

DOSSIER D'ETUDE

Cette étude comprend 6 parties.

Ces parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans n'importe quel ordre.

Il est conseillé de consacrer à chacune de ces parties la durée suivante :

Lecture du dossier et des documents techniques	0 h 30
1 ^{ère} partie	0 h 30
2 ^{ème} partie	0 h 40
3 ^{ème} partie	0 h 40
4 ^{ème} partie	0 h 40
5 ^{ème} partie	0 h 30
6 ^{ème} partie	2 h 30

BANC D'ESSAI POUR MOTOCYCLES

PRESENTATION ET OBJECTIFS

L'étude porte sur la modification d'un banc d'essai pour motocycles (document DT1).

Ce banc, équipement essentiel pour la mise au point de l'ensemble moteur transmission, permet de vérifier leur bonne adaptation, en simulant le comportement de la moto par une intégration de toutes les résistances à l'avancement.

Simulation des effets d'inertie :

- un rouleau d'inertie primaire est directement mis en rotation par la roue de la moto,
- un rouleau d'inertie secondaire est lié au précédent par une transmission par courroie plate ; des disques d'inertie supplémentaires peuvent être fixés sur celui-ci permettant ainsi un ajustement précis des effets d'inertie.

Cet ensemble permet de simuler l'énergie cinétique de la moto si elle devait rouler sur route.

Simulation de la résistance à l'avancement :

- Un dispositif de freinage aérodynamique constitué d'un moulinet est lié au rouleau secondaire. Le flux d'air brassé par ce moulinet est ainsi proportionnel à la fréquence de rotation de la roue de la moto, simulant ainsi la résistance aérodynamique lorsque celle-ci roule sur route.

Simulation de la résistance à la pente et au roulement :

- Un frein électrique permettant de réaliser des essais à différentes charges et ainsi de simuler une piste d'essai, est entraîné par le rouleau secondaire par l'intermédiaire d'une seconde transmission à courroie.

Le système initial nécessitait l'utilisation d'abaques pour le moulinet, et de mesurer les caractéristiques électriques de consommation du frein pour connaître la puissance absorbée par le banc.

Pour permettre une utilisation plus aisée de l'ensemble, on envisage d'implanter un couplemètre à l'intérieur du rouleau primaire 12 (voir document DT5).

Ce couplemètre permettra ainsi de mesurer directement le moment du couple transmis par le rouleau à l'arbre d'entrée (partiellement représenté sur le document DT5 : repère 8), lié à la poulie (repère 3 du même document).

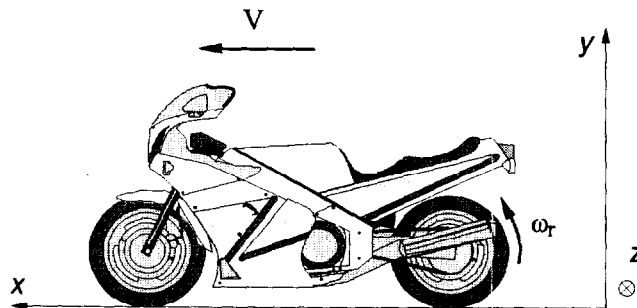
Cette modification entraîne une refonte de l'architecture de l'ensemble primaire, sachant que les dimensions d'encombrement du banc doivent rester inchangées.

Un disque tachymétrique complète l'ensemble et permet d'avoir, par l'intermédiaire d'un capteur, les indications de vitesse de rotation, permettant ainsi, avec la mesure du couple, de connaître la puissance absorbée par le banc.

L'étude porte donc sur la nouvelle conception de l'ensemble.

1 - ETUDE ENERGETIQUE PRELIMINAIRE

<i>Matière d'œuvre</i>	données ci-dessous
<i>Domaine étudié</i>	la moto
<i>Objectif</i>	déterminer l'énergie cinétique de l'ensemble de la moto



On souhaite dans un premier temps, déterminer les caractéristiques cinétiques du banc.

Pour cela, on envisage le cas de fonctionnement suivant :

lorsqu'elle roule sur route droite et horizontale, l'énergie cinétique E_C de la moto est celle d'un ensemble de masses en translation et en rotation.

Soit m la masse totale de l'ensemble : moto complète (y compris les roues) plus passager.

Soit I_r le moment d'inertie d'une roue par rapport à son axe de rotation. (Identique pour les deux roues.)

Toutes les autres masses tournantes (moteur, transmission, etc. sont négligées)

On désigne par V la norme de la vitesse de la moto par rapport au sol.

