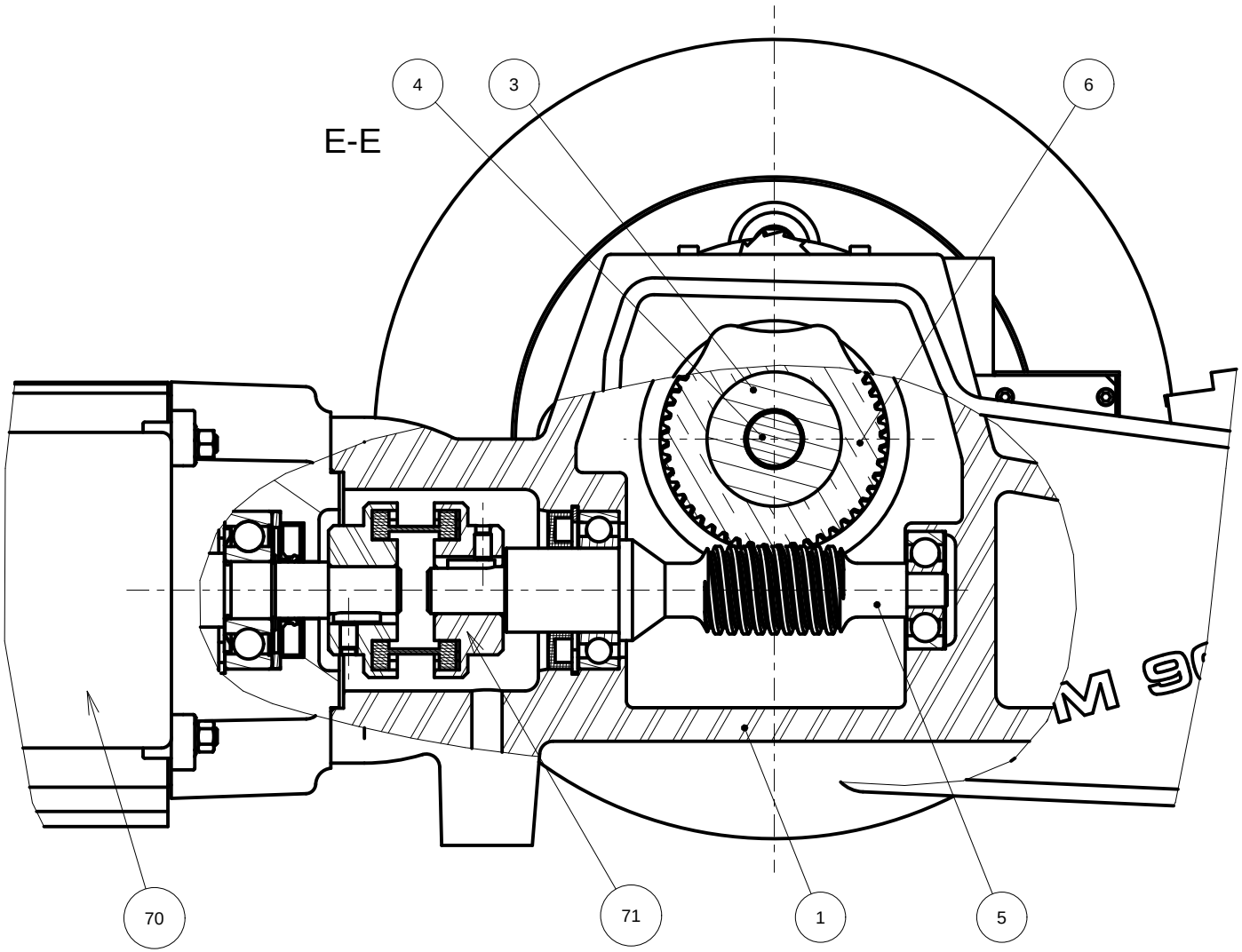
Nomenclature de la rectifieuse — Document DT2

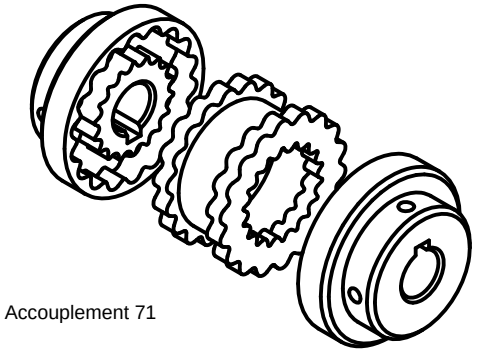
Repère	Quantité	Désignations	Matériaux	Informations	Index plan
1	1	CHASSIS	Alliage d'aluminium		DT1
2	1	MODULE D'ALIGNEMENT		Sous-assemblage	DT1
3	1	ARBRE CREUX	Acier faiblement allié		DT1
4	1	TIGE D'ACCROCHAGE	Acier faiblement allié		DT1
5	1	VIS SANS FIN	Acier faiblement allié	Z5 = 2, hélice à droite	DT1
6	1	ROUE	Alliage cuivreux	Z6= 48	DT1
7	1	ECROU A ENCHOCHES			DT1
8	1	POULIE	Polymère	Z8= 22	DT1
9	2	RONDELLE ELASTIQUE			DT1
10	1	BOUTON VIS D'ACCROCHAGE			DT1
11	1	AXE POULIE FOLLE			DT1
12	1	POULIE FOLLE		Z12a= 60 Z12b= 16	DT1
13	1	CARTER COURROIES		Thermoformé	DT1
14	1	ARBRE	Acier faiblement allié		DT1
15	1	CAPTEUR FIN DE COURSE			DT1
16	1	PIGNON A DENTURE CONIQUE	Polymère	Z16= 15	DT1
17	1	TUBE ECROU	Alliage cuivreux	Z17=1, pas 4 mm	DT1
18	1	ROUE A DENTURE CONIQUE	Polymère	Z18= 45	DT1
19	1	VIS MERE	Acier faiblement allié	Z19= 1, pas 4 mm	DT1
20	1	VIS DE REGLAGE DE PROFONDEUR DE PASSE			DT1
21	1	GYROMETRE			DT1
22	2	PORTE-OUTIL			DT1
23	2	PLAQUETTE D'USINAGE			DT1
24	1	COURROIE CRANTEE SECONDAIRE			DT1
25	1	COURROIE CRANTEE PRMAIRE			DT1
26	1	DOIGT VERROUILLABLE		2 positions stables	DT1
27	1	VOLANT MOUVEMENT MANUEL CHARIOT PORTE-OUTIL			DT1
28	4	VIS DE LIAISON ADAPTEUR/DISQUE			DT1
29	1	CHARIOT PORTE OUTIL	Fonte		DT1
30	1	PLAQUE DE LIAISON VIS MERE/CHARIOT PORT	olement allié		DT1
31	1	ADAPTEUR DISQUE			DT1
32	1	ACTIONNEUR ALIGNEMENT		Sous-assemblage	DT1
33	1	POIGNEE DE TRANSPORT			DT1
34	1	POULIE TERMINALE	Polymère	Z34= 46	DT1
35	1	BOUCHON DE VIDANGE			DT1
36	1	CHAPEAU	Alliage d'aluminium		DT1
37	1	ROULEMENT A ROULEAUX CONIQUES			DT1
38	3	ENTRETOISES			DT1
40	1	ROULEMENT A ROULEAUX CONIQUES			DT1
41	1	VIS SANS TETE A BOUT PLAT			DT1
42	1	INDEXEUR A BILLE			DT1
43	1	VIS CBLZ, M5-10			DT1
44	1	BIELLETTE	Alliage d'aluminium		DT7
45	1	SUPPORT FOURCHETTE	Alliage d'aluminium	Sous-assemblage	DT7
46	1	FOURCHETTE D'INTERCEPTION	Acier faiblement allié		DT7
47	1	AXE DE PASSAGE DE COUPLE 56 / 55			DT7
48	1	BUTEE LINEAIRE	Acier		DT7
49	2	AXE DE PASSAGE DE COUPLE 55 / 31	Acier faiblement allié		DT7
50	3	BUTEE A AIGUILLES			DT7
51	6	PIGNON à denture droite		Z51= 18	DT7
53	2	DISQUE "A" ou DISQUE "B"	Acier faiblement allié	Z53= 225, pente 0,16°	DT7
54	1	CAPTEUR A EFFET HALL - PARTIE MOBILE			DT7
55	1	PLATEAU DE SORTIE MODULE D'ALIGNEMENT	Acier faiblement allié		DT7
56	1	CENTREUR	Acier faiblement allié		DT7
57	1	COUVERCLE	Acier faiblement allié		DT7
58	2	AXE GUIDAGE ROUE A ROCHET DISQUES 60 R			DT7
59	1	BOITIER MODULE D'ALIGNEMENT			DT7
60	4	ROUE A ROCHET "A" : avance, "R" : recul			DT7
61	2	VIS DE LIAISON BOITIER / ABRE CREUX			DT7
62	1	CAPTEUR A EFFET HALL - PARTIE FIXE			DT7
63	1	COUVERCLE GUIDAGE ARBRE CREUX	Alliage d'aluminium		DT7
64	1	SUPPORT ACTIONNEUR D'ALIGNEMENT	Alliage d'aluminium		DT7
65	1	RESSORT ELECTRO AIMANT			DT7
66	2	AXE GUIDAGE ROUE A ROCHET DISQUES 60 A			DT7
70	1	MOTEUR ELECTRIQUE			DT3
71	1	ACCOUPLEMENT ELASTIQUE			DT3

