DOSSIER
DOCUMENTS TRAVAIL

Ce dossier comporte 9 pages numérotées de TD1 à TD9

A - Analyse et compréhension du système ..... TD 1/9

B - Etude de la fonction transformer l'énergie ..... TD 2/9

1 - Etude de la fonction FT2 : « Basculer la bobine » ..... TD 2/9

1.1 Course de l'actionneur…… TD2/9

1.2 Sécurité de la bobine ..... TD 3/9

1.3 Vitesse de sécurité pour l'utilisateur…….. TD 3/9

2 Etude de la fonction FT21 TD 5/9

2.1 Détermination de l'effort pour la position horizontale TD 5/9

2.2 Détermination de l'effort pour tenir toutes les positions TD7/9

2.3 Détermination des dimensions du vérin TD7/9

C Etude de la fonction guidage levier-vérin TD 8/9

D Sécurisation de la fonction FT2 « Basculer la bobine » TD 9/9

Toutes les parties ainsi que les sous-parties sont indépendantes.
Toutefois, il est conseillé de commencer par la première partie.

A - Analyse et compréhension du système

Dans cette partie, il s'agit d'identifier les différents éléments constituant le système et de définir les liaisons entre ces éléments.

Répondre sur le document réponse DR1

Question A.1

En vous aidant du document technique **DT11** :

Sur le document **DR1** :

Calculer en µm les jeux radiaux J MAXI et J Mini entre la pièce N° 30 BAGUE SKF et N°5 AXE VERIN.

Indiquer le type d'ajustement.

Question A.2

En vous aidant du document technique **DT11** :

Dans le cas du montage radial des pièces N°4 LEVIER et N°5 AXE VERIN, les jeux MAXI et Mini sont donnés.

Sur le document **DR1**, indiquer le type d'ajustement.

Question A.3

A l'aide des réponses précédente et des documents **DT7**, **DT8** et **DT9** :

Sur le document **DR1** indiquer l'ensemble des pièces (à partir de celles de la nomenclature) constituant la classe d'équivalence S3 VERIN MOBILE (y compris les pièces déformables). La pièce 29 est supposée fixe par rapport au LEVIER N°4.

Question A.4

Sur le document **DR1**, compléter sur le tableau des liaisons les parties manquantes.

Exemple de réponse précise attendue :

Préciser 1 ou 0 pour toutes les mobilités,

Nom complet de liaison : linéaire annulaire # linéaire rectiligne

Géométrie de la liaison : complète

liaison	Translation suivant l'axe			Rotation suivant l'axe			Nom de la liaison	Repère de la liaison	CONTE-NANT	CONTE-NU
	X	Y	Z	X	Y	Z				
Entre S7 et S8	1	0	0	1	1	1	Linéaire annulaire	Au point U d'axe $(U,\vec{Y})$	S7	S8

Question A.5

Sur le document **DR1**, compléter les cadres avec les numéros des pièces utilisées pour réaliser les fonctions décrites.

B - Etude de la fonction transformer l'énergie :

1 - Etude de la fonction FT2 : « Basculer la bobine »

Pour cette fonction il faut vérifier que les paramètres sont adaptés au cahier des charges.

Hypothèses :

- L'étude des mouvements et des trajectoires s'effectuera dans le plan médian du basculeur $(C, \overrightarrow{x0}, \overrightarrow{y0})$.
- L'étude sera réalisée dans 3 positions : celles–ci sont superposées sur le document réponse **DR2** : La position 1 verticale de la bobine (angle 0°), la position 2 inclinée (angle 45°) et la position finale 3 (angle 90°). Su r **DR3** seule la position 2 est donnée.
- Dans les positions 1 et 3 les vitesses sont nulles (début et fin de mouvement), la vitesse maximum du vérin est atteinte lors de la position intermédiaire 2.
- Les liaisons sont simplifiées : aux points C, D, G, J, H les liaisons sont toutes des articulations de centre le point correspondant.

