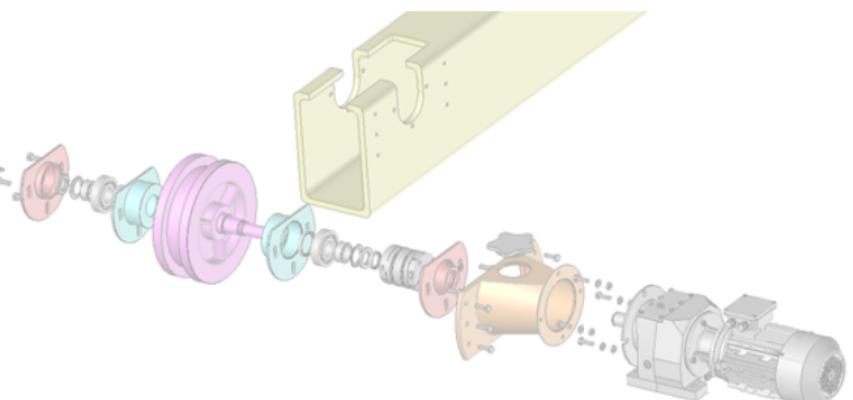


# SAÉ 4.1

RÉPONDRE À UN BESOIN DE NATURE  
INDUSTRIELLE



GROUPE B2-E2

TRYSTAN LAVANOUX  
ALEXIS MERRE  
LOIC MERCIER  
MATHIS JEGOU

## Sommaire

SÉQUENCE 0 – Gestion projet .....	4
I. Cadrage en 7 étapes : .....	4
II. Rappel des solutions choisis lors de la conception .....	7
A. Ensemble poutrelle-sommier .....	7
B. Galets fous.....	8
C. Galets moteurs.....	9
D. Treuil .....	10
E. Estimations financières .....	10
III. Réalisation du PBS .....	11
SÉQUENCE 1 – Rationalisation de la conception – Synthèse des pièces .....	12
I. Pièces Conception .....	12
A. Galet moteur .....	13
B. Galets fous.....	14
C. Boitiers de roulement .....	15
D. Chapeaux .....	16
E. Chapeau moteur.....	17
F. Support moteur .....	18
G. Profilé du sommier .....	19
H. Bague Entretoise .....	19
I. Bouchon.....	19
II. Pièces Achats.....	20
A. Roulements .....	20
B. Poutrelle HEB 800 .....	23
C. Sommier .....	24
D. Moteur .....	26
E. Accouplement Moteur .....	27
F. Quincaillerie.....	28
a) Vis Poutre/Sommier .....	28
b) Vis Sommier/Galets.....	28
c) Vis Moteur/Sommier.....	29
d) Écrou hexagonal M10 ISO 4033 .....	30
e) Écrou hexagonal M20 ISO 4033 .....	31
f) Rondelles Ø10 .....	32
g) Rondelles Ø20 .....	33

h)	Ecrou à encoche avec rondelle frein .....	34
G.	Lubrification .....	35
i)	Graisse Lubrification.....	35
j)	Graisseur hydraulique droit .....	39
H.	Joint d'étanchéité .....	40
k)	Joint à lèvre, type A, DIN 3760 – 32 x 45 x 7 .....	40
l)	Joint à lèvre, type A, DIN 3760 – 50 x 65 x 8 .....	42
m)	Joint Torique 4.9 x 1.90 .....	43
III.	Nomenclature.....	44
IV.	Etude financière .....	45
V.	Reconception .....	46
<b>SÉQUENCE 2 – Dossier d'utilisation et d'instructions d'entretien .....</b>		<b>47</b>
I.	Prévention et le cadre législatif. Droits et devoirs fondamentaux .....	47
A.	Loi sur la prévention des risques professionnels.....	47
B.	Droits fondamentaux des travailleurs.....	48
C.	Les devoirs des travailleurs .....	49
D.	Obligations de l'employeur.....	49
E.	Autres provisions .....	51
F.	Annexe I .....	51
a)	Exigences minimales pour les équipements de travail pour le levage de charges.....	51
G.	Annexe II .....	52
b)	Conditions d'utilisation des équipements de travail pour le levage de charges .....	52
c)	Équipement de travail pour le levage de charges non guidées. ....	52
H.	Étalons de référence .....	53
II.	Pont Roulant.....	55
A.	C'est quoi un pont roulant ? .....	55
B.	Notice d'utilisation .....	57
III.	Instruction de montage-démontage .....	59
A.	Montage .....	59
d)	Galets fous.....	59
e)	Galet moteur .....	61
B.	Démontage .....	66
f)	Galet fou.....	66
g)	Galet moteur .....	68
IV.	Instructions d'entretien .....	71
A.	Roulements .....	71

B. Palan .....	73
C. Lubrification .....	74
D. Joint d'étanchéité .....	76
E. Tableau d'entretien .....	77
<b>V. Instruction de sécurité .....</b>	<b>77</b>
A. Protection des individus.....	77
a) Protections collectives .....	77
b) Les équipements de protections individuelles .....	77
B. Consignes de sécurité .....	78
a) Reconnaissance d'un disfonctionnement/problème .....	79
b) Mise en sécurité de la zone de travail.....	79
c) Consignes d'avant mise en service/remise en service .....	81
<b>Séquence 3 – Étude complète de la fabrication d'une pièce.....</b>	<b>82</b>
I. Galet fou (Binôme A) .....	83
A. Réalisation du brut.....	83
B. Analyse de la mise en position du brut.....	84
C. Analyse de solidification.....	85
a) Décomposition en éléments simples .....	85
b) Calcul du module géométrique.....	86
c) Calcul du Module Thermique .....	90
d) Calcul de l'épaisseur des plaques équivalentes .....	91
e) Carte thermique de la pièce.....	92
D. Dimensionement du système d'alimentation .....	93
a) Implantation des masselottes .....	93
b) Règles des volumes .....	93
c) Morphologie des masselottes.....	94
d) Règle des modules .....	96
E. Avant-Projet d'Etude de Fabrication.....	97
II. Support moteur (Binôme B) .....	102
A. Réalisation du brut.....	102
B. Analyse de la mise en position du brut.....	103
C. Analyse de solidification.....	103
e) Décomposition en Elements Simples .....	103
f) Calcul du module géométrique.....	104
D. Etude des phases d'usinage .....	105
g) Phase 10 .....	105

h) Phase 20 .....	105
i) Phase 30 .....	106

# SÉQUENCE 0 – Gestion projet

## I. Cadrage en 7 étapes :

- **PROJET :**
  - Nom : WinchWorks Evo
  - Produit : Pont roulant adaptée à de l'industrialisation
  - Définition : Industrialisation d'un pont roulant permettant de déplacer des métaux à l'état solide ainsi que de permettre la maintenance des équipements process et de montage. Il garantira aussi la sécurité des ouvriers
  - Caractéristiques attendues : Déplacement d'élément lourds (environ 63kN) ; Ergonomique ; Sécurité de l'ensemble
  - Motivation : Satisfaire le client, respecter les caractéristiques techniques demandées
- **OBJECTIF :**
  - Objectifs techniques : Industrialisation d'un pont roulant
  - Délai : 2 semaines
  - Coûts : 13 240.15€
  - Hiérarchisation : technique, délai, budget
- **TECHNIQUE :**
  - Base du projet : Sujet & conception du pont roulant
  - Difficultés envisagées : Respect des délais, contraintes pratiques
  - Solutions de replis : Révision du cahier des charges, des stratégies, diminution du budget
- **PLANNING :**
  - Dates clés :
    - Lancement : 10/06
    - Fin de Séquence 1 : 13/06
    - Fin de Séquence 2 : 17/06
    - Fin de Séquence 3 : 19/06
  - Phases :
    - Phase 1 : Nous allons faire un bilan de nos solutions techniques et revoir la conception. On fera une nomenclature contenant les différentes infos des pièces.
    - Phase 2 : Nous allons rédiger un dossier d'utilisation et d'instructions d'entretien pour le pont rouleau.
    - Phase 3 :
      - Jalons :
        - Créneau 1 : Rationalisation de la conception – Synthèse des pièces
        - Créneau 2 : Création d'un dossier d'utilisation et d'instruction d'entretien
        - Créneau 3 : Étude de la fabrication d'une pièce de votre solution


**MOYENS :**

- Moyens humains : 4 étudiants, enseignants et ressources
- Moyens matériels : Sujet & annexes, TopSolid