EFE GME 1



Coupe suivant le plan E-E





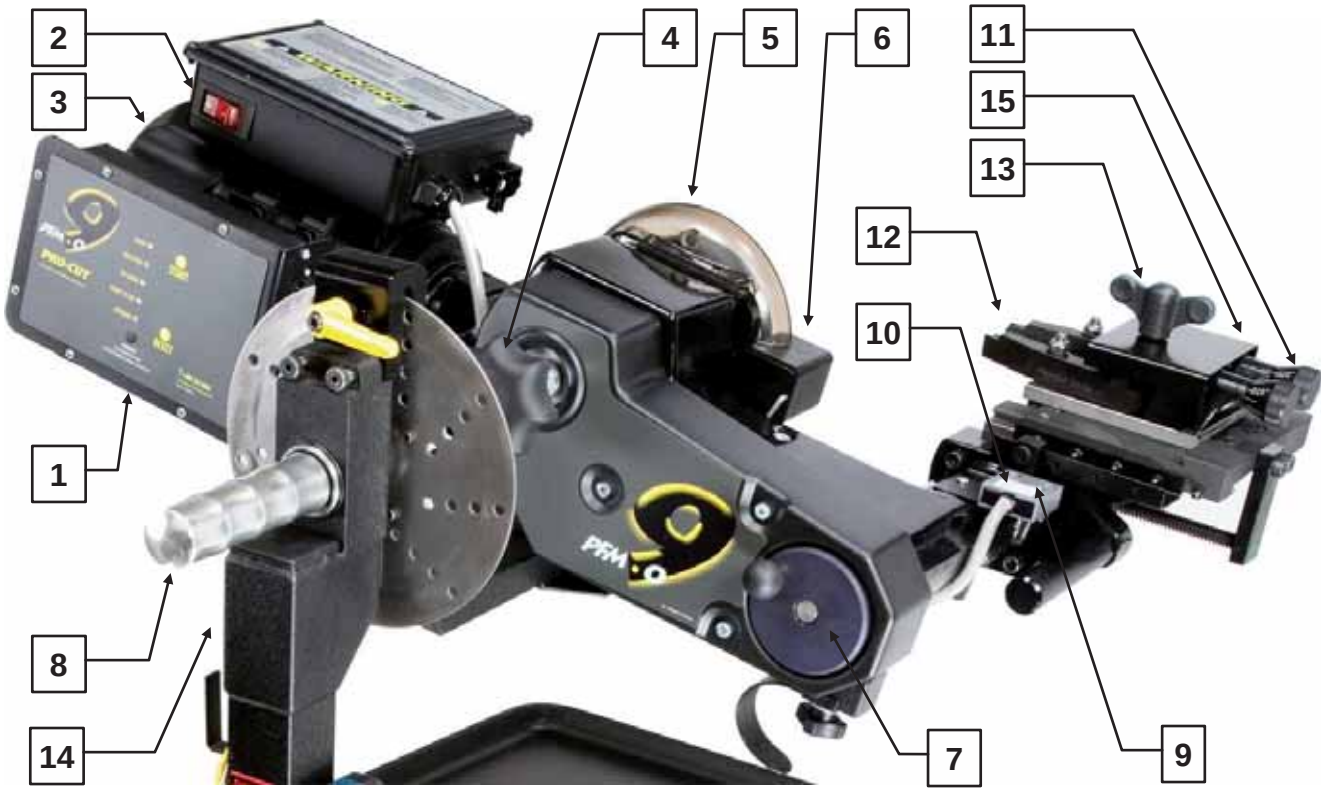
Accouplement 71

ECHELLE 0.500

RECTIFIEUSE POUR DISQUE DE FREIN			ECHELLE: 0.500
Modèle : PRO-CUT 9.0	DATE :		FORMAT : A4
			DT3

EFE GME 1

Spécifications techniques **Document DT4**



1. Ordinateur	9. Interrupteur de mise hors tension automatique
2. Interrupteur de marche-arrêt	10. Came de mise hors tension automatique
3. Moteur de 0,75 kW	11. Cadran de réglage de la profondeur de coupe
4. Moyeu de fixation	12. Couteaux/pointes de coupe
5. Bride de réglage	13. Bouton de blocage de la tête de coupe
6. Électrovalve de réglage	14. Pied support
7. Bouton d'avance/plongeur d'avance	15. Tête de coupe
8. Poignée de chariot	

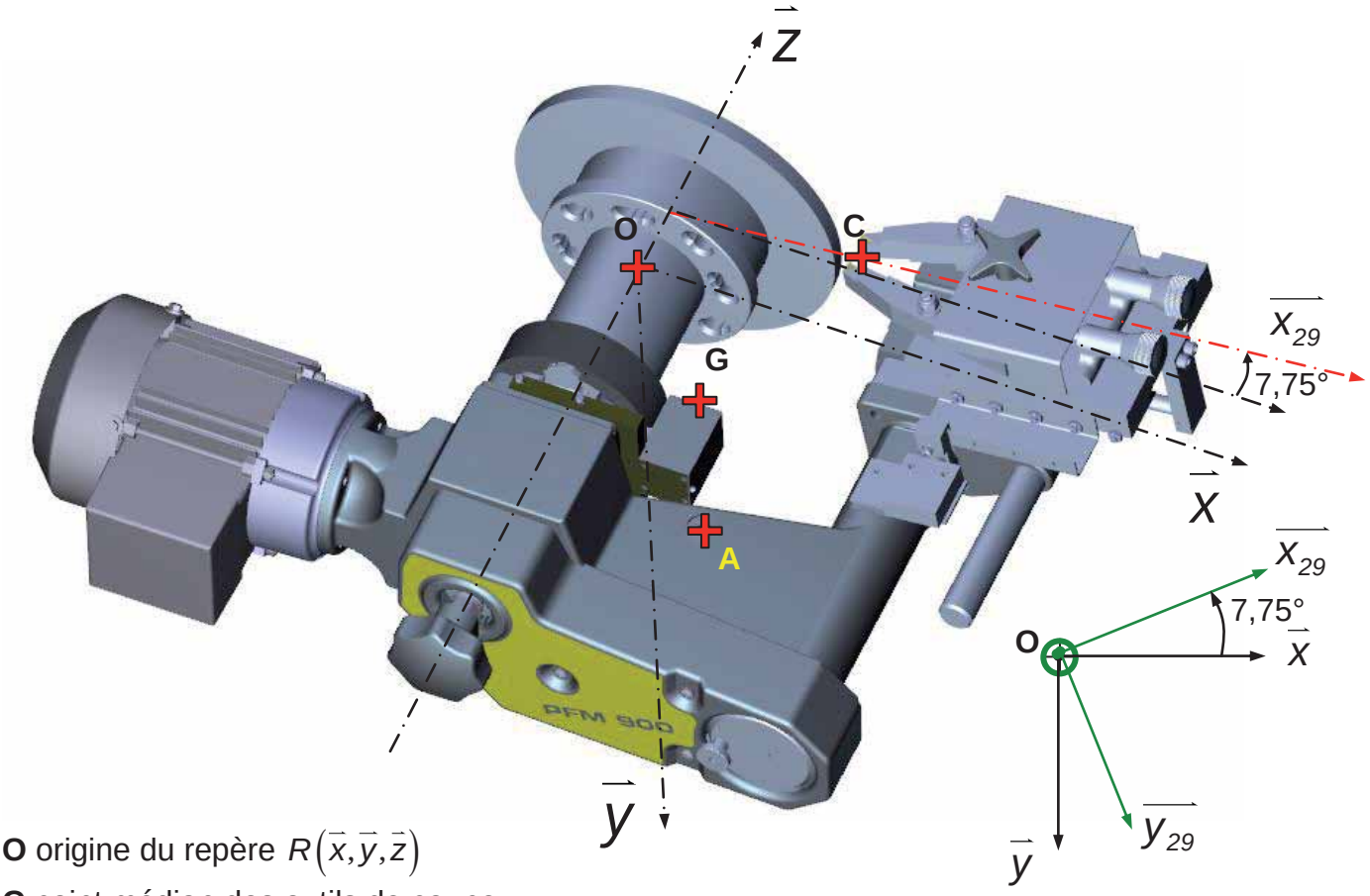
Spécifications techniques

Epaisseur Maximum du disque	44 mm
Epaisseur Minimum du disque	5 mm
Diamètre Maximum du disque	437 mm
Diamètre Minimum du disque	102 mm
Profondeur de passe maximale	0.38 mm/coté
Fréquence de rotation de la broche	123 tr/min
Vitesse d'avance	0.12 mm/tr
Puissance moteur	0.75 kW
Masse	35 kg
Masse moyenne adaptateur	1,5 kg
Tension d'alimentation	230 V/50hz

Rectifie :

- des disques traditionnels pleins ou ventilés, avant et arrière, en 7 à 9 minutes par essieu,
- un défaut de battement à une valeur inférieure à de 2 /1000 de pouce (0,05 mm),
- les variations d'épaisseur de disque,
- les défauts de rugosité dus aux impuretés qui se glissent entre les plaquettes et le disque.