1.1 - Course de l'actionneur

Question B.1.1.1 : Nature des mouvements

Dans le cadre prévu sur le document réponse **DR2**, donnez la nature des mouvements du levier S4 et de la bielle S5 par rapport au support S1. Si c'est un mouvement de rotation, précisez le centre de rotation.

Question B.1.1.2 : Trajectoires

Dans le mouvement de remontée de la bobine, la tige du vérin est en train de sortir pour passer de la position 1 à la position 2 puis pour finir à la position 3 (voir **DR2**).

Tracez sur le document réponse **DR2**, la trajectoire du point G (centre de la liaison entre la tige du vérin et le levier). Vous inscrirez $\mathbf{T_{G,\ S4/S1}}$ à coté de cette trajectoire.

Tracez sur le document réponse **DR2**, la trajectoire du point J (centre de la liaison entre le levier et le porte-bobine). Vous inscrirez $\mathbf{T_{J,\ S4/S1}}$ à coté de cette trajectoire.

Tracez sur le document réponse **DR2**, la trajectoire du point H (centre de la liaison entre la bielle et le porte-bobine). Vous inscrirez $\mathbf{T_{H,\ S5/S1}}$ à coté de cette trajectoire.

Question B.1.1.3 : Course du vérin

Sur le document réponse **DR2**, entre la position 1 et la position 3, écrire dans le cadre prévu la relation permettant de déterminer la course utile maximum de la tige du vérin en fonction des distances entre les points.

Compte tenu de l'échelle du plan du document réponse **DR2**, faites l'application numérique et inscrivez-la dans le cadre prévu.

Question B.1.1.4 : Course du vérin

Sur le document réponse **DR2,** le vérin choisi pour le système est un modèle **HFR2S Série M250 Code HFR 0200100**, la course de ce modèle est–elle compatible avec le besoin ? Répondre dans le cadre prévu sur le document réponse **DR2** (si il faut moins de course, le vérin est modifiable pour respecter l'encombrement, ne s'occuper que de la possibilité de réaliser la course)

1.2 - Sécurité de la bobine

Question B.1.2.1 : Sens du mouvement

A partir de la trajectoire des points J et H, en déduire la direction et le sens des vitesses par rapport au support S1, des points J1 et H1 (en position 1) : Les inscrire dans le cadre prévu sur le document réponse **DR2.**

Question B.1.2.2 : CIR

Déterminez et tracez sur le document réponse **DR2**, le point I1 centre instantané de rotation (CIR) du porte-bobine S6 dans son mouvement par rapport au support S1.

Question B.1.2.3 : Mouvement du point Q1

Déterminez et tracez sur le document réponse **DR2**, une flèche à partir du point Q1 indiquant précisément (par construction) la direction et le sens du mouvement de ce point P par rapport au support S1. Le point Q est un point de contact entre le sol et la bobine, il appartient à la classe d'équivalence S6.

Question B.1.2.4 : Mouvement du point M1

Déterminez et tracez sur le document réponse **DR2**, une flèche à partir du point M1 indiquant précisément (par construction) la direction et le sens du mouvement de ce point M1 par rapport au support S1. Le point M1 est un autre point de contact entre le sol et la bobine situé coté support.

Question B.1.2.5 : Sécurité de la bobine

Compte tenu des réponses aux questions B.1.2.3 et B.1.2.4, que risque la bobine en contact avec le sol au début du mouvement ? Répondre dans le cadre prévu sur le document réponse **DR2.**

Question B.1.2.6 : Risques supplémentaires de la bobine

Si la bobine a un diamètre extérieur encore plus grand que celui présenté sur le système actuel, que risque-t-il d'arriver au début du mouvement ? Et que devra faire l'utilisateur pour pallier à ce problème ? Répondre dans le cadre prévu sur le document réponse **DR2.**

1.3 - Vitesse de sécurité pour l'utilisateur

En position 2, la tige du vérin est à sa vitesse maximum de sortie. On veut vérifier, pour des raisons de précaution, que la vitesse maximum en bout de bobine n'atteigne pas la vitesse limite $||\overrightarrow{V_{N\ S6/S1}}|| = 200$ mm/s.