**• MANAGEMENT :**

- Chef de projet : Trystan Lavanoux
- Son rôle : Avoir une bonne compréhension au sein de l'équipe, être en lien avec l'entreprise, valider les objectifs.
- Constitution de l'équipe de projet :
  - Alexis Merre
  - Mathis Jegou
  - Loïc Mercier
- Organisation de l'équipe :

**• COMMUNICATION :**

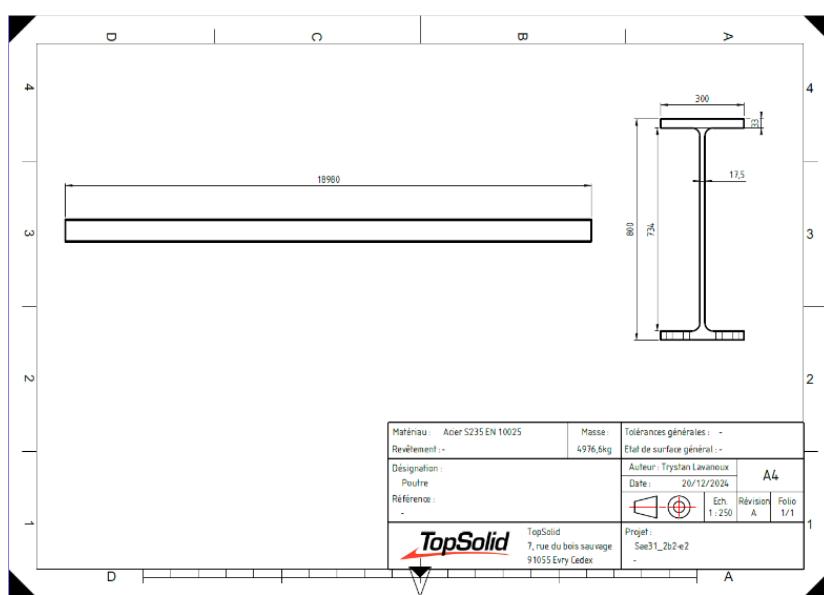
- Interne à l'équipe : Séances en groupe, mise en commun du travail, création d'objectifs pour chaque séance ainsi qu'un bilan
- Externe à l'équipe : Comptes-rendus

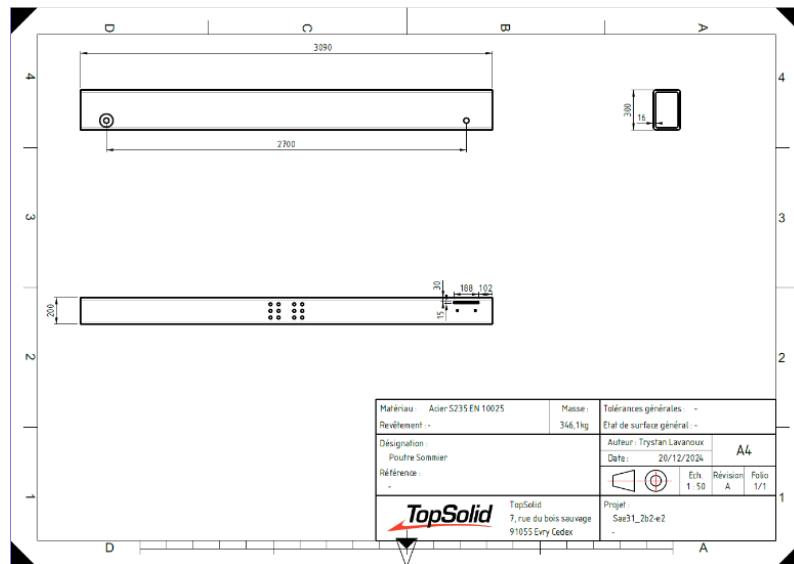
## II. Rappel des solutions choisis lors de la conception

Pour la conception de notre pont roulant, nous avons fait plusieurs choix techniques qui se sont portés sur l'ensemble poutres et sommiers et les galets fous. Pour choisir, nous nous sommes basés sur les critères suivants : le poids, le prix et la facilité de fabrication et de mise en position.

### A. Ensemble poutrelle-sommier

Pour concevoir notre ensemble poutres & sommiers, nous avions la possibilité entre un *ensemble poutrelle-sommier à base de profilés* et un *ensemble à partir de produit plat et soudure*. Pour les dimensionner, nous avons respecté les critères d'efforts et de déformation issues du cahier des charges ce qui nous a permis de déterminer une masse pour chaque ensemble. En comparant les deux solutions, nous avons fait le choix **d'une structure à base de profilés standards**. Il possède une masse de 5 633 kg alors que la masse de l'autre solution est de 11 813 kg, cela nous pousse naturellement à choisir la solution à base de profilés. Nous remarquons aussi que le coût est moindre et que le temps d'usinage est fortement réduit.





## B. Galets fous

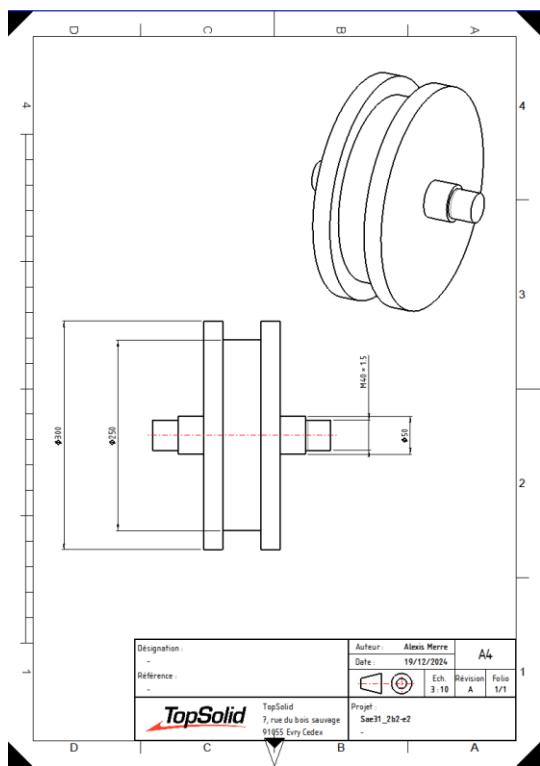


Figure 3: Galets fous à arbre tournant

Pour concevoir et la fabrication de nos galets fous, nous avions la possibilité entre des *galets à moyeu tournant* et des *galets à arbre tournant* et entre *la fabrication par fonderie* et *la fabrication par CN*. La conception du galet à arbre tournant est bien plus simple à réaliser que celle à moyeu tournant. Cette solution est également moins coûteuse à produire et plus simple à monter. Nous avons donc fait le choix **des galets à arbre tournant**. Pour la fabrication, nous avons fait le choix de les faire en fonderie car elle est plus simple à réaliser et en plus, en la fabriquant en CN, nous allons perdre beaucoup de matière ce qui implique une usure importante des outils et un coût élevé du brut.



### C. Galets moteurs

Pour concevoir nos galets moteurs, nous avions aussi le choix entre des *galets à moyeu tournant* et des *galets à arbre tournant*. Nous allons réutiliser le même type de montage et on choisira donc **des galets à arbre tournant**. Ce choix est plus simple à fabriquer et à mettre en place.

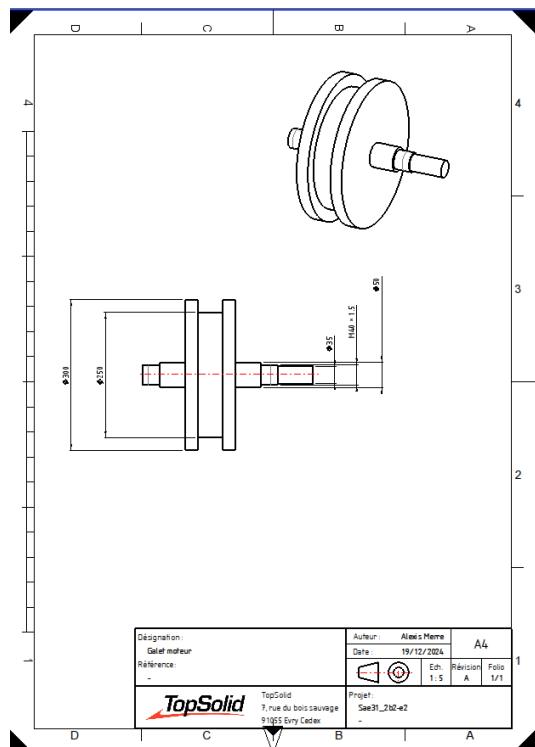


Figure 4: Galets moteur à arbre tournant



## D. Treuil

Pour pouvoir déplacer les charges, nous avons choisi un treuil qui respecte une capacité minimum de 6.3 tonnes, une hauteur de structure ne devant pas excéder 1,2m et une course de crochet pouvant descendre à 12,2m.