Paramétrage de l'étude statique **Document DT5**

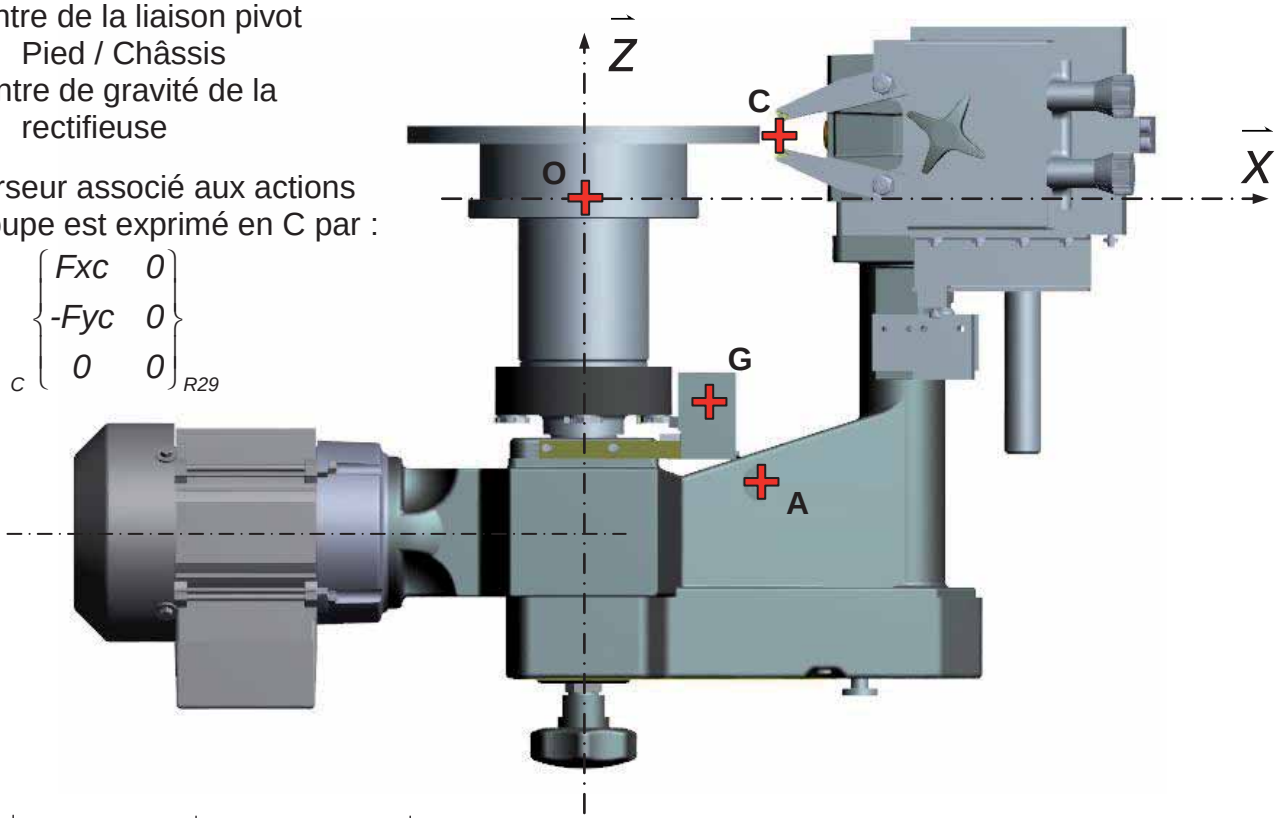


O origine du repère $R(\vec{x},\vec{y},\vec{z})$

C point médian des outils de coupe
A centre de la liaison pivot
Pied / Châssis
G centre de gravité de la
rectifieuse

Le torseur associé aux actions de coupe est exprimé en C par :

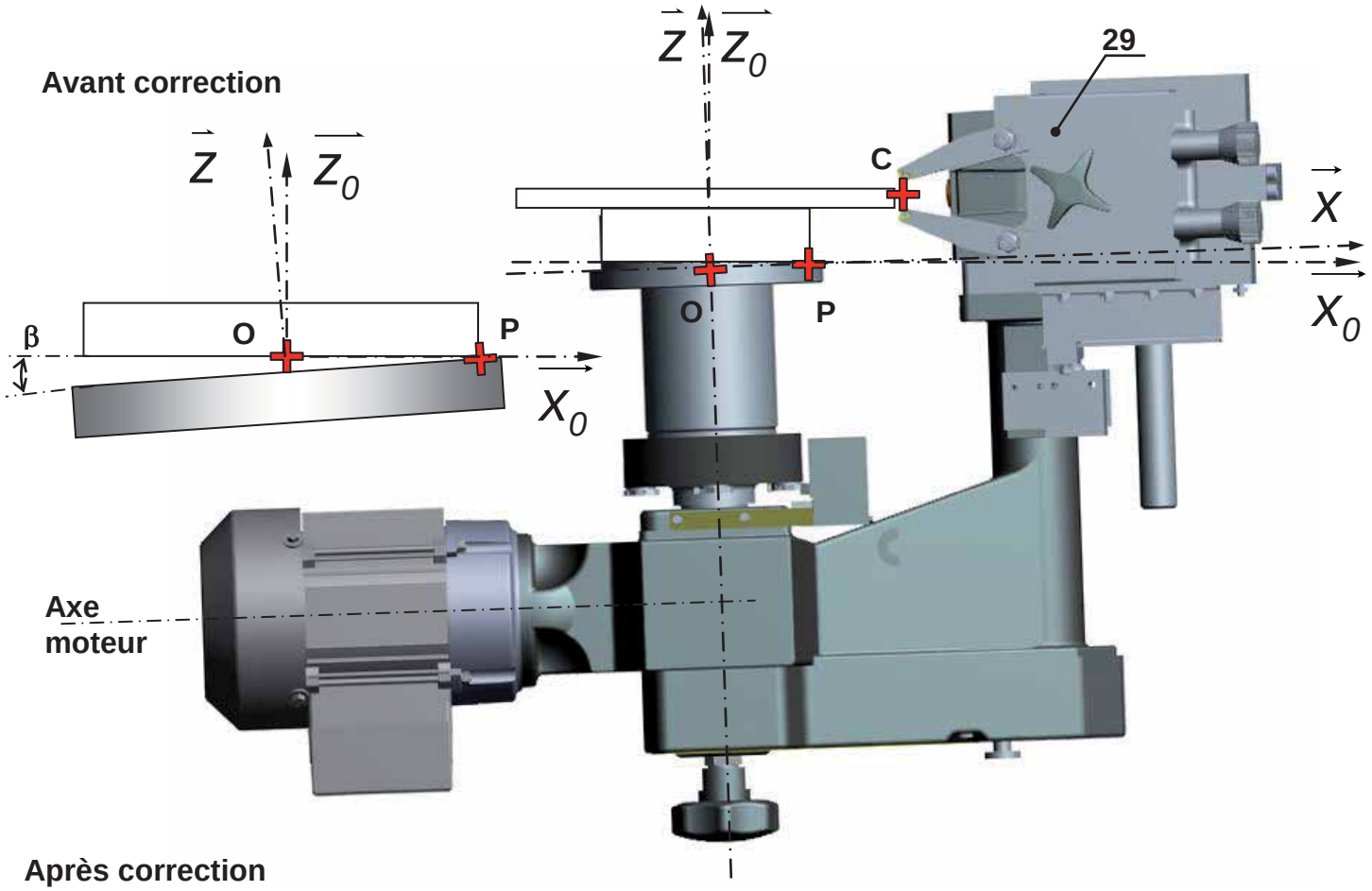
$$\Im_{\overrightarrow{F_{coupe}}} \left\{ \begin{matrix} Fxc & 0 \\ -Fyc & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_{C,R29}$$



$$\overrightarrow{OG}\Big|_{R} \begin{matrix} 36 \\ 25 \\ -127 \end{matrix} ; \overrightarrow{OA}\Big|_{R} \begin{matrix} 120 \\ -17 \\ -160 \end{matrix} ; \overrightarrow{OC}\Big|_{R29} \begin{matrix} 51 \text{ à } 218,5 \\ 0 \\ 43 \end{matrix}$$ (distances en mm)