On désigne par ω_r la vitesse de rotation angulaire d'une roue par rapport au châssis de la moto.

- 1.1 Exprimer littéralement ω_r en fonction de V et du rayon R d'une roue.
- 1.2 Donner l'expression de l'énergie cinétique totale E_{C1} de l'ensemble des masses en translation et en rotation lors du déplacement à vitesse constante V et dans son mouvement par rapport au sol.
- 1.3 Application numérique : Calculer E_{C1} pour une vitesse de 200 km/h.

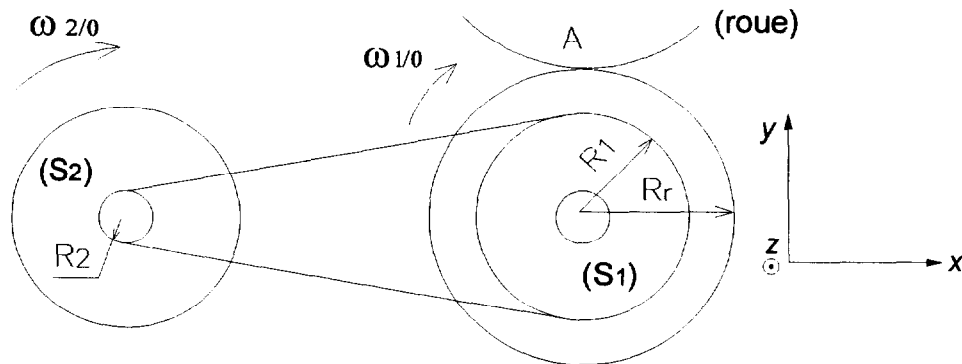
Données : moto : $m = 300$ kg (dont 90 kg pour le pilote et 20 kg pour les deux roues)
roue : $I_r = 0,7$ kg.m² ; diamètre extérieur d'une roue : $D = 0,6$ m

2 - DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES CINETIQUES DU BANC

Matière d'œuvre dossier technique DT1
données ci-dessous

Domaine étudié rouleaux et disques d'inertie

Objectif déterminer les caractéristiques cinétiques du banc



On désigne par : $\vec{\Omega}_{1/0} = \omega_{1/0} \cdot \vec{z}$ la vitesse angulaire du rouleau primaire S_1 par rapport au bâti S_0
 $\vec{\Omega}_{2/0} = \omega_{2/0} \cdot \vec{z}$ la vitesse angulaire du rouleau secondaire S_2 par rapport au bâti S_0

I_1 le moment d'inertie du rouleau S_1 par rapport à son axe de rotation

I_2 le moment d'inertie du rouleau S_2 par rapport à son axe de rotation

I_D le moment d'inertie de l'ensemble des disques amovibles (fixés sur S_2) par rapport à l'axe de rotation.

R_1 le rayon primitif de la poulie liée à S_1

R_2 le rayon primitif de la poulie liée à S_2 .

R_r le rayon extérieur du rouleau S_1 .

Les résistances passives dues aux paliers sont négligées.

- 2.1 Exprimer l'énergie cinétique notée Ec_2 de l'ensemble des deux rouleaux et des disques en fonction de la vitesse de rotation angulaire $\omega_{1/0}$, I_1 , I_2 , I_D , R_1 , R_2 .
- 2.2 Exprimer la condition de roulement sans glissement au point A entre roue et rouleau et en déduire la relation entre la vitesse V de la moto sur route et la vitesse angulaire $\omega_{1/0}$ du rouleau.
Déterminer l'expression de cette même énergie cinétique Ec_2 en fonction de la vitesse périphérique V du rouleau primaire.
- 2.3 L'équivalence de comportement de la moto sur route et au banc implique que les deux énergies cinétiques Ec_1 déterminée à la première question et Ec_2 sont identiques.
En déduire la relation à respecter entre la masse de l'ensemble : moto plus passager, et les moments d'inertie.
- 2.4 Application numérique : rouleau primaire : $I_1 = 1,3 \text{ kg.m}^2$; rouleau secondaire : $I_2 = 0,6 \text{ kg.m}^2$
Calculer le moment d'inertie I_D des disques.