*Figure 5: Type D – Chariot treuil birail version normale*

En nous appuyant sur le catalogue de travail ABUS, nous choisirons le modèle GM5063, dans sa version en camouflage 2/1, avec une course de crochet à 20m et une vitesse de levage de 2.6 m/mm répond à tous nos critères

## E. Estimations financières

La conception de notre ensemble inclut des calculs de budget.

Entités	Sommiers	Poutre	Galets fous	Galets moteur (Brut)	Moteur	Vis	Roulements	Treuil	Coût opérateur	Totalités des dépenses
Quantités	2	1	2	2	2		8	1	82h	
Prix unitaire (€)	483.22	5569.12	13.83	17.44	1097.24	207.57	120	15000	3280	<b>28 240.25€ HT</b>

À la fin de la SAE 3.1, nous avons chiffré le pont roulant à un prix de 13 420.25€ HT. Ne connaissant pas le prix du treuil, nous l'estimerons à 15 000€ HT. Le prix total du pont roulant avec le treuil est **28 240.25€ HT**.

Nous allons optimiser nos pièces et ajuster notre prix par rapport à l'évolution des prix en 6 mois.

### III. Réalisation du PBS

Un PBS (Product Breakdown Structure) nous permet de découper notre projet en sous-parties pour avoir une vision plus claire et plus détaillée de notre avancement.

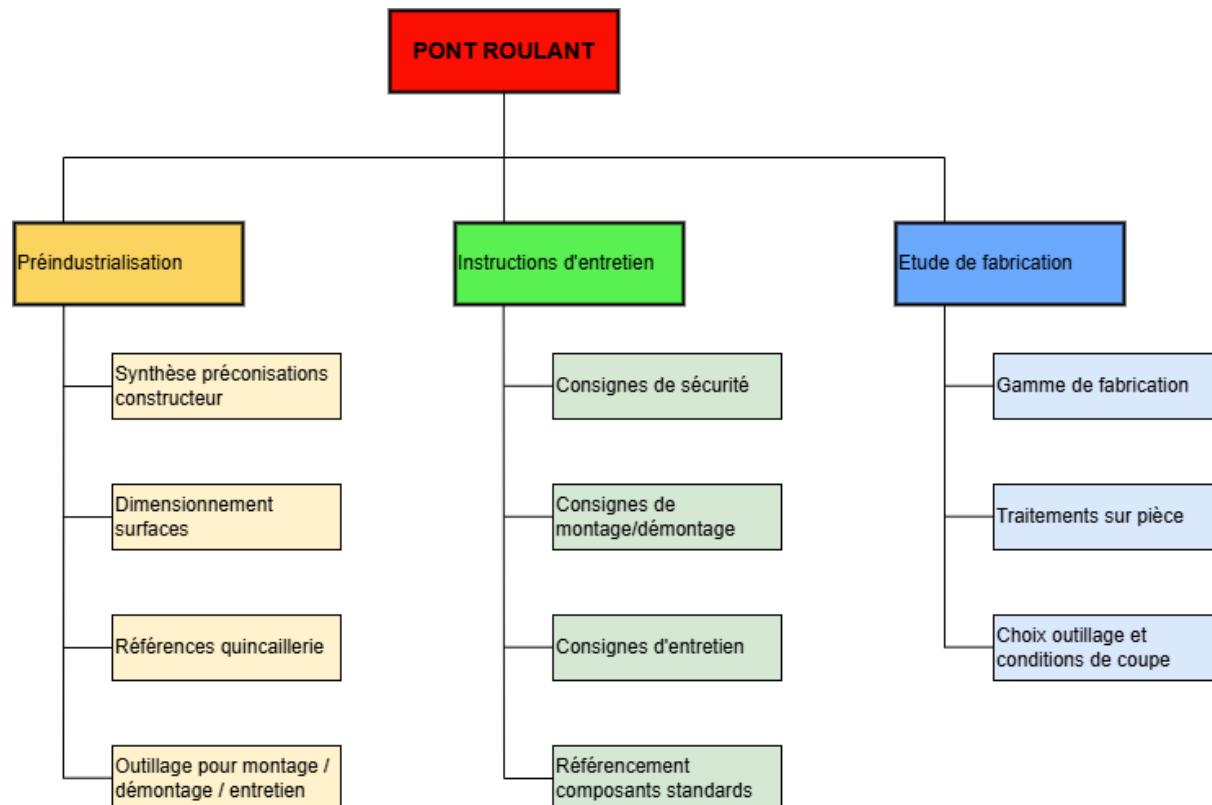


Figure 6: PBS découplant notre projet

# SÉQUENCE 1 – Rationalisation de la conception – Synthèse des pièces

Objectifs : Rationaliser et faciliter la fabrication, le montage et l'entretien du système

## IV. Pièces Conception

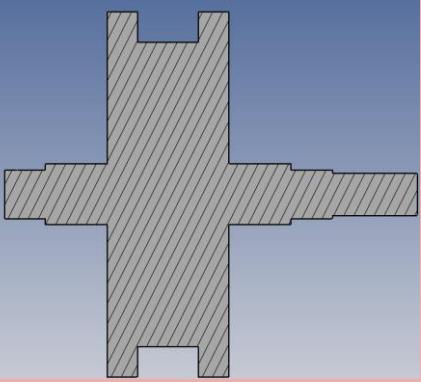
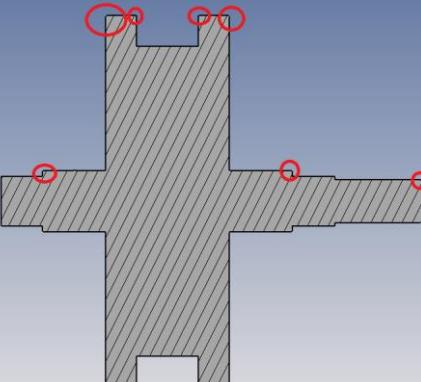
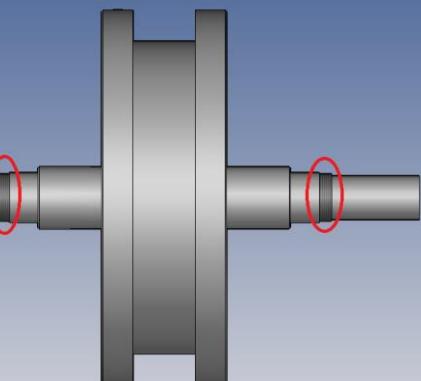
Il s'agit dans cette première partie de revoir la conception de notre système afin de rationaliser – c'est-à-dire faciliter ou simplifier – toutes les pièces qui forment notre pont roulant. Cette rationalisation passe par une étude de l'usinage des pièces dans l'optique de les limiter, une optimisation des dimensions des bruts, une limitation de la présence d'angles vifs, etc.