Paramétrage de l'étude géométrique **Document DT6**

Avant correction

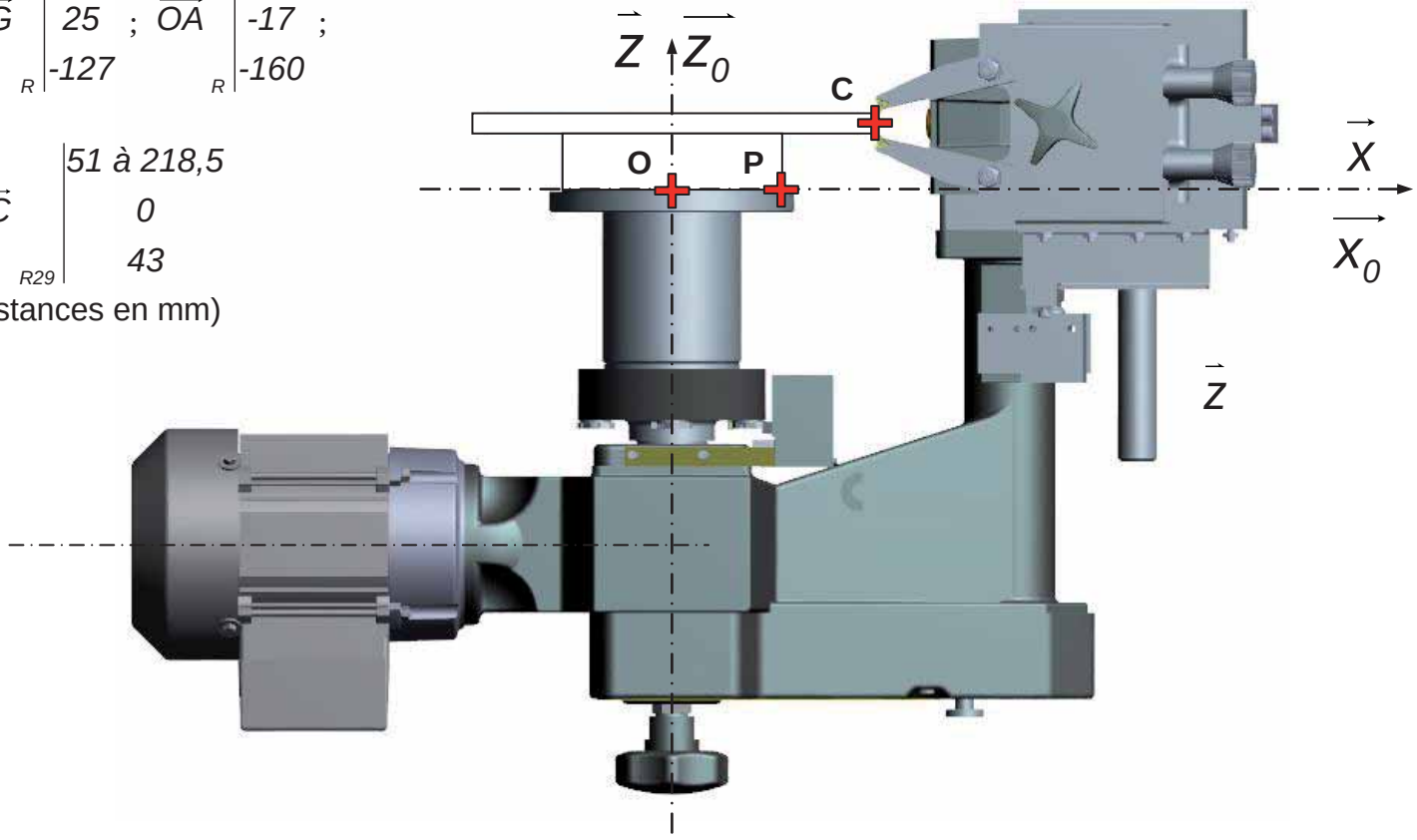


Après correction

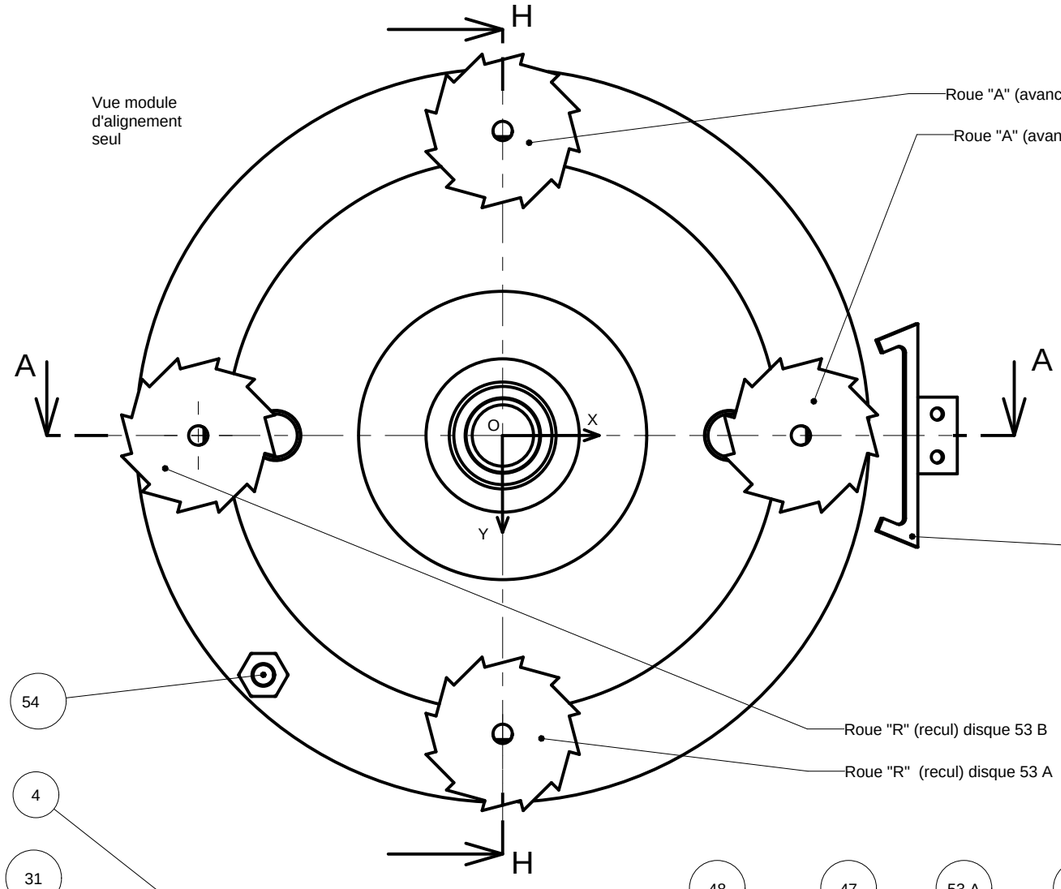
$$\overrightarrow{OG}\Big|_R \begin{matrix}36\\25\\-127\end{matrix} \quad ; \quad \overrightarrow{OA}\Big|_R \begin{matrix}120\\-17\\-160\end{matrix} \quad ;$$

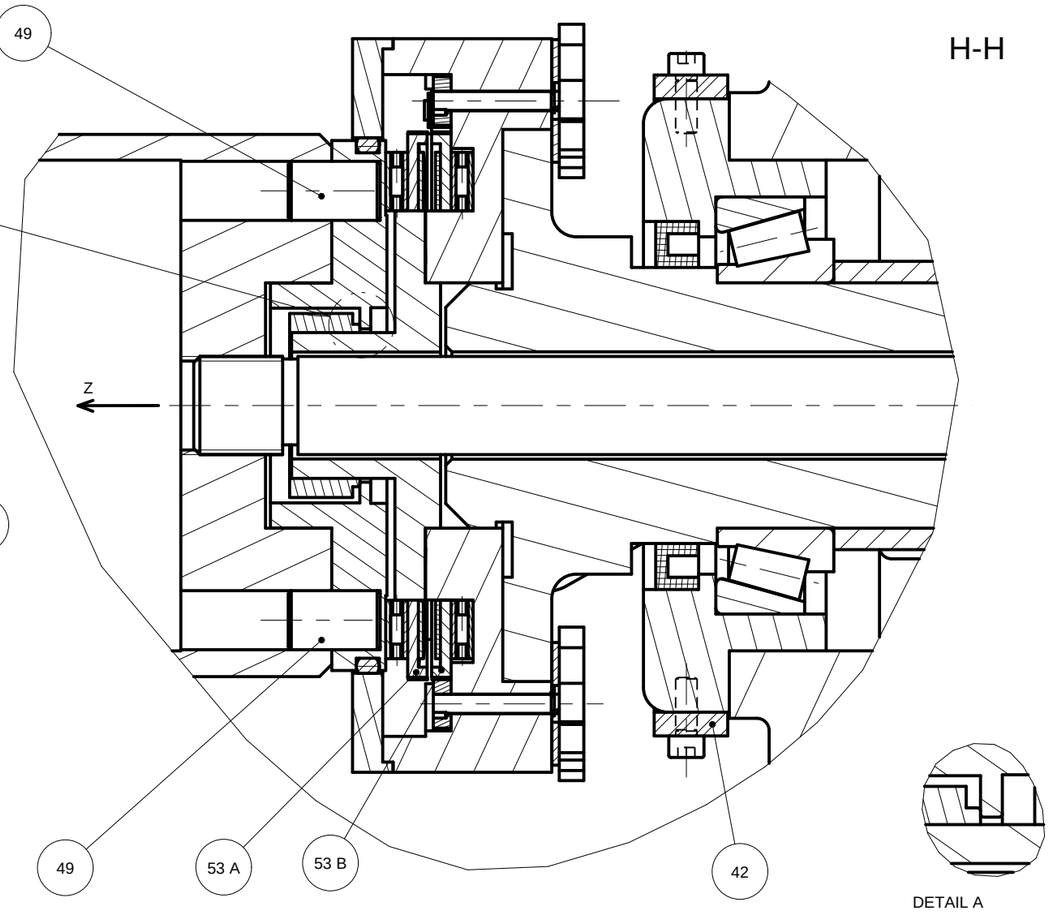
$$\overrightarrow{OC}\Big|_{R29} \begin{matrix}51 \text{ à } 218{,}5\\0\\43\end{matrix}$$

(distances en mm)