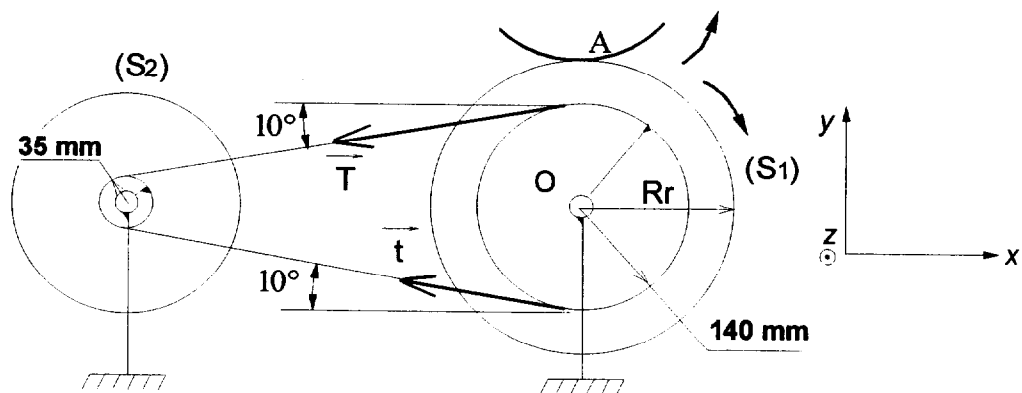
- 2.5 Justifier le fait de positionner les disques sur le rouleau secondaire S_2 .
- 2.6 Les disques ont un diamètre de 300 mm (diamètre intérieur négligé), ils sont en acier de masse volumique 7850 kg/m^3 .
On rappelle que pour un disque de masse m et de rayon r , le moment d'inertie par rapport à son axe de rotation Δ est : $I_{\Delta} = mr^2/2$: calculer l'épaisseur totale de ces disques.

3 - ETUDE DE LA TRANSMISSION PAR COURROIE

Matière d'œuvre données ci-dessous

Domaine étudié transmission de puissance entre les rouleaux

Objectif En se plaçant dans une configuration d'avant projet pour laquelle on est à couple maximum et à vitesse de rotation stabilisée : déterminer les sollicitations dans la courroie.



Lors du fonctionnement, les tensions des deux brins deviennent : T (brin tendu) et t (brin mou).

avec : $T = \|\vec{T}\|$ et $t = \|\vec{t}\|$.

A la limite du glissement, T et t sont liés par la relation : $T = t.e^{f.\alpha}$ avec : f : coefficient de frottement
 α : angle d'enroulement en radians

L'action de la roue sur le rouleau S_1 est modélisée par le torseur :

$$A \begin{Bmatrix} X_A & 0 \\ Y_A & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}$$

L'action des paliers est modélisable par un torseur caractéristique d'une liaison pivot parfaite d'axe (O, \vec{z})

L'étude est faite à la limite d'adhérence entre roue et rouleau : le coefficient d'adhérence étant : $\mu = 0,7$
Le problème est ici assimilable à un problème plan.

Données : $Y_A = -3000 \text{ N}$; $R_r = 0,2 \text{ m}$; $f = 0,7$

Pour simplifier on prendra des angles d'enroulements identiques : $\alpha_1 = \alpha_2 = \pi$

- 3.1 Déterminer la relation entre X_A et Y_A à la limite d'adhérence.
- 3.2 En étudiant l'équilibre du rouleau S_1 , déterminer la tension dans les différents brins de la courroie et les actions dans la liaison pivot d'axe (O, z) .
- 3.3 Quelle doit être la surface de section de la courroie sachant que sa résistance pratique à l'extension est de 100 Mpa ? (On négligera les contraintes dues à l'enroulement de la courroie.)