Le point **N** est un point à l'extrémité de la bobine (position 2).

Les réponses se feront sur le document réponse **DR3**. Il contient 2 épures **A** et **B** avec des tracés d'échelles différentes.

Question B.1.3.1 : vitesse au point G2/S2

Sur le document réponse **DR3** EPURE **A.**

Le vérin mobile S3 est en translation par rapport au fut du vérin S2 (trajectoire $T_{G2\ S3/S2}$ = (AG2) pour la position étudiée).

Tracer le vecteur vitesse de sortie de tige du vérin $\overrightarrow{V_{G2\ S3/S2}}$ de module $||\overrightarrow{V_{G2\ S3/S2}}|| = 11$ mm/s, échelle épure **A** 12 mm pour 1 mm/s.

Question B.1.3.2 : relations de vitesses

Sur le document réponse **DR3** EPURE **A.**

Ecrire la relation de composition de vitesse entre $\overrightarrow{V_{G2\ S4/S1}}$ $\overrightarrow{V_{G2\ S4/S3}}$ $\overrightarrow{V_{G2\ S3/S2}}$ $\overrightarrow{V_{G2\ S2/S1}}$

Donner la valeur de $\overrightarrow{V_{G2\ S4/S3}}$, vu la liaison entre S4 et S3 ?

Question B.1.3.3 : vitesse au point G2/S1

Sur le document réponse **DR3** EPURE **A.**

Tracer la direction au point G2 de $\overrightarrow{V_{G2\ S4/S1}}$, (utiliser la trajectoire $T_{G2\ S4/S1}$ vue Q B1.1.2).
Depuis G2 et l'extrémité de $\overrightarrow{V_{G2\ S4/S3}}$ tracer la direction de $\overrightarrow{V_{G2\ S2/S1}}$ (on imagine que G2 appartient à S2 comme si G2 était fixé à S2. Vu la liaison entre S2 et S1, en déduire le mouvement de S2 qui donne la trajectoire de G2 $\in$ S2 et la direction de la vitesse).
En déduire et tracer le vecteur $\overrightarrow{V_{G2\ S4/S1}}$., échelle épure **A** 12 mm pour 1 mm/s.

ATTENTION CHANGEMENT D'EPURE ET D'ECHELLE.

Question B.1.3.4 : Champ des vitesses

Sur le document réponse **DR3** EPURE **B.**

Depuis G2 tracer $\overrightarrow{V_{G2\ S4/S1}}$ en prenant les valeurs de l'épure A avec l'échelle 1 mm pour 1 mm/s.
Tracer le point J', intersection de la trajectoire $T_{J\ S4/S1}$ et de la droite (DG2) ainsi que la direction de la vitesse $\overrightarrow{V_{J'\ S4/S1}}$.
Grâce à $\overrightarrow{V_{G2\ S4/S1}}$, tracez le champ des vitesses de S4 (triangle des vitesses) pour trouver $\overrightarrow{V_{J'\ S4/S1}}$., échelle épure B 1 mm pour 1 mm/s.

Question B.1.3.5 : Utilisation du champ des vitesses

Sur le document réponse **DR3** EPURE **B.**

En déduire la vitesse $\overrightarrow{V_{J2\ S4/S1}}$, du point J2 par rapport au support S1. La tracer depuis J2 (direction, sens, intensité), échelle épure **B** 1 mm pour 1 mm/s.
Donner dans le tableau, la relation entre $\overrightarrow{V_{J2\ S4/S1}}$, et $\overrightarrow{V_{J2\ S6/S1}}$?

Question B.1.3.6 : CIR

Sur le document réponse **DR3** EPURE **B.**

Donner dans le tableau la relation au point H2 entre $\overrightarrow{V_{H2\ S5/S1}}$ et $\overrightarrow{V_{H2\ S6/S1}}$?

Déterminez et tracez, le point I2 centre instantané de rotation (CIR) du porte-bobine S6 dans son mouvement par rapport au support S1 (position 2).