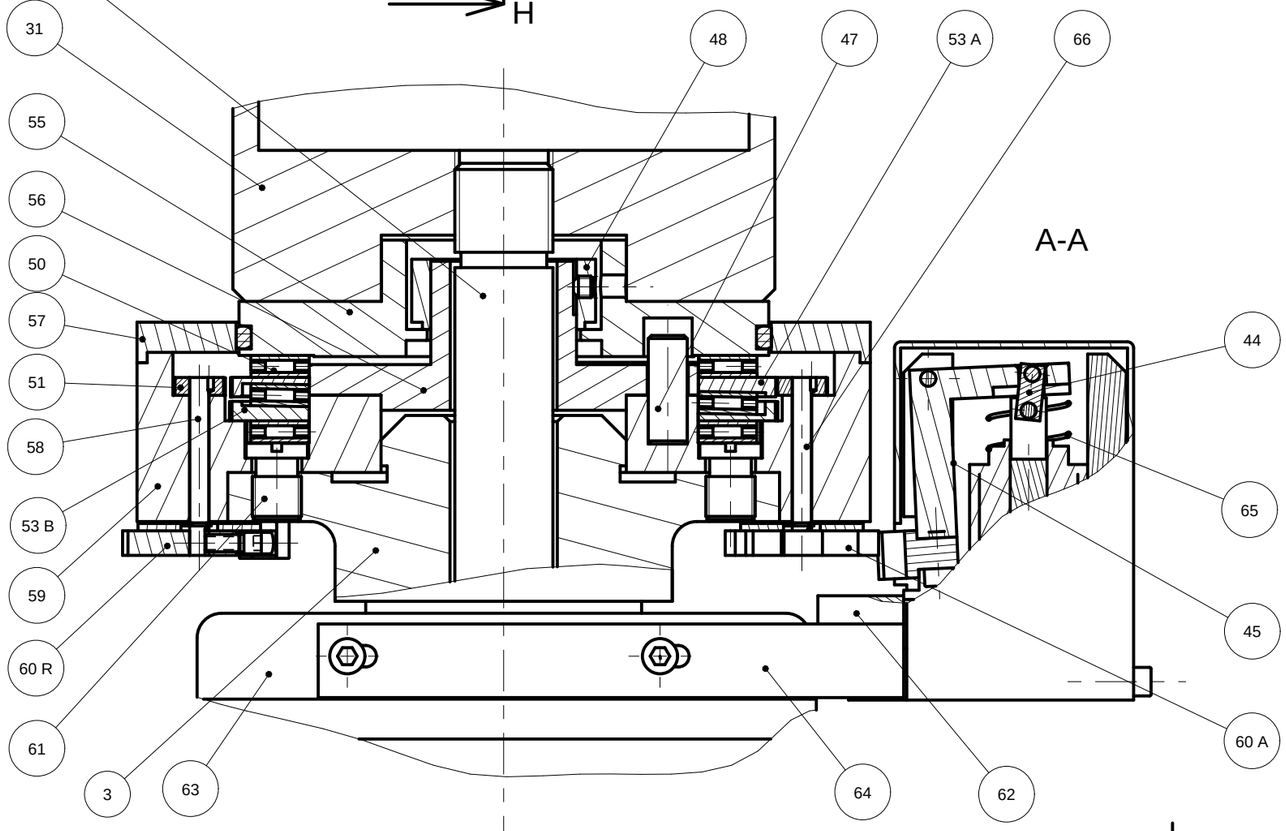


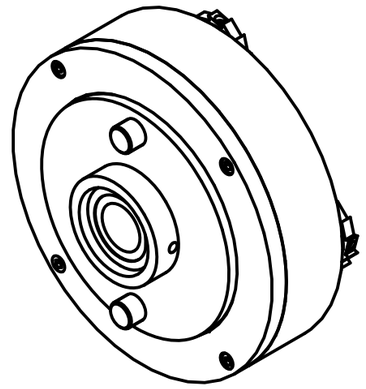
Vue module d'alignement seul
Roue "A" (avance) disque 53 A
Roue "A" (avance) disque 53 B
Roue "R" (recul) disque 53 B
Roue "R" (recul) disque 53 A
COUPE H-H
COUPE A-A
DT7-Format A3
Plan d'ensemble
du module d'alignement
PROJET :
Modèle :
DRW :
AUTEUR :
DT2
ECHELLE: 1:000
FORMAT : A3