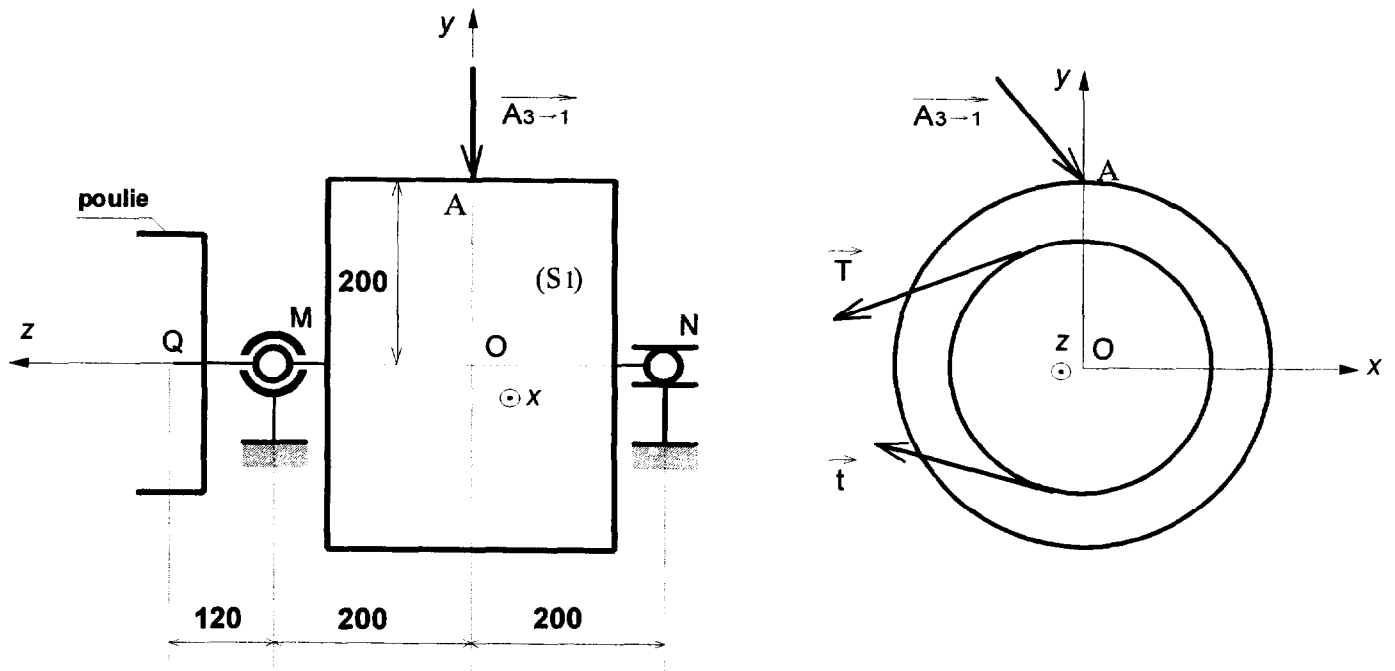
4 – DETERMINATION DE LA DUREE DE VIE DU MONTAGE DE ROUEMENTS

Matière d'œuvre données ci-dessous
dossiers techniques DT2 et DT3

Domaine étudié liaison rouleau S_1 , bâti

REGIME ETABLI

Objectif Déterminer la durée de vie des paliers



On se place dans un cas limite d'utilisation pour lequel on définit le bilan des actions mécaniques exercées sur le rouleau par :

Action de la courroie sur la poulie :

$$Q \begin{Bmatrix} -3700 & 0 \\ -520 & 0 \\ 0 & 420 \end{Bmatrix}$$

Unités : N et Nm

Action de la roue sur le rouleau :

$$A \begin{Bmatrix} 2100 & 0 \\ -3000 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}$$

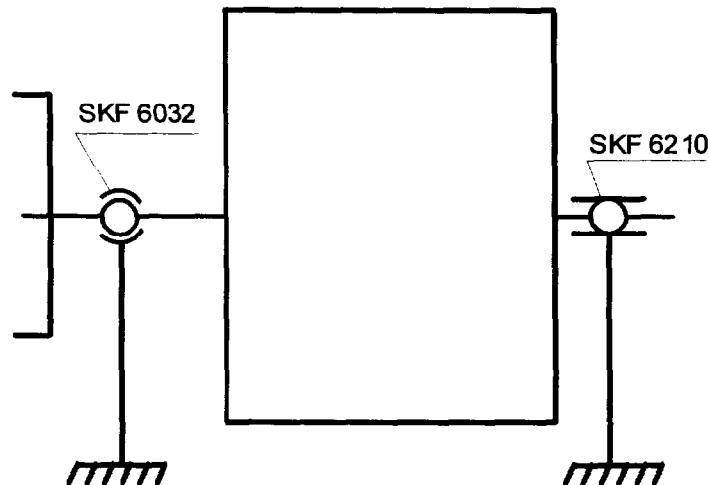
Action de la pesanteur :
$$O \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -P & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix} \text{ avec } P = 500 \text{ N}$$

Action du palier M : celle d'une liaison rotule parfaite.

Action du palier N : celle d'une liaison linéaire annulaire parfaite.

- 4.1 Donner la forme des torseurs des actions mécaniques exercées par les paliers en M et N.
- 4.2 Exprimer tous les torseurs des actions mécaniques extérieures en les réduisant au point M.
- 4.3 Traduire l'équilibre du rouleau et déterminer les actions dans les paliers M et N.
- 4.4 En déduire pour chacun des deux roulements réalisant les liaisons en M et N la valeur des charges axiales et radiales.