Question B.1.3.7 : Direction

Sur le document réponse **DR3** EPURE **B.**

Déterminez et tracez, la direction de $\overrightarrow{V_{N\ S6/S1}}$ du point N.

Question B.1.3.8 : Equiprojectivité

Sur le document réponse **DR3** EPURE **B.**

Grâce à la méthode de l'équiprojectivité, déterminez et tracez, la vitesse du point N : $\overrightarrow{V_{N\ S6/S1}}$, échelle épure **B** 1 mm pour 1 mm/s. Mesurer et donner son intensité en mm/s dans le tableau.

Question B.1.3.9 : Vérification critère de précaution

La vitesse du point N $\overrightarrow{V_{N\ S6/S1}}$ reste – elle inférieure à la vitesse limite ? Répondre dans le tableau sur le document réponse **DR3 (**Rappel $||\overrightarrow{V_{N\ S6/S1}}||$ limite = 200 mm/s).

2 - Etude de la fonction FT21 : "Transformer une pression en effort»

Pour cette fonction, il faut valider le choix du vérin.

Hypothèses :

- Le basculement de la bobine étant suffisamment lent nous négligeons l'effet dynamique. Le problème sera traité comme en statique.
- le problème est considéré comme plan dans le plan (C, $\overrightarrow{X_0}$, $\overrightarrow{Y_0}$) identique à la position de la coupe A-A du document DT8,
- Les bielles sont considérées comme un seul ensemble lié,
- les liaisons de centres A, C, D, F, G, J, H sont considérées comme parfaites,

Le frottement dans le vérin est négligé.
La masse de la bobine et des pièces du porte bobine est de 41,1 Kg avec comme centre de gravité le point P (il est indiqué sur les DR). Dans le repère R_1 d'origine K, $\overrightarrow{KP} = - 259 \times \overrightarrow{Y_1}$. Pour la position horizontale étudiée $\overrightarrow{X_0} = - \overrightarrow{Y_1}$
Valeur de la constante d'attraction terrestre g = 9,81 m/s^2
Les efforts sont notés : $\overrightarrow{\text{Point d'action}}_{S?/S?}$: exemple => $\overrightarrow{G}_{S3/S4}$

2.1 - Détermination de l'effort en statique pour tenir la position bobine à l'horizontale

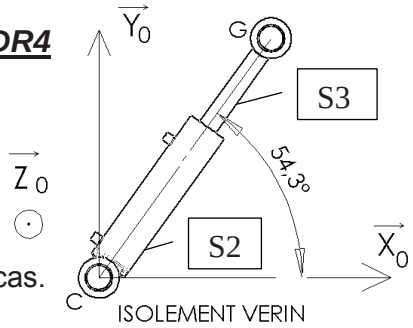
Effectuer les tracés sur le document réponse DR4

Question B.2.1.1 : Isolement de la bielle

Sur feuille de copie,

Effectuer le bilan des actions mécaniques extérieures.
Enoncer le principe fondamental de la statique adapté à ce cas.
Tracer sur le document **DR4** la droite d'action de l'effort du porte-bobine S6 sur la bielle S5.

Effectuer les tracés sur le document réponse DR4



Question B.2.1.2 : Isolement de S2&S3 ensemble Vérin (tige + fut)

Sur feuille de copie,

Ecrire si le vérin travaille en tirant ou poussant.
Effectuer le bilan des actions mécaniques extérieures.
Enoncer le principe fondamental de la statique adapté à ce cas.
En déduire la direction des forces.
Sur le document **DR4** tracer la droite d'action de l'effort du levier sur le vérin.