Liste des pièces à revoir :

- Galet moteur
- Galet fou
- Boîtier de roulement
- Chapeau
- Chapeau moteur
- Support moteur
- Plaques de sommiers



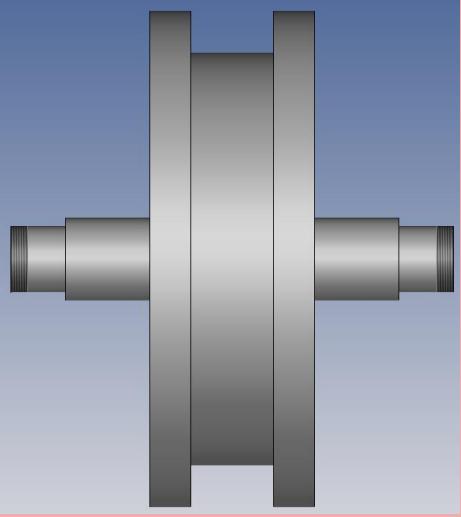
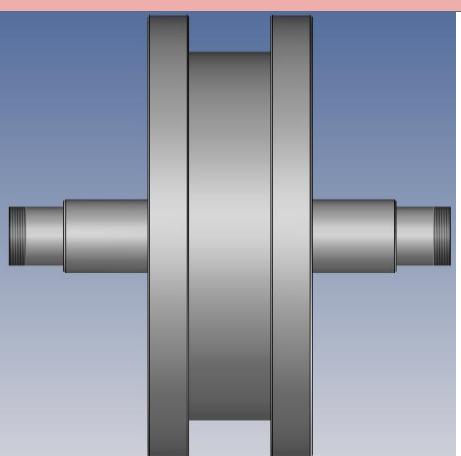
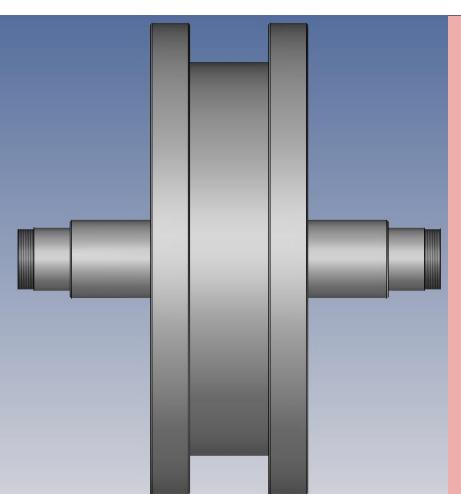
### A. Galet moteur

Etape	Modification apportée	Image
0	Modèle de base	
1	Ajout de chanfreins pour casser les angles vifs	
2	On réduit le diamètre des filetages afin de ne pas gêner le montage des roulements	

Le galet moteur sera réalisé en fonderie, le brut aura donc la forme suivante :



## B. Galets fous

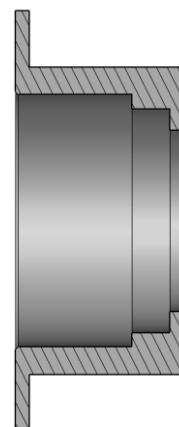
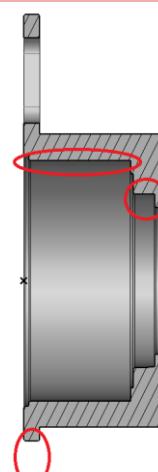
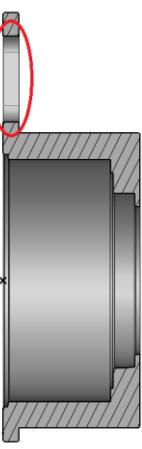
Etape	Modification apportée	Image
<b>0</b>	Modèle de base	
<b>1</b>	Ajout de chanfreins pour casser les angles vifs	
<b>2</b>	On réduit le diamètre des filetages afin de ne pas gêner le montage des roulements	

Les galets fous seront également réalisés en fonderie, le brut aura la forme suivante :





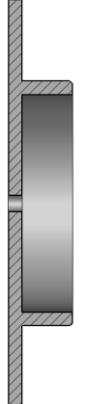
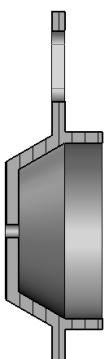
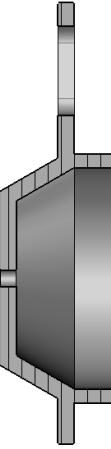
### C. Boitiers de roulement

Etape	Modification apportée	Image
<b>0</b>	Modèle de base	
<b>1</b>	Modification des dimensions pour s'adapter au sommier normalisé	
<b>2</b>	Modification de la forme des trous pour permettre un réglage du parallélisme et ajout de chanfreins	





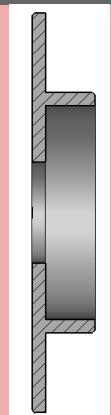
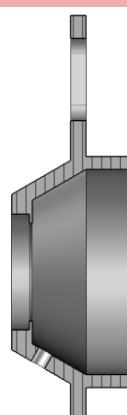
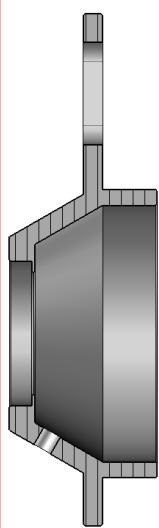
## D. Chapeaux

<b>Etape</b>	<b>Modification apportée</b>	<b>Image</b>
<b>0</b>	Modèle de base	
<b>1</b>	Modification des formes de la pièce afin de s'adapter au sommier normalisé et pour faciliter le montage	
<b>2</b>	Ajout de chanfreins	





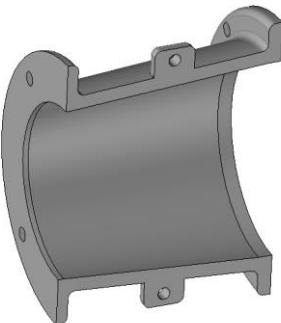
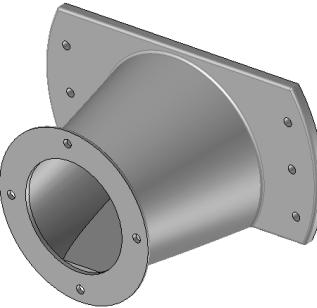
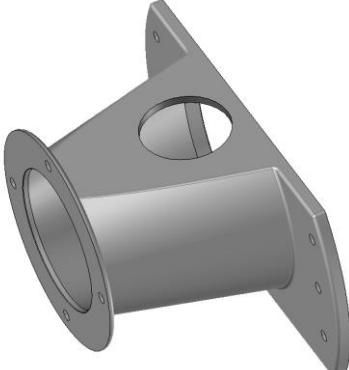
### E. Chapeau moteur

<b>Etape</b>	<b>Modification apportée</b>	<b>Image</b>
<b>0</b>	Modèle de base	
<b>1</b>	Modification des formes de la pièce afin de s'adapter au sommier normalisé et pour faciliter le montage	
<b>2</b>	Ajout de chanfreins	





## F. Support moteur

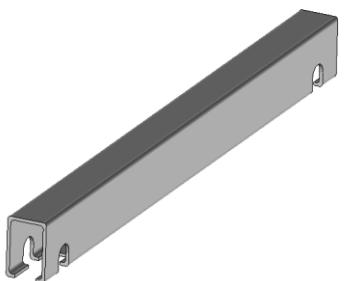
<b>Etape</b>	<b>Modification apportée</b>	<b>Image</b>
<b>0</b>	Modèle de base	
<b>1</b>	Pour faciliter la fabrication, le support moteur sera une pièce unique. Cette pièce devra s'adapter aux formes du sommier ainsi que celles d moteur.	
<b>2</b>	On ajoute des chanfreins et un trou pour permettre le serrage de l'accouplement et le graissage	

Les supports moteurs seront réalisés en fonderie et les surfaces fonctionnelles seront usinées par la suite.





## G. Profilé du sommier

Etape	Modification apportée	Image
0	Modèle de base	
1	Modification de la forme de la poutre pour permettre un montage plus facile des boitiers	

Les profilés seront achetés chez un fournisseur et seront simplement découpés et usinés par nos soins.

## H. Bague Entretoise

## I. Bouchon

Nous allons réaliser un bouchon pour pouvoir fermer le trou du support moteur. Ce trou permet de faciliter le montage et l'entretien en permettant de serrer l'accouplement et de graisser.