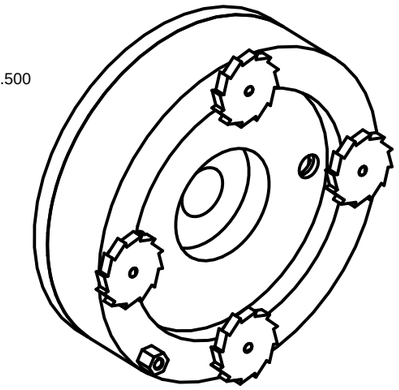


DETAIL A
ECHELLE 2.000





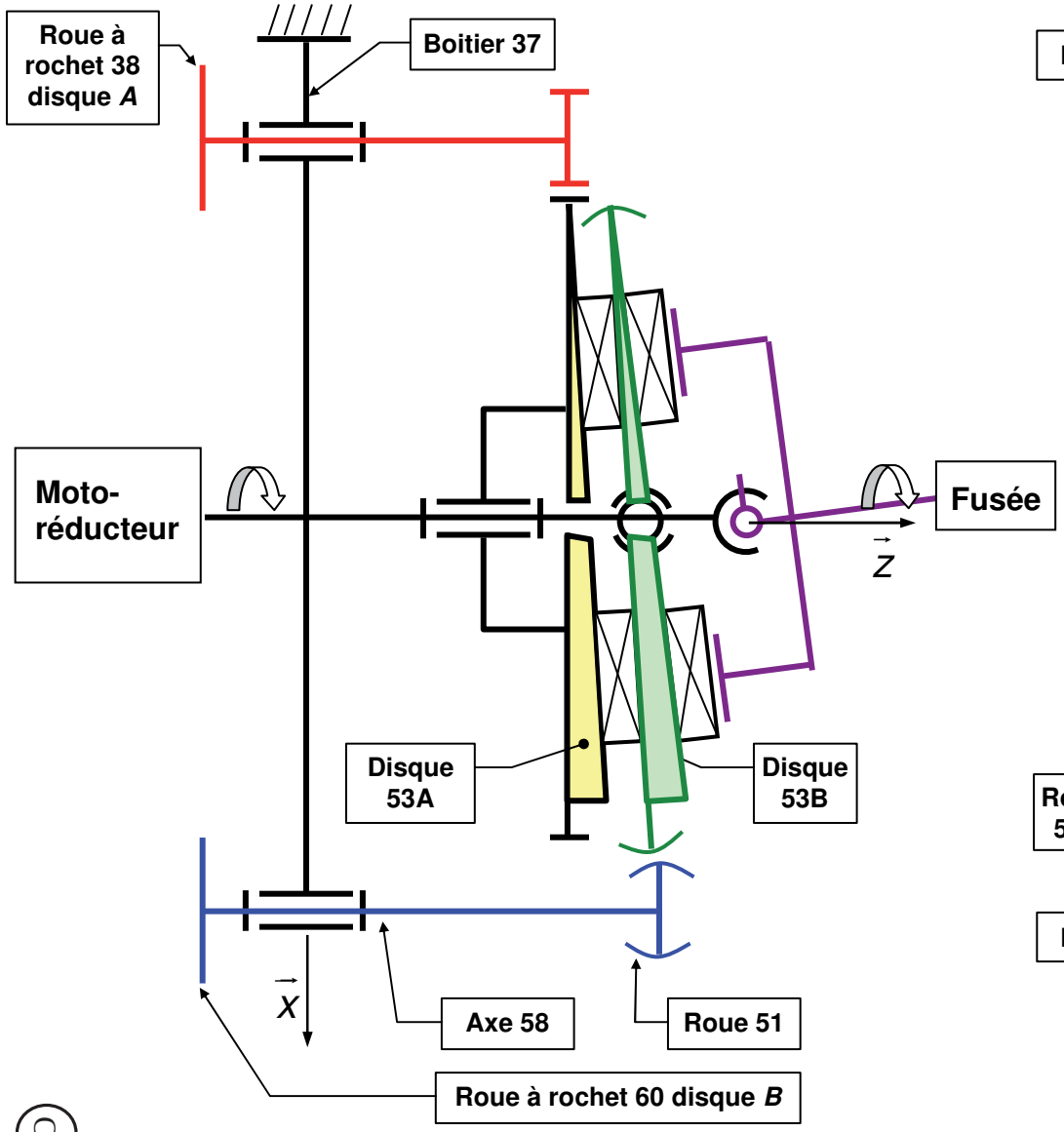
ECHELLE 0.500

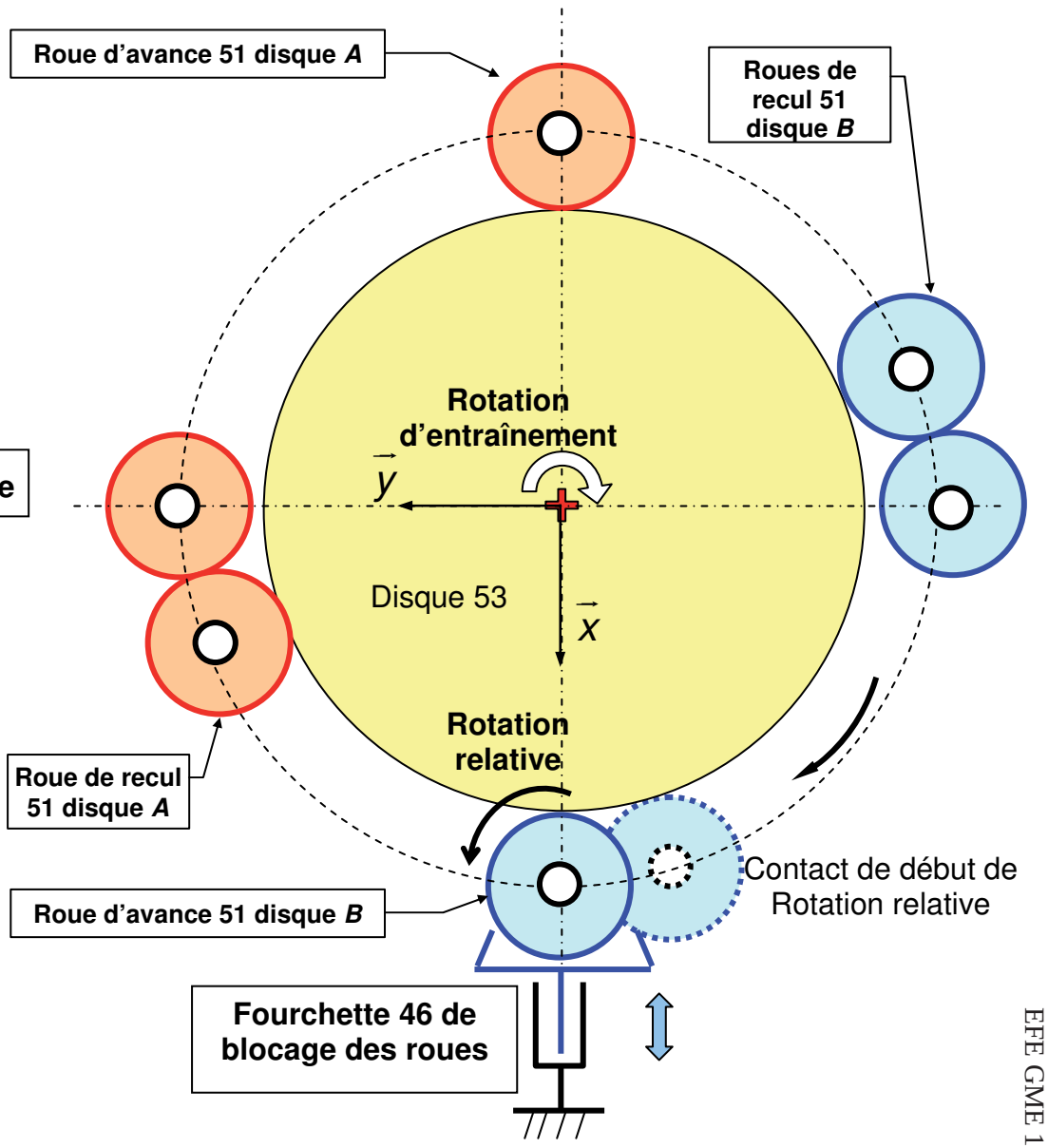


Les roues à rochet "R" entrainent
les disques A et B par l'intermédiaire
de 2 pignons inverseurs non représentés

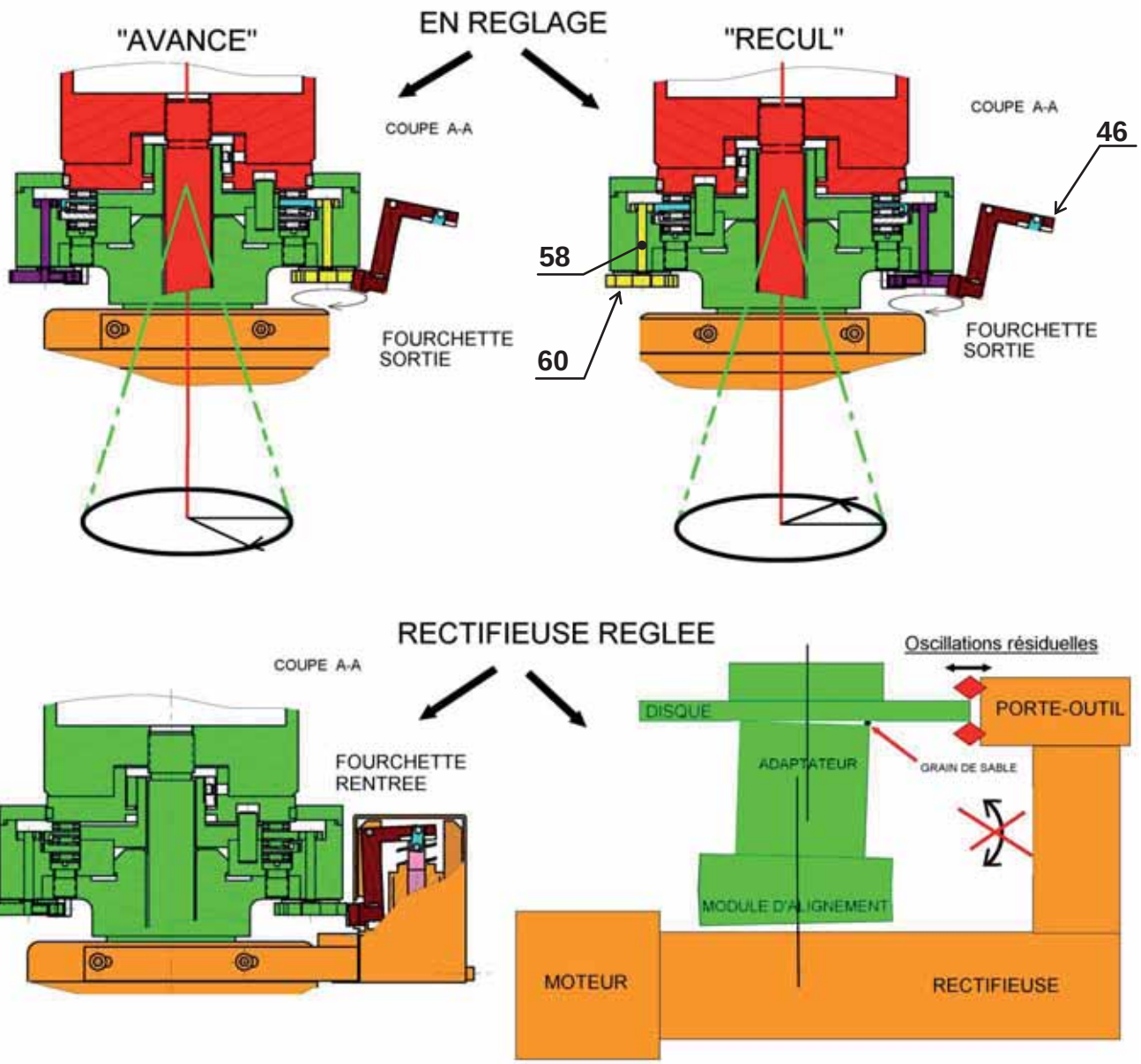
Ch

RECTIFIEUSE POUR DISQUE DE FREIN			ECHELLE: 1.000
Modèle : PRO-CUT 9.0	DATE :		FORMAT : A3
			DT7


Roue à rochet 38 disque A
Boitier 37
Moto-réducteur
Fusée
Disque 53A
Disque 53B
Axe 58
Roue 51
Roue à rochet 60 disque B
X
Z


Roue d'avance 51 disque A
Roues de recul 51 disque B
Rotation d'entraînement
y
Disque 53
X
Rotation relative
Roue de recul 51 disque A
Roue d'avance 51 disque B
Contact de début de Rotation relative
Fourchette 46 de blocage des roues

Ci



Lors du fonctionnement de l'appareil, la rotation du moteur entraîne celle du module d'alignement. Ainsi,les roues à rochet **60**, passent elles régulièrement devant la fourchette d'interception **46**.