Effectuer les tracés sur le document réponse DR4

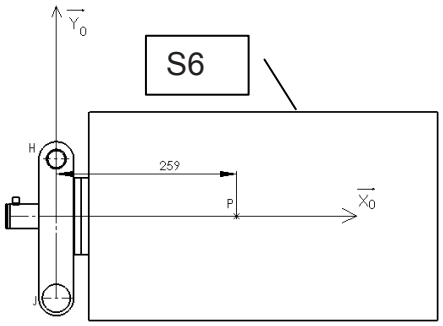
Question B.2.1.3 : Action de S3 sur S4

Sur feuille de copie,

Exprimer les composantes de la force de S3 tige du vérin sur S4 levier dans le repère R_0 en fonction de l'angle de 54,3° et de l'intensité $\|\overrightarrow{G}_{S3/S4}\|$.

$\overrightarrow{G}_{S3/S4} = G_X \bullet \overrightarrow{X_0} + G_Y \bullet \overrightarrow{Y_0}$

L'écrire sous forme de torseur au point G dans le repère R_0 : $\{G_{S3/S4}\} = \begin{Bmatrix} ? & 0 \\ ? & 0 \\ 0 & ? \end{Bmatrix}_{(G,R0)}$



Question B.2.1.4 : Isolement de S6 porte bobine

Sur feuille de copie,

Calculer l'intensité de $||\vec{P}_{Terre/S6}||$ en N

Effectuer le bilan des actions mécaniques extérieures.

Enoncer le principe fondamental de la statique adapté à ce cas pour une étude en statique graphique.

Sur le document **DR4**

Résoudre graphiquement en expliquant votre démarche et donner les intensités (échelle efforts 1 mm => 4 N) et les angles par rapport à $\vec{X_0}$ des efforts de S4 levier et de S5 bielle sur S6.

<u>Effectuer les tracés sur le document réponse DR4</u>

Question B.2.1.5 : Isolement du levier

Le levier S4 est soumis à 3 actions mécaniques.

Quel que soit le résultat trouvé précédemment on prendra pour la suite le torseur de l'effort de S6 porte bobine sur S4 levier égal à :

$$\{J_{S6/S4}\} = \begin{Bmatrix} -522\,N & 0 \\ -704\,N & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(J,R0)}$$

Sur document **DR5**

B.2.1.5.a : Ecrire les 2 autres torseurs en les exprimant au point de l'action.

Les inconnues peuvent être exprimées sous la forme :(Exemple point L) $\{L_{S?/S?}\} = \begin{Bmatrix} X_L & 0 \\ Y_L & 0 \\ 0 & N_L \end{Bmatrix}_{(L,R0)}$

Dans le plan (D, $\vec{X_0}$, $\vec{Y_0}$) les valeurs Z_L, L_L, M_L sont nulles.

Donner les moments en Nm.

$\{G_{S3/S4}\} = \begin{Bmatrix} ? & 0 \\ ? & 0 \\ 0 & ? \end{Bmatrix}_{(G,R0)}$ (Réponse de Q B.2.1.3)	$\{D_{S0/S4}\} = \begin{Bmatrix} ? & 0 \\ ? & 0 \\ 0 & ? \end{Bmatrix}_{(D,R0)}$

B.2.1.5.b : Nous cherchons uniquement la valeur de $||\vec{G}_{S3/S4}||$. Nous pouvons écrirons une seule équation pour la trouver : celle des moments.

Pour un solide en équilibre statique soumis à 3 forces la somme des moments est nulle en tout point.

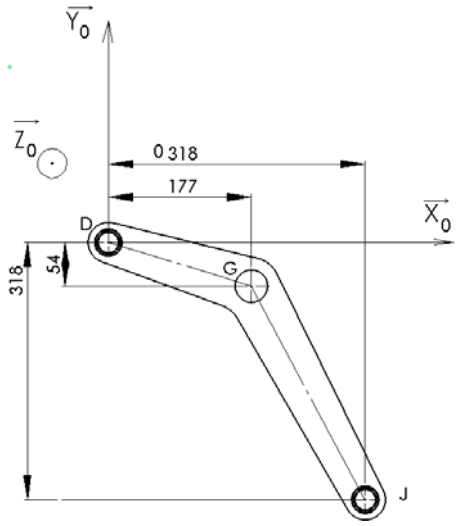
Sur document **DR5**

Exprimer les 3 torseurs au point D (forces en N, moments en Nm)

Ecrire l'équation des moments par rapport au point D en projections sur $\vec{z_0}$

.

$$\sum \overrightarrow{M_D F_{S1/S4}} \cdot \vec{Z_0} = 0$$



En déduire l'intensité de $||\vec{G}_{S3/S4}||$ en N.