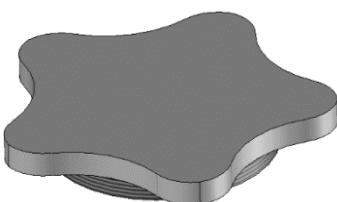


Figure 7: bouchon du support

On pourra visser le bouchon au support



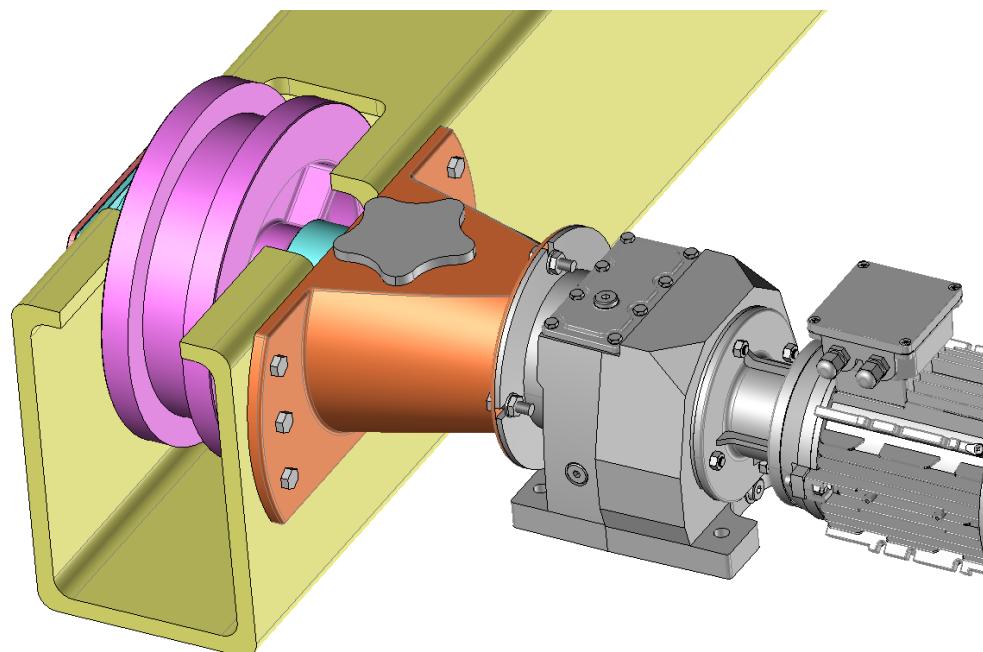


Figure 8: Support moteur

## V. Pièces Achats

### A. Roulements

Lors de la réalisation de la SAÉ 3.1, nous avons déterminé grâce à une matrice de choix que nous partirons sur un roulement à rouleaux coniques.

Critère 1      Critère 2      Critère 3      Critère 4      Critère 5							
Type de roulements	Forme	Effort axiaux	Effort radiaux	Charge dynamique de base	Vitesse limite	Coût	Total Points
Roulement à billes à contact radial Réf : 6304		3	2	1	9	9	24
Roulement à bille à contact radial à deux rangées de billes Réf : 4304 ATN9		4	3	4	1	5	17

<b>Roulement à billes à contact oblique</b> <i>Réf : 7304 BEP</i>		7	4	2	5	8	<b>26</b>
<b>Roulement à billes à 4 points de contact</b> <i>Réf : QJ 307 MA</i>		8	6	9	4	4	<b>31</b>
<b>Roulement à billes à contact oblique à deux rangées de billes</b> <i>Réf : 3304 A</i>		5	5	5	2	2	<b>19</b>
<b>Roulement à rotule sur billes</b> <i>Réf : 2304 M</i>		0	1	3	9	1	<b>14</b>
<b>Roulement à rouleaux cylindrique</b> <i>Réf : NJ 304 ECP</i>		0	8	6	7	7	<b>28</b>
<b>Roulement à rouleaux coniques</b> <i>Réf : 30304</i>		9	7	7	3	6	<b>32</b>
<b>Roulement à rotule sur rouleaux</b> <i>Réf : 21308 E</i>		6	9	8	6	3	<b>32</b>

Nous allons donc nous référencer sur le site **SKF** pour le choix de notre roulement.

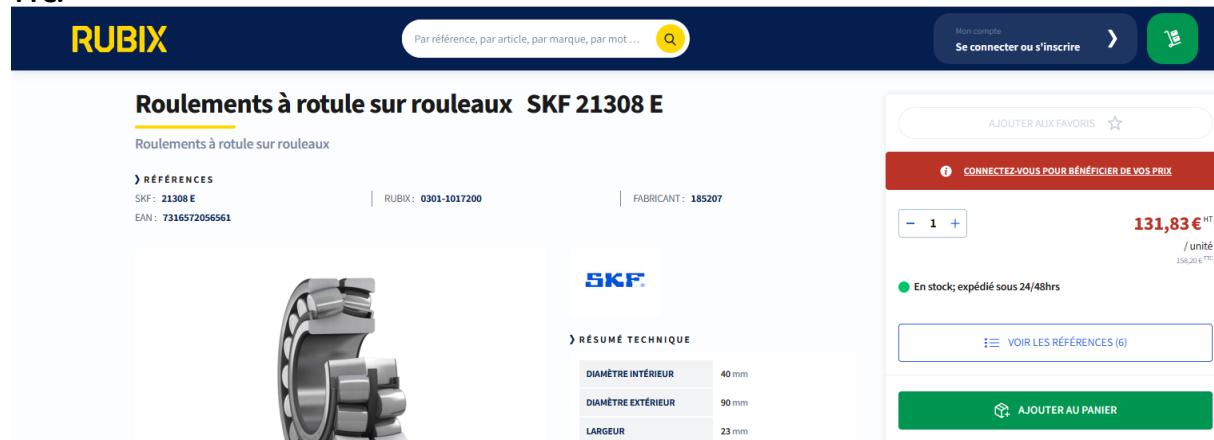
Notre choix se portera alors sur le roulement **21308 E**



**21308 E**

Figure 9: Roulement 21308E

Via le site **SKF** nous pouvons directement retrouver un revendeur du ro**31.83€ HT et 158.20€ TTC.**



The screenshot shows a product page for a "Roulements à rotule sur rouleaux SKF 21308 E". The page includes a search bar, navigation links, and a summary section with the following details:

- Références:** SKF: 21308 E, RUBIX: 0301-1017200, FABRICANT: 185207
- Image:** A detailed technical illustration of the bearing assembly.
- Résumé Technique:** Technical specifications:

DIAMÈTRE INTÉRIEUR	40 mm
DIAMÈTRE EXTÉRIEUR	90 mm
LARGEUR	23 mm
- Prix:** 131,83 € HT / unité (158,20 € TTC)
- Status:** En stock; expédié sous 24/48hrs
- Actions:** AJOUTER AUX FAVORIS, CONNECTEZ-VOUS POUR BÉNÉFICIER DE VOS PRIX, VOIR LES RÉFÉRENCES (6), AJOUTER AU PANIER.

Figure 10: Roulements à rotule sur rouleaux

## B. Poutrelle HEB 800

Nous avons choisi une poutrelle **HEB 800** lors de la conception et du choix final de la SAÉ 3.1 pour une raison de coût ainsi que de poids de la structure. Le site **FranceSteel** nous permet alors d'établir un devis pour une poutrelle de 18.78m de longueur.



Figure 11: HEB 800 sur FranceSteel

### 2 Longueur et quantité

Longueur de votre HEB en **mm**

Tolérance coupe +/- 3 mm

Quantité :

Prix hors livraison : 12621.74 € ttc

**AJOUTER AU PANIER**

Figure 12: Prix de la poutrelle

Figure 13: Longueur de la poutrelle

### C. Sommier

Lors de la SAÉ 3.1 nous avons cherché à déterminer quelle section était optimale dans notre cas de figure.

Nous avons donc choisi un tube à section rectangle **RHS 300x200x16**.

La longueur de la poutre est de 3090 millimètres.

**RHS 300x200x16.0**

■ EN 10210-2:1997

■ --

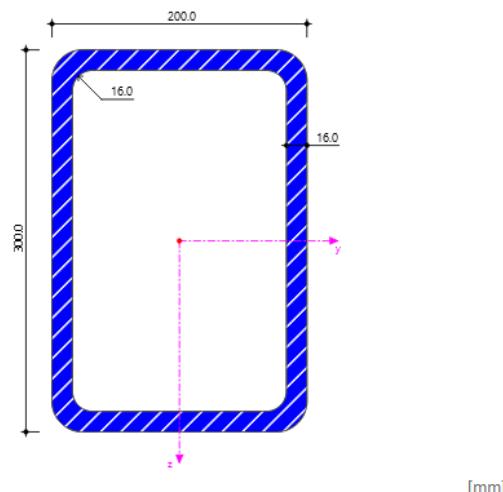


Figure 14: dimension du RHS 300x200x16

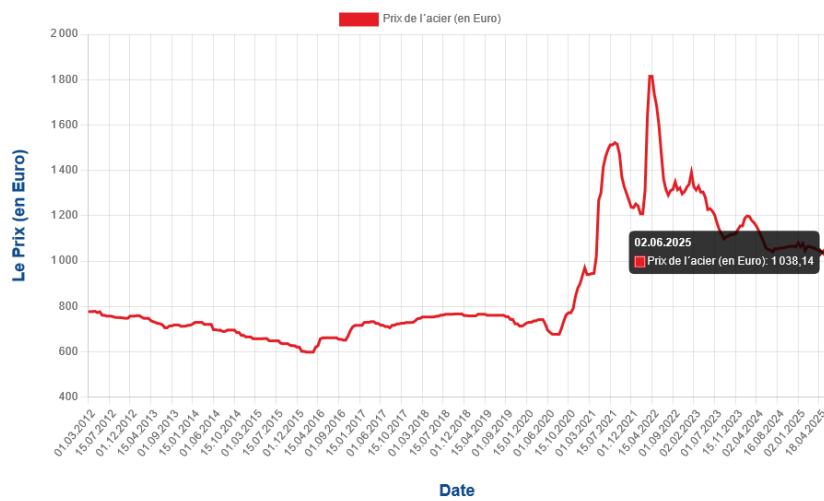


Figure 15: Courbe des prix du sommier

On cherche la surface de notre poutre dans un premier temps, on a la section 300mmx200mm ainsi que son épaisseur 16mm.