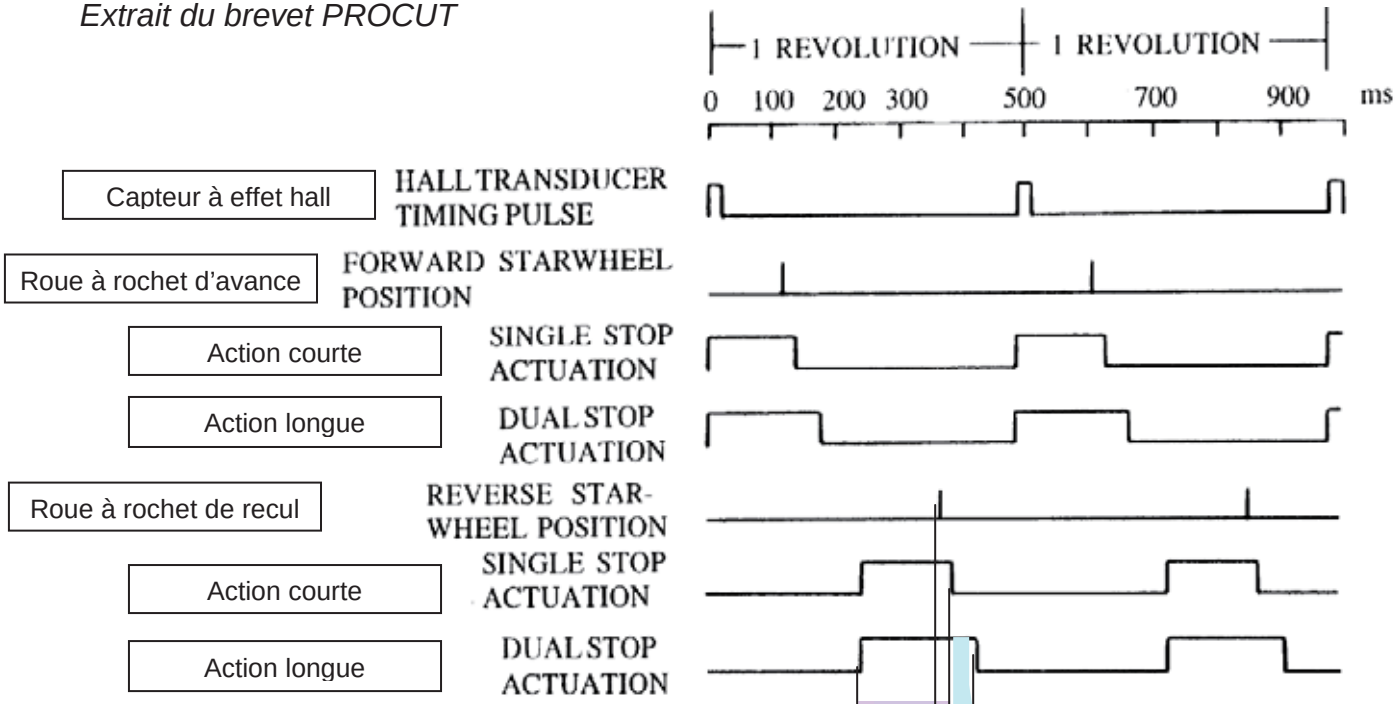
L'information délivrée par le gyromètre permet de piloter la sortie de la fourchette d'interception.
Lorsque cette dernière accroche une dent de la roue à rochet, ceci provoque une rotation relative entre l'axe de guidage **58** et le boîtier du module d'alignement. Cette rotation est ensuite communiquée aux disques pentés **53** ce qui provoque une modification de la position angulaire de la rectifieuse autour de l'axe vertical $\vec{y}$.

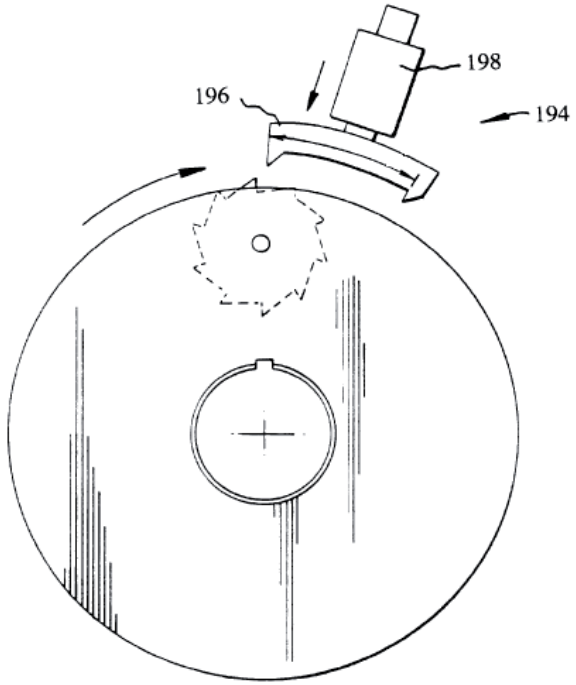
En laissant sortie la fourchette plus longtemps, une 2ème dent de la roue peut être interceptée (Single ou Dual actuation doc DT10). Chaque disque **53** peut donc être déplacé angulairement en proportion de cette durée de sortie de fourchette par rapport au boitier du module d'alignement **59**.

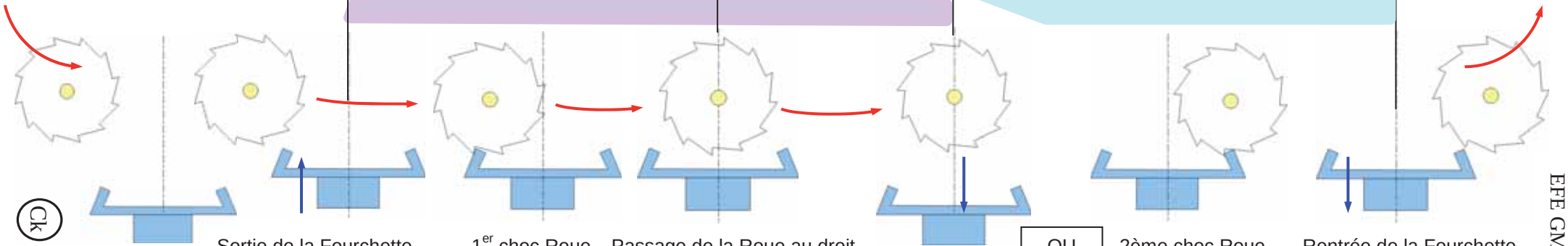
*Chaque disque **53** peut être entrainé par 2 roues à rochet, l'une déplaçant le disque dans un sens de rotation différent de l'autre* : « Forward » ou « Reward »

Loi de commande tout ou rien de l'electro aimant **Document DT 10**

Extrait du brevet PROCUT







Sortie de la Fourchette avant l'arrivée de la Roue

1er choc Roue / Fourchette

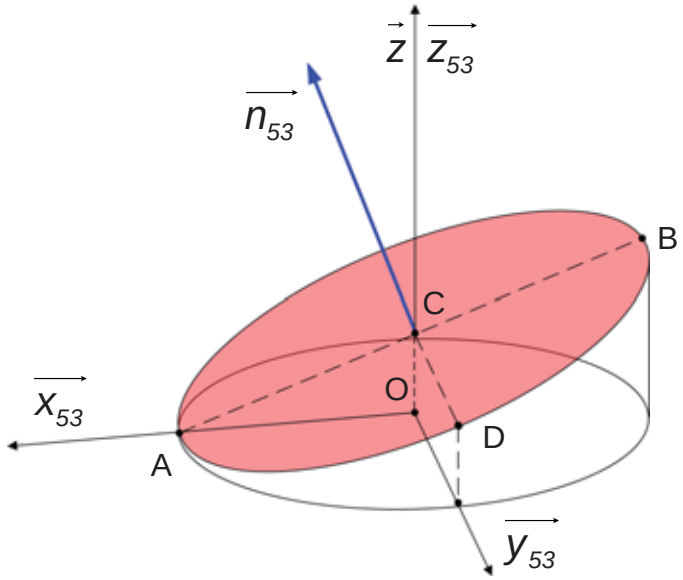
Passage de la Roue au droit de l'axe de la fourchette