Dans le repère R_0, les coordonnées sont (en mm) :

D (0 ; 0 ; 0)

G (177 ; -53,8 ; 0)

J (317,8 ; -317,5 ; 0)

2.2 - Détermination de l'effort pour tenir toute les positions.

Question B.2.2.1 : Utilisation simulation

Sur document **DR5 :**

En prenant en compte toutes les masses des pièces et pour un basculement en 8 s on a effectué la simulation de la sortie bobine. On donne dans le document **DT 12** le résultat. Relever la valeur maximum de l'effort du levier sur le vérin.

2.3 - Détermination des dimensions du vérin.

Question B.2.3.1 : Vérification de la section nécessaire

En fonction de sa courbe débit-pression on veut utiliser la pompe hydraulique utilisée à une pression maximum p_{maxi} = 8 MPa (1 bar = 10^5 Pa = 0,1 MPa).

. On prend un coefficient de sécurité k = 1,25 et $p_{utile} = p_{maximum} / k$.

Sur document **DR5** :

A partir de l'effort de la question B.2.2.1,

Calculer $P_{utile,}$, faire l'application numérique (en Pa)

Calculer la section du piston Sp nécessaire pour tenir l'équilibre avec la valeur maximum de la simulation, faire l'application numérique (en m² puis en mm²).

Calculez son diamètre Dp, faire l'application numérique (en mm), donner le résultat en mm.

Question B.2.3.2 : Choix du vérin

Sur document **DR5** :

Avec la documentation **DT10,** donner le choix du diamètre de piston normalisé ØD à utiliser (ne pas s'occuper des courses possibles).

C - Etude de la fonction guidage levier-vérin :

*Suite à un retour du SAV on veut vérifier si les bagues de guidage **SKF Polyamide PTFE Réf. : PPM 252820** sont bien dimensionnées.*

*A l'aide des documents **DT13** et **DT14** on va vérifier la tenue de la bague pour une charge radiale de **3000 N** sur la liaison S3/S4.*

Toutes les réponses de la partie C se font sur le document DR6.

Question C.1.1 : Calcul vitesse moyenne de rotation

Sur document **DR6** :

*Avec la courbe du document **DT13** calculer la vitesse de rotation moyenne entre 0 et 8 s en tr/mn : n_{moy} = ? en degré/s puis en rad/s*

*Avec les dimensions de la bague (voir document **DT14**) calculer la vitesse moyenne de glissement (utiliser les relations de cinématique ou voir DT11) au contact arbre-bague en m/s : V_{moy} = ?*

Question C.1.2 : Vérification vitesse glissement maximum

Sur document **DR6** :

*Quels est la vitesse de glissement admissible V_{adm} (voir document **DT14**) pour ce type de coussinet ?*

Comparer avec V_{moy} et conclure si c'est acceptable ?

Question C.1.3 : Recherche du type de charge

Sur document **DR6** :

*Avec les informations du document **DT14**, quel est le type de charge (pression maximum que peut supporter la surface du coussinet) à prendre : Charge statique ou Charge dynamique ?*

Pour le type de coussinet utilisé, quelle est la charge maximum p_{cmax} ?

Question C.2.1 : Calcul de la charge

Sur document **DR6** :

Calculer pour un coussinet la pression p_c (la surface utilisée est la surface de contact projetée sur un plan) ?

Question C.2.2 : Vérification tenue charge

Sur document **DR6** :

Comparer p_c avec p_{cmax} , le critère est il vérifié ?