$$S_{ext} = 300 * 200 = 60\,000 \text{ mm}^2$$

On cherche les dimensions intérieures :

$$300 - 2 * 16 = 268 \text{ mm}$$

Pour estimer le prix nous avons cherché le prix actuel à la tonne pour un acier **S235** qui est de 1038.14 €/Tonne sur le site **Schmelzer**



$$200 - 2 * 16 = 168 \text{ mm}$$

Donc on en déduit la surface intérieure de la poutre :

$$S_{int} = 268 * 168 = 44\,924 \text{ mm}^2$$

On peut donc trouver la surface réelle d'acier :

$$S_{Acier} = S_{ext} - S_{int} = 60\,000 - 44\,924 = \mathbf{15\,076 \text{ mm}^2}$$

Maintenant que nous avons trouvé la section de notre poutre, on peut en déduire le volume

On convertit nos  $\text{mm}^2$  en  $\text{m}^2$  ce qui nous donne  $15\,076 = \mathbf{0.015076 \text{ m}^2}$

Donc le volume :

$$V = S * L = 0.015076 * 3.09 = \mathbf{0.046575 \text{ m}^3}$$

La masse de l'acier est égale à  $7850 \text{ kg/m}^3$ . On trouve donc :

$$M = \rho * V = 7850 * 0.046575 = \mathbf{363.27 \text{ kg}}$$

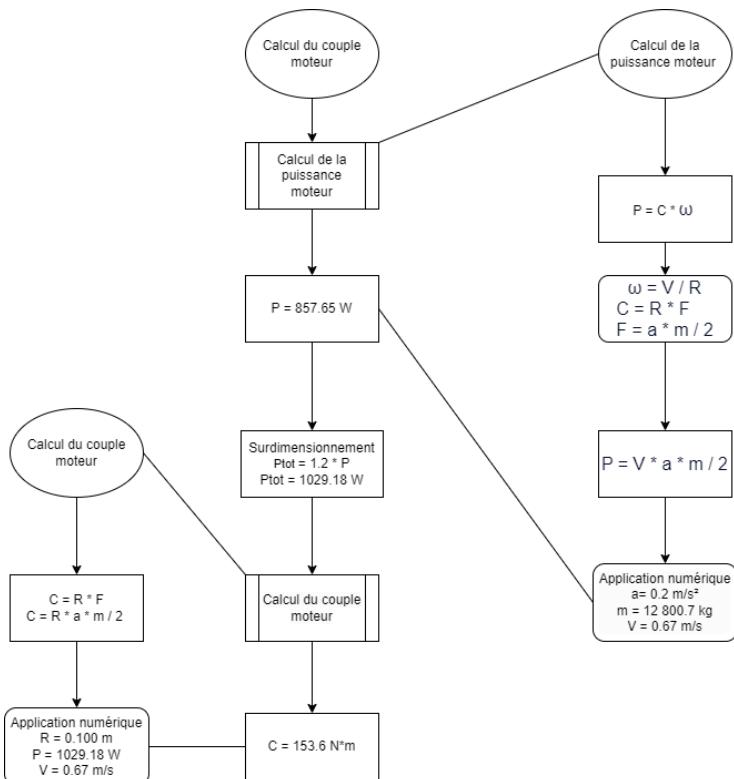
Donc on trouve le prix de notre poutre qui sera notre référence

$$363.27 * 1.038 = \mathbf{377.07 \text{ €}}$$

Le prix pour notre sommier s'estime donc à **377.07€**. On remarque une différence d'estimation avec le tarif calculé en SAÉ 3.1, une baisse de prix qui peut se justifier par une variation du coût de l'acier, comme nous pouvons le voir sur le graphique présenté ci-dessus.

## D. Moteur

Lors de la SAÉ 3.1 nous avons déjà déterminé le moteur que nous allons choisir pour déplacer notre pont roulant.



On a donc choisi un moteur de chez **JS Technik**, la référence du moteur est **MV282-90S-4** car celui permet de respecter nos 3 facteurs qui sont :

MV282-90S-4 - 1.1kW - Moteur à engrenages droits 65tr/min

- La vitesse = 65tr/min
- La puissance = 1029.18 W
- Le couple = 153.6 N.m

Vu que nous avons surdimensionné notre moteur de 20%, celui-ci correspond parfaitement à notre situation.

[Description](#) [Caractéristiques](#) [Télécharger](#)

Moteur à engrenages hélicoïdaux (réducteur avec bride IEC au moteur électrique),  
Tension= 3 x 230/400 V-50 Hz, 3 x 265/460 V-60 Hz (± 5% selon VDE 0530), Fréquence= 50/ 60 Hertz.  
Puissance= 1,1 kW, Vitesse= 65 tr/min, Rapport (i)= 21,66, Couple (M²)= 156Nm, Facteur de service (fs)= 3,2,  
Design= B3 (B5 moyennant supplément), Abre= 35mm x 70mm, Poids= 49,1kg, Peinture= RAL5010.  
Capteur de température = 3 x thermistance PTC, Mode de fonctionnement = S1- 100 % ED, Bolte à borns= haut (rotatif).  
Le motoréducteur est adapté au fonctionnement avec convertisseur de fréquence et est conforme à la norme CEI 60034-30-2008.  
L'engrenage droit peut être actionné dans les deux sens de rotation et est alimenté en huile.

Figure 16: Moteur du pont roulant



Figure 17: Caractéristiques du moteur

Il nous faut 1 moteur pour chaque sommier, un moteur coûte 1097.24€ TTC donc ça nous fait un total de **2194.48€ TTC**.

## E. Accouplement Moteur

Les **accouplements à disque** transmettent le couple entre deux arbres par un empilement de minces disques d'acier inox. La déformation distribuée entre ces disques permet de compenser les défauts d'alignement.

Nous avons opté pour un accouplement à disque de chez **MISUMI**



La référence que nous avons choisie est le **XBW-94C7-32-35** il est parfait, il est adapté à la taille de nos arbres de galets et moteur, il n'est pas trop encombrant et il résiste au couple exercé sur le système. **374.73 € ht**