4.5



La liaison pivot est assurée en M par un roulement SKF 6032 et en N par un roulement SKF 6210. Ces deux roulements supportent chacun une charge purement radiale qui vaut : 4500 N pour le roulement SKF 6032 et 2700 N pour le roulement SKF 6210.

Déterminer, en millions de tours, la durée de vie nominale de chaque roulement (voir documents DT2 et DT3).

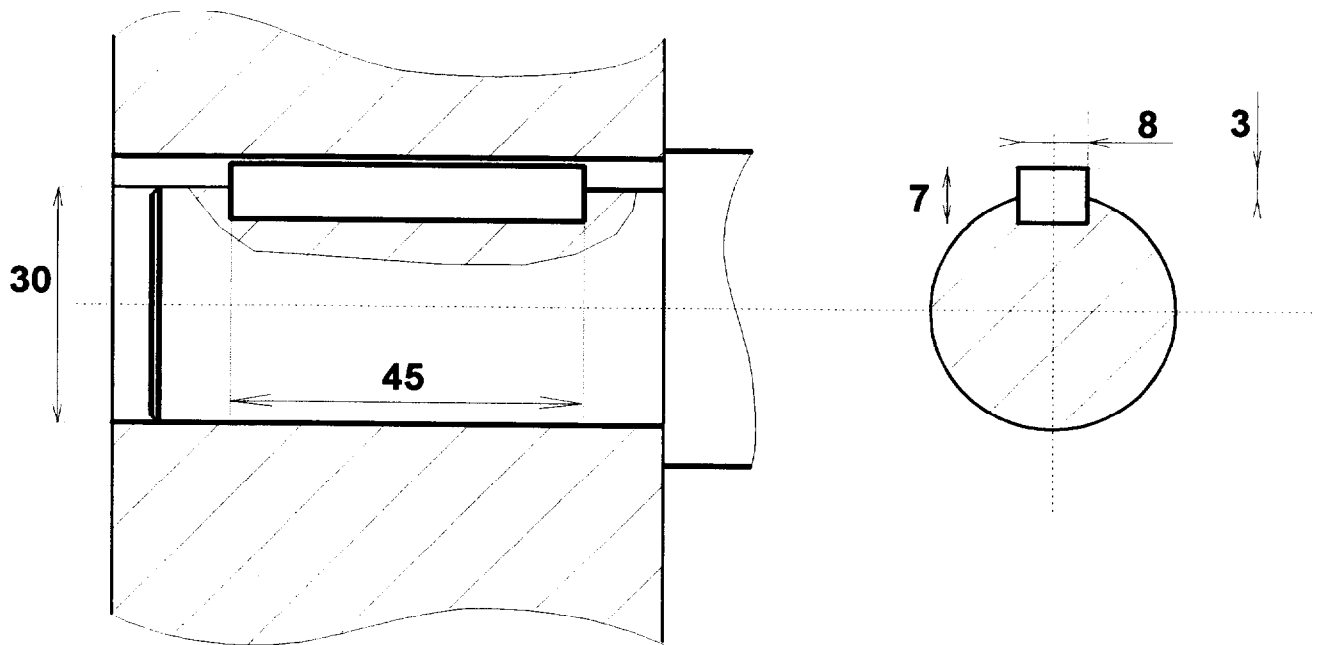
- 4.6 Quelle conclusion peut-on tirer quant à la durée de vie probable de l'ensemble ?

5 - CALCUL DE LA CLAVETTE

Matière d'œuvre données ci-dessous
dossier technique DT4

Domaine étudié liaison arbre / poulie

Objectif vérifier le comportement de la clavette au cisaillement et au matage
vérifier la résistance de l'arbre sous une sollicitation de torsion



On considère le cas où le couple maximum transmis par la poulie au rouleau est de 420 N.m

- 5.1 Ce couple est initialement transmis par l'intermédiaire d'une clavette de dimensions : épaisseur $e = 8$ mm ; hauteur $h = 7$ mm ; longueur $l = 45$ mm.
Déterminer l'effort de cisaillement dans celle-ci.
- 5.2 Déterminer la contrainte de cisaillement dans la clavette et la pression de matage au contact de celle-ci avec la rainure.
Si la pression de matage max. admissible est de 100 Mpa, quelle conclusion pouvez vous en tirer en ce qui concerne le choix d'un clavetage ?
- 5.3 Vérifier, dans le cas le plus défavorable (r_{\min}), la résistance en torsion de la section de l'arbre compte tenu de l'effet de concentration de contraintes, (voir document technique DT4).