D – Sécurisation de la fonction FT2 Basculer la bobine :

Pour s'affranchir au niveau de la sécurité des risques de chute en cas de fuite ou de perte de pression, l'appareil est modifié au niveau des actionneurs. On prévoit une série spéciale de 60 appareils par an :

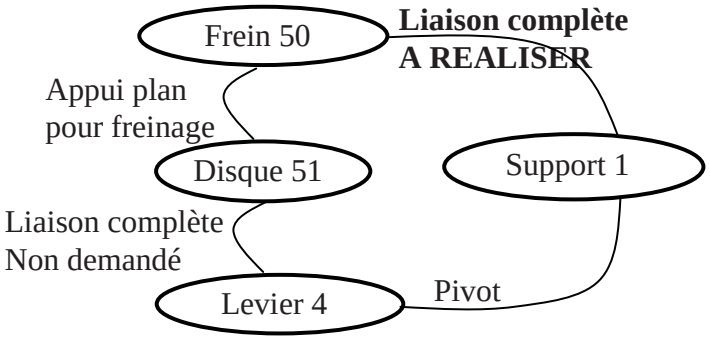
A/ Le serrage bobine est réalisé en négatif : il faut de la pression pour libérer la bobine (cette modification ne sera pas étudiée).

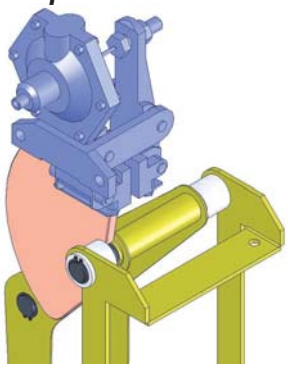
B/ En cas de perte de pression sur le vérin, le levier doit rester autour de sa position

Après recherche des solutions le bureau d'étude décide l'implantation d'un frein à serrage par ressort et desserrage hydraulique entre le bâti et le levier.

*Le document **DT15** et **DT16** donnent les dimensions du frein et du disque qui a été modifié pour l'application. Le document **DT17** montre l'implantation des nouvelles pièces 50-51-52.*

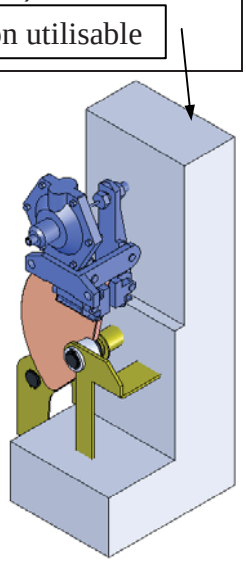
En fonction du cahier des charges ci-dessous, créer la liaison complète entre bâti-frein.





Liaison complète frein-support	***Par encastrement démontable.*** ***La mise en position et son maintien sont à faire.*** ***La forme extérieure et la position du frein est imposée sur le plan DR7.*** ***Le frein ne peut pas être modifié. Les diamètres de ∅ 14 sont utilisables pour positionner et ou fixer.*** ***Le support doit être celui de base avec des modifications enlevant la matière ou des pièces rajoutées démontables.*** ***Ne pas modifier ou utiliser le système de fixation du support sur le coulisseau*** ***Le système doit être positionné précisément et résister aux chocs.***
Liaison complète disque-levier	*Non étudiée ici*
Maintient blocage	*Par ressort intégré au frein, à ne pas étudier.*
Déblocage par retour pression	*Une pression de quelques bars doit être nécessaire pour assurer que le système est bien redevenu opérationnel.* *Assuré par le frein, à ne pas étudier.*
Maintenance	***Possibilité de changer les pièces d'usure sans de démonter complètement le support de pince.***
Encombrement	***On précise en trait mixte double et hachurage par des croix, la zone non utilisable sur DR6.***

La position dessinée est celle bobine verticale mais la fonction doit être assurée pour toutes les positions (levier et disque dessinés en silhouettes pour la position horizontale)



*Aux instruments, sur le document **DR7** :*

Définir les formes pour réaliser la liaison demandée.
Préciser les ajustements nécessaires.
Rajouter les vues nécessaires à la compréhension.
Préciser les pièces utilisées.