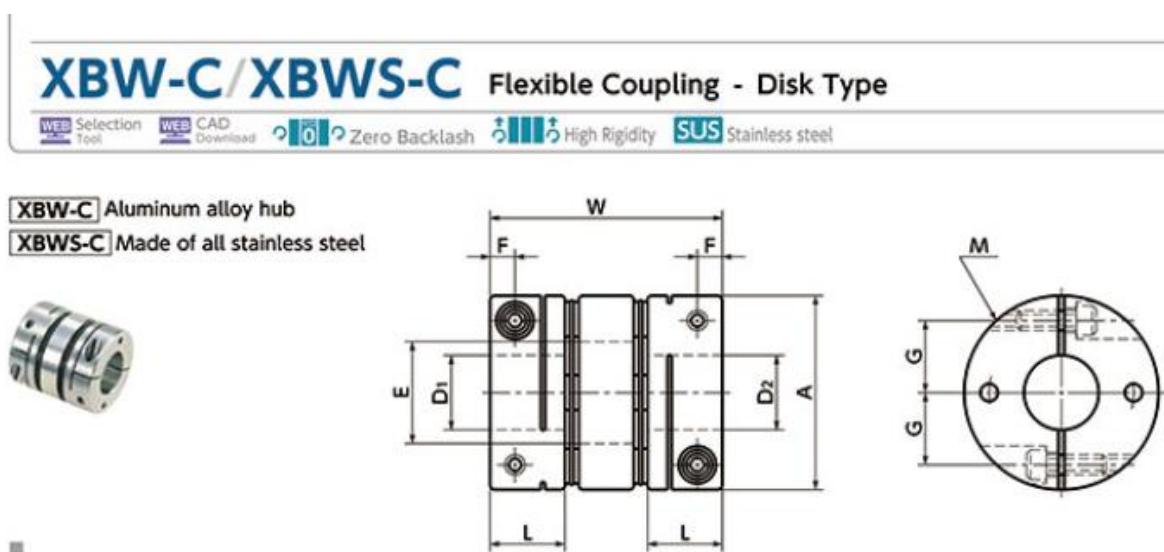


Figure 18: Dimension de l'accouplement

Spécifications et dimensions des XBW-94C7-32-35

Type	Type de disque	Désalignement admissible	Désalignement angulaire / Excentricité / Désalignement axial
Application	Standard / Servomoteur / Moteur pas-à-pas	Plage de couple admissible(N·m)	100-Moins de 500
Diam. de l'alésage d'arbre (Usiné) D1(Ø)	32	Diam. de l'alésage d'arbre (Usiné) D2(Ø)	35
Diamètre extérieur(mm)	94	Longueur totale(mm)	99.6
Plage maximale du nombre de tours(tr/min)	4 001 à 10 000	Caractéristique	Rigidité à la torsion élevée / Couple élevé / Jeu 0
Matériau du corps	[Aluminium] EN AW-7075 équiv.	Catégorie	Corps d'accouplement
Couple normal(N·m)	150	Max. Vitesse de rotation(tr/min)	6000
Plage de désalignement latéral admissible(mm)	0.41 à 1,0	Désalignement latéral admissible(mm)	0.5
Désalignement angulaire admissible(deg)	2	Matériau de pièce du disque	[Acier inoxydable] Acier inoxydable (EN 1.4301 équiv.)
Désalignement axial admissible(mm)	±1.4	Moment d'inertie(kg·m²)	$1.5 \times 10^{-3}$
Structure	Type à serrage	Tâches supplémentaires	Alésage d'arbre standard
Logement de clavette	NA	RoHS	10

Figure 19: Caractéristiques de l'accouplement

On a donc 2 accouplement ce qui nous fais **891.86€ TTC**.



## F. Quincaillerie

### a) Vis Poutre/Sommier

Nous allons prendre 12 écrous M20 et 12 vis M20 classe 10.9 et de longueur 80 mm. On rajoute une rondelle entre écrou et le sommier pour protéger l'écrou des potentiels efforts.




Voir la fiche technique

Quantité en stock insuffisante ?  
Contactez-nous

**TH M20X80 Acier 10.9 Noir EF DIN 933**

TH20/080A10NOEF  
DIN 933 - ISO 4017 - ~UNI 5739 - ~CSN 021103

● En stock: 22

Diamètre / Longueur

Ø 20 Lg 80

● En stock: 22

-
1
+

Ajouter au Panier

Livraison à domicile sous 48h
2,25 € TTC dès 25 pièces, soit une économie de 40%

**3,75 € TTC**

Figure 20: Vis M20x80 de Bricovis

On a besoin de 24 vis M20x80 ce qui fait **90 € TTC**.

### b) Vis Sommier/Galets

Pour savoir quelle vis nous allons prendre pour réaliser la liaison encastrement entre notre sommier et notre galet fou/moteur, nous devons réaliser les calculs de dimensionnement.

On sait que :

- Effort tangentiel =  $95/4 = 23.75 \text{ kN}$
- Effort normal =  $23.75/f = 23.75/0.3 = 79.16 \text{ kN}$
- Nombre vis = 3
- Classe de vis = M12 8.8
- Section équivalente =  $84.3 \text{ mm}^2$

Donc :

$$\text{Dimensionnement} = \frac{F}{0.9 * 1 * As} \leq \frac{Re}{s}$$

$$\frac{79160}{0.9 * 3 * 84.3} \leq \frac{640}{1.5}$$

$$521.68 \text{ MPa} \leq Re = 640$$

Donc notre vis M12 de classe 8.8 est valide pour notre cas

On choisit donc des vis à tête hexagonale M12\*30.



On a trouvé sur le site



Figure 21: Vis M12x30 de Bricovis

### c) Vis Moteur/Sommier

On a dans ce cas des vis M10\*30 classes 8.8

Étant donné que nous avons très peu d'effort enduré on va se contenter de mettre un surplus de vis afin de garantir la bonne solidité de l'ensemble

On va donc installer 12 vis par moteur donc 24 vis.

On a trouvé sur le site **Bricovis**



Figure 22: Vis M10x30 de Bricovis

On a donc un total de 24 vis M10\*30 ce qui nous donne **9.12 € TTC**.

d) *Écrou hexagonal M10 ISO 4033*

Nous aurons besoin d'écrous M10 ISO 4033, liés aux vis M10x30

On cherche sur le site

**Bricovis**



## Écrou Hh M10 Acier Zingué Blanc

ECRHH10ZN  
~ISO 4033 - UNI 5587 - VSM 13756

● En stock: 531  
★★★★★ 4.7/5 - 7 avis

Diamètre

Ø 10

● En stock: 531 ▾

Quantité en stock insuffisante ?  
Contactez-nous

— 1 +

Ajouter au Panier

Livraison à domicile sous 48h

**0,30 € TTC**

0,18 € TTC dès 100 pièces, soit une économie de 40%

Figure 23: Ecrou M10 de Bricovis

On va avoir besoin de 8 écrous en tout ce qui nous fait **2.4€ TTC**.

### e) Écrou hexagonal M20 ISO 4033

Nous prendrons également des écrous M20 ISO 4033, liés aux vis M20x80

On cherche sur le site



Accueil > Écrou > Écrou Hexagonal > Écrou Hh > Écrou Hh Acier Zingué Blanc




## Écrou Hh M20 Acier Zingué Blanc

ECRHH20ZN  
ISO 4033 - UNI 5587 - VSM 13756

● En stock: 108  
 5/5 - 1 avis

Diamètre  
 ● En stock: 108

Quantité en stock insuffisante ?  
Contactez-nous

**1,93 € TTC**

Livraison à domicile sous 48h  
1,16 € TTC dès 50 pièces, soit une économie de 40%

Figure 24: Ecrou M20 de Bricovis

On a besoin de 24 écrous M20 ce qui nous coûte **46.32 € TTC**.

### f) Rondelles Ø10

Nous allons choisir des rondelles plates ISO 7089 – 10.

On va donc prendre des rondelles de type "M" en Ø10

On recherche sur le site

**Bricovis**

Vu qu'il n'y a pas de rondelles plates ISO 7089, on va prendre des rondelles avec une norme équivalente donc on va choisir des rondelles plates de type "M" en Ø10 de norme NFE 25513.



## Rondelle "M" Ø 10 Acier Zingué Blanc NFE 25513

ROMM10ZN

NFE 25513

● En stock: 21105

★★★★★ 4,8/5 - 18 avis

Diamètre

Ø 10

● En stock: 21105 ▾

-

1

+

Ajouter au Panier

Livraison à domicile sous 48h

0,07 € TTC dès 200 pièces, soit une économie de 40%

Figure 25: Rondelle M Ø10

On a donc 8 rondelles, pour un coût total de **0.88€ TTC**.

### g) Rondelles Ø20

Nous allons choisir des rondelles plates ISO 7089 – 20.

On va donc prendre des rondelles de type "M" en Ø20

On recherche sur le site **Bricovis**

Vu qu'il n'y a pas de rondelles plates ISO 7089, on va prendre des rondelles avec une norme équivalente donc on va choisir des rondelles plates de type "M" en Ø20 de norme NFE 25513.



Figure 26: Rondelle M Ø20

Nous aurons aussi besoin de 24 rondelles M de diamètre 20. On passera par le même revendeur.

Pour 24 rondelles, nous en aurons pour **11.52€ TTC**.

### *h) Ecrou à encoche avec rondelle frein*

On a donc un écrou à encoche avec rondelle frein ISO 2982-2 – 35x1.5.

On recherche donc sur un site spécialisé afin de trouver notre écrou correspondant.