On rappelle que pour une section circulaire pleine : $I_O = \frac{\pi d^4}{32}$; pour cet arbre : $\sigma_e = 1200$ Mpa.

6 – ETUDE GRAPHIQUE

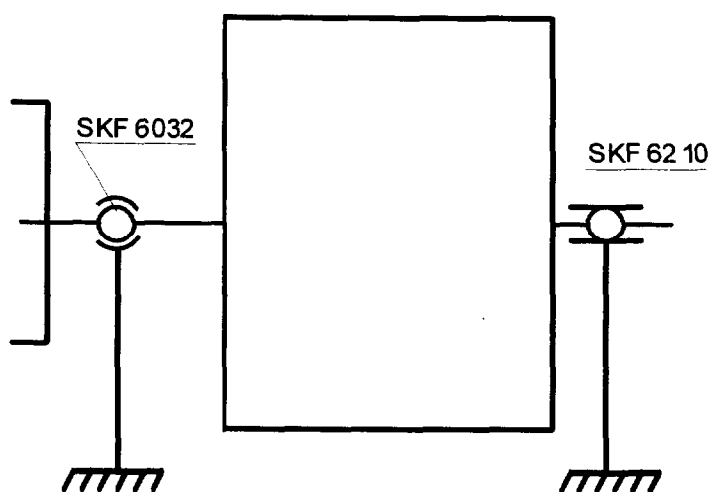
Matière d'œuvre données ci-dessous
dossiers techniques DT5 et DT6
document réponse DR1
matériel du dessinateur industriel

Domaine étudié liaison rouleau S_1 / bâti

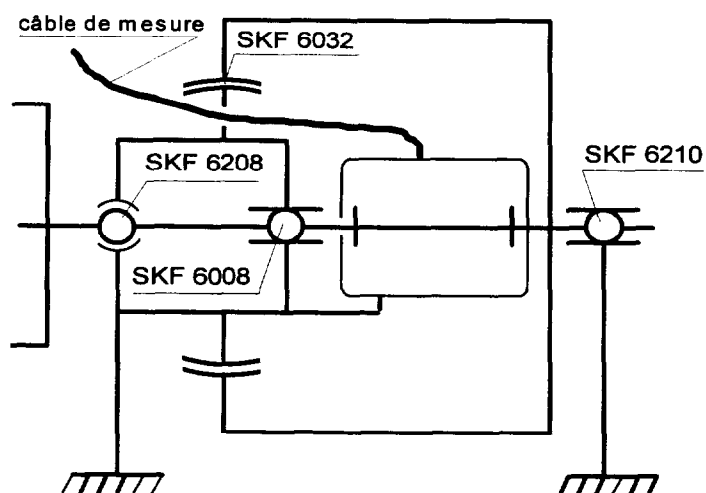
Objectif réaliser une solution constructive respectant le cahier des charges

Le montage d'un couplemètre disposé à l'intérieur du rouleau principal nous amène à revoir l'architecture du banc.

Architecture initiale



nouvelle architecture



Le cahier des charges impose les choix technologiques suivants :

- La liaison du tambour avec le bâti est réalisée à l'aide de deux roulements rigides à une rangée de billes :
 - un roulement SKF 6032 en M, dont le montage est à définir,
 - un roulement SKF 6210 en N dont le montage est imposé.
- Le guidage en rotation de l'arbre d'entrée avec le bâti est réalisé au voisinage de M par deux roulements rigides à une rangée de billes de type SKF 6208 et 6008, dont le montage est à définir.
- Il faudra prévoir, pour le couple mètre le passage du câble de mesure à travers les différents obstacles pour l'amener à l'extérieur du système.
- La poulie doit être immobilisée complètement sur l'arbre d'entrée à l'aide d'une liaison démontable :
 - liaison en rotation par clavettes,
 - immobilisation à définir.
- L'ensemble correspond à une fabrication unitaire.

Travail demandé :

- Compléter aux instruments, à l'échelle 1, le document réponse DR1 afin de définir une solution satisfaisant au cahier des charges proposé.
- Mettre en place les ajustements et les jeux relatifs au montage des roulements.
- Compléter éventuellement le dessin par toutes les vues jugées nécessaires à la compréhension du montage. (Ces vues complémentaires pourront être exécutées à main levée sur feuille de copie).