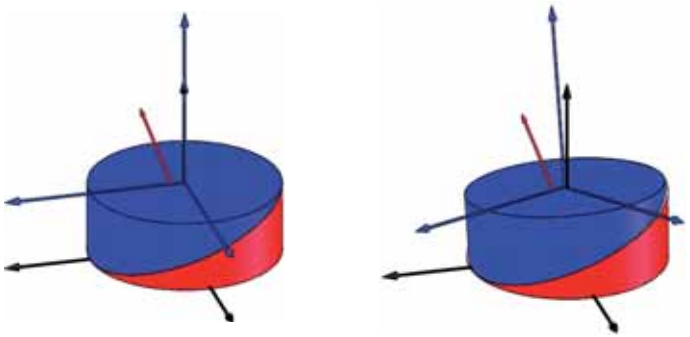
Rentrée de la Fourchette

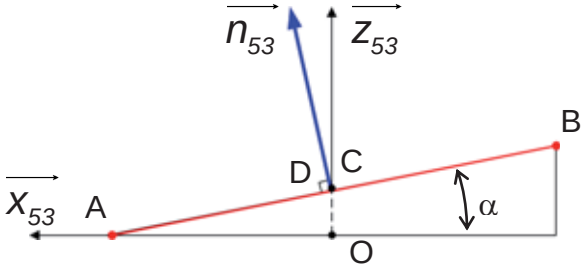
OU

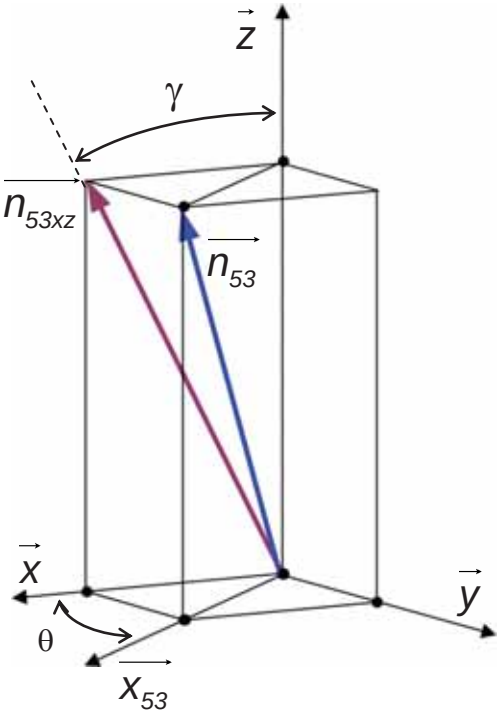
2ème choc Roue / Fourchette

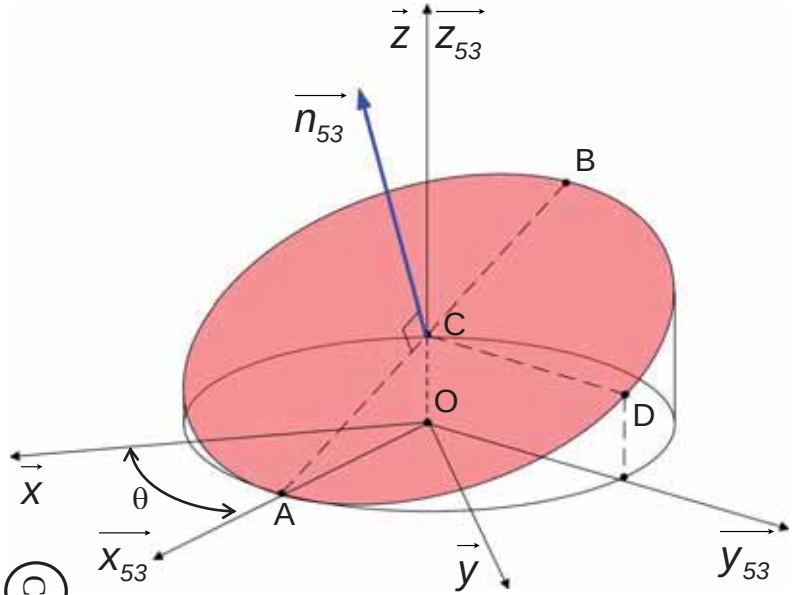
Rentrée de la Fourchette après le 2ème choc Roue / Fourchette

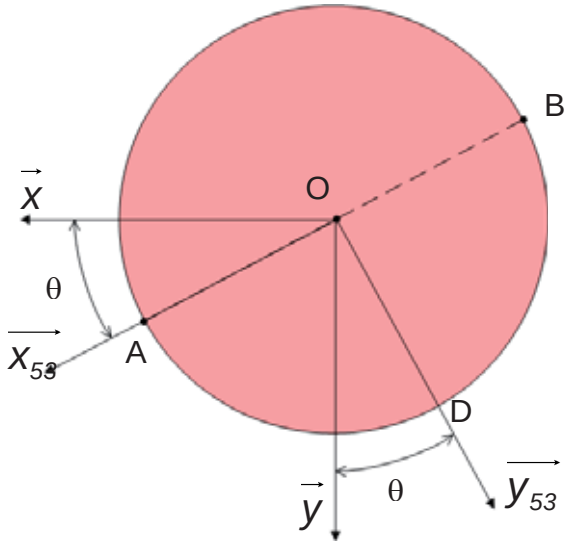












$\overrightarrow{OA} = R.\overrightarrow{x_{53}}$; $\overrightarrow{OC} = z_C.\vec{z}$; $\overrightarrow{CD} = R.\overrightarrow{y_{53}}$

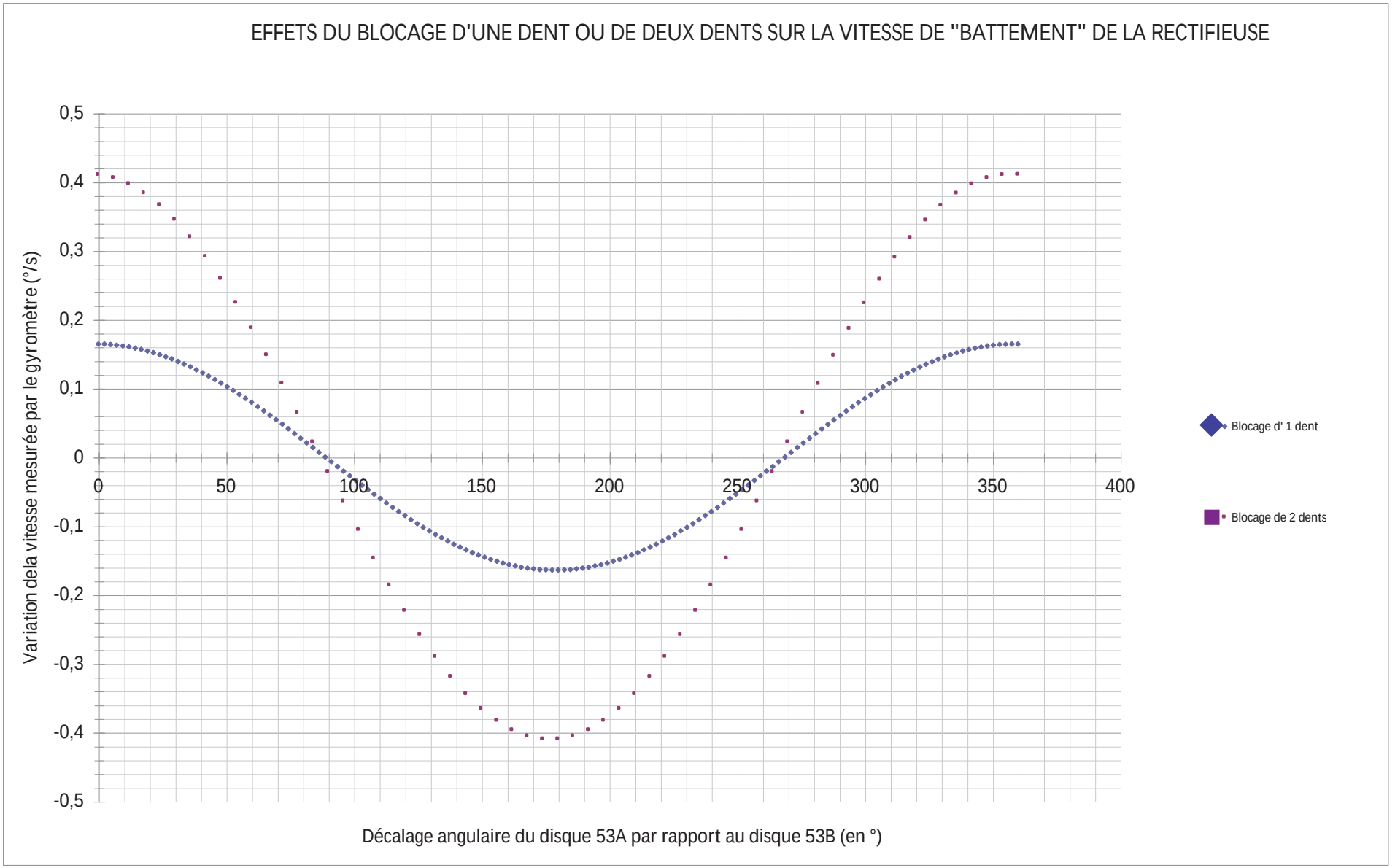
$\alpha = \left(\overrightarrow{AO},\overrightarrow{AC}\right)$

$\theta = \left(\vec{x},\overrightarrow{x_{53}}\right) = \left(\vec{y},\overrightarrow{y_{53}}\right)$

$\gamma = \left(\vec{z},\overrightarrow{n_{53xz}}\right)$

$\overrightarrow{n_{53}}$ vecteur unitaire normal au plan ADB

$\overrightarrow{n_{53xz}}$ vecteur résultant de la projection de $\overrightarrow{n_{53}}$ dans la plan $\left(\vec{x},\vec{z}\right)$


EFFETS DU BLOCAGE D'UNE DENT OU DE DEUX DENTS SUR LA VITESSE DE "BATTEMENT" DE LA RECTIFIEUSE
Variation dela vitesse mesurée par le gyromètre (°/s)
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
-0,1
-0,2
-0,3
-0,4
-0,5
0
50
100
150
200
250
300
350
400
Décalage angulaire du disque 53A par rapport au disque 53B (en °)
Blocage d' 1 dent
Blocage de 2 dents

Arbre moteur

$I_{G_5X} = 9{,}11.10^{-4}\ kg.m^2$

Arbre avance

$I_{G_{14}Z} = 2{,}25.10^{-4} kg.m^2$

arbre creux

$I_{G_3Z} = 1{,}0427.10^{-3} kg.m^2$

arbre creux
+ module alignement

$I_{G_{3\text{-}2}Z} = 5{,}4.10^{-3} kg.m^2$

arbre creux
+ adaptateur

$I_{G_{3\text{-}31}Z} = 1{,}32.10^{-2} kg.m^2$

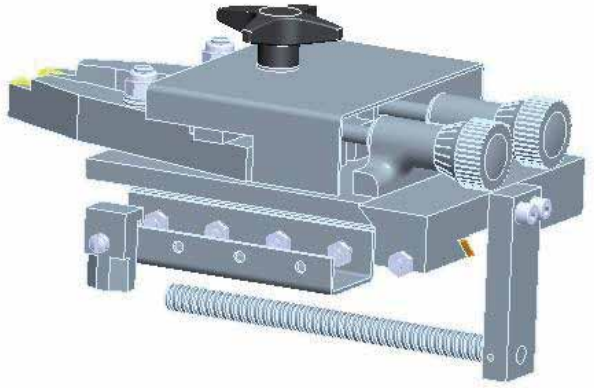
poulie folle

$I_{G_{11}Z} = 3{,}82.10^{-5} kg.m^2$

arbre écrou

$I_{G_{17}X} = 2{,}77.10^{-5}\ kg.m^2$

chariot porte outil



$M_{Chariot} = 6\ kg$

Gn