On a trouvé sur le site HPC 

On prend donc la référence **KM7** pour l'écrou et la référence **MB7** pour la rondelle.

Références	Pour rondelle	Filletage ØT	ØD1	ØD2	E	Masse (g)	Stock*	Prix Unl. 1 à 9
KM3	MB3	M17x1,0	28	24	5	13	✓	3,09 €
KM4	MB4	M20x1,0	32	26	6	19	✓	2,78 €
KM5	MB5	M25x1,5	38	32	7	25	✓	4,06 €
KM6	MB6	M30x1,5	45	38	7	43	✓	4,01 €
<b>KM7</b>	<b>MB7</b>	<b>M35x1,5</b>	<b>52</b>	<b>44</b>	<b>8</b>	<b>53</b>	<b>✓</b>	<b>4,95 €</b>
KM8	MB8	M40x1,5	58	50	9	85	✓	6,30 €
KM9	MB9	M45x1,5	65	56	10	120	✓	6,30 €
KM10	MB10	M50x1,5	70	61	11	150	✓	7,01 €
KM11	MB11	M55x2,0	75	67	11	160	-	8,66 €
KM12	MB12	M60x2,0	80	73	11	170	✓	9,12 €
KM13	MB13	M65x2,0	85	79	12	200	-	12,23 €
KM14	MB14	M70x2,0	92	85	12	240	-	13,20 €
KM15	MB15	M75x2,0	98	90	13	290	-	13,91 €
KM16	MB16	M80x2,0	105	95	15	400	✓	18,00 €
KM17	MB17	M85x2,0	110	102	16	450	-	22,10 €
KM18	MB18	M90x2,0	120	108	16	560	-	25,55 €
KM19	MB19	M95x2,0	125	113	17	660	-	26,02 €
KM20	MB20	M100x2,0	130	120	18	700	-	32,35 €
KM22	MB22	M110x2,0	145	133	19	970	-	39,63 €
KM24	MB24	M120x2,0	155	138	20	1080	-	53,61 €
KM26	MB26	M130x2,0	165	149	21	1250	-	68,84 €
KM28	MB28	M140x2,0	180	160	22	1560	-	77,21 €
KM30	MB30	M150x2,0	195	171	25	2030	-	88,30 €

Figure 27: Tableau de l'écrou à encoche

Références	Pour écrou	Ød	ØD	ØD2	e	f	s	Massé (g)	Stock*	Prix Unl. 1 à 9
MB3	KM3	17	32	24	4	15,5	1,00	3,1	✓	0,53 €
MB4	KM4	20	36	26	4	18,5	1,00	3,5	✓	0,53 €
MB5	KM5	25	42	32	5	23,0	1,00	6,4	✓	0,59 €
MB6	KM6	30	49	38	5	27,5	1,25	7,8	✓	0,59 €
<b>MB7</b>	<b>KM7</b>	<b>35</b>	<b>57</b>	<b>44</b>	<b>6</b>	<b>32,5</b>	<b>1,25</b>	<b>10,4</b>	<b>✓</b>	<b>0,72 €</b>
MB8	KM8	40	62	50	6	37,5	1,25	12,3	✓	0,92 €
MB9	KM9	45	69	56	6	42,5	1,25	15,2	✓	1,05 €
MB10	KM10	50	74	61	6	47,5	1,25	16,0	✓	1,45 €
MB11	KM11	55	81	67	8	52,5	1,25	19,6	-	1,50 €
MB12	KM12	60	86	73	8	57,5	1,50	25,3	✓	1,74 €
MB13	KM13	65	92	79	8	62,5	1,50	29,0	-	2,02 €
MB14	KM14	70	98	85	8	66,5	1,50	30,4	-	2,13 €
MB15	KM15	75	104	90	8	71,5	1,50	35,6	-	2,77 €
MB16	KM16	80	112	95	10	76,5	1,75	46,4	✓	3,48 €
MB17	KM17	85	119	102	10	81,5	1,75	52,4	-	4,13 €
MB18	KM18	90	126	108	10	86,5	1,75	62,3	-	4,68 €
MB19	KM19	95	133	113	10	91,5	1,75	67,0	-	5,65 €
MB20	KM20	100	142	120	12	96,5	1,75	76,5	-	7,37 €
MB22	KM22	110	154	133	12	105,5	1,75	94,0	-	9,17 €
MB24	KM24	120	164	138	14	115,0	2,00	105,0	-	11,87 €
MB26	KM26	130	175	149	14	125,0	2,00	113,0	-	13,91 €
MB28	KM28	140	192	160	15	135,0	2,00	142,0	-	17,77 €
MB30	KM30	150	205	171	15	145,0	2,00	155,0	-	22,87 €

Figure 28: Tableau de la rondelle frein

On a donc un total de 8 écrous à encoche avec rondelle frein dans notre système ce qui nous fait un total de **45,36€ TTC**.



## G. Lubrification

### a) *Graisse Lubrification*

Nous cherchons à déterminer la lubrification qui est la plus adaptée dans notre cas de figure.

On va utiliser pour déterminer notre graisse l'outil **SKF Lube Select For SKF Greases** créé par **SKF**, qui permet, en rentrant les données que nous avons, de déterminer la graisse la plus adaptée à notre cas.

On cherche à calculer dans un premier temps le C/P.

Notre valeur C/P se détermine alors comme suit :

$$\frac{Fa}{Fr} = \frac{0}{23.8} = 0$$

$\frac{Fa}{Fr} < e$ , on obtient alors :

$$P = X_1 * Fr = 1 * 23.8 = 23.8$$

La valeur de la charge dynamique de base C annoncée sur le site **SKF** vaut 108kN. On a alors :

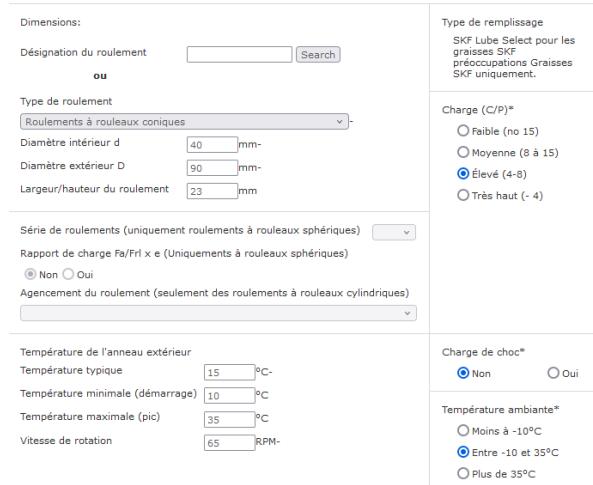
$$\frac{C}{P} = \frac{107}{23.8} = 4.49$$

Nous prendrons donc la ligne C/P = 4 comme référence. L'approximation de la valeur ici nous sert comme marge de sécurité.

On a plus qu'à rentrer nos valeurs dans l'outil de choix

Pour rappel nous avons :

- C/P = 4.49
- Ø extérieur = 90mm
- Ø intérieur = 40mm
- Épaisseur = 23mm
- Température roulement minimum = 10°C
- Température roulement maximum = 35°C
- Température ambiante = 15°C
- Température moyenne = 15°C
- Vitesse de rotation = 65 tr/min



The screenshot shows the SKF Lube Select For SKF Greases software interface. It includes sections for Dimensions (Désignation du roulement, Type de roulement: Roulements à rouleaux coniques), Charge (C/P)\* (Elevé selected), Température de l'anneau extérieur (Température typique: 15°C), Charge de choc\* (Non selected), and Température ambiante\* (Entre -10 et 35°C selected).

Figure 29: SKF Lube Select For SKF Greases



De plus nous rajoutons un facteur en plus à notre outil, qui est la fréquence de mise en marche / mise à l'arrêt, que nous mettons en très important.

Facultative conditions:	Les champs marqués d'un asservie sont utilisés pour conseils en graisse/huile (autres pour la graisse uniquement)			
Arbre vertical	<input checked="" type="radio"/> Non	<input type="radio"/> Oui		
Mouvements oscillants	<input checked="" type="radio"/> Non	<input type="radio"/> Oui		
Encleun externe de rotation	<input checked="" type="radio"/> Non	<input type="radio"/> Oui		
	non pertinentes	pertinentes	importants	très importants
Système central de lubrification	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Protection contre la rouille élevée	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Résistance à l'	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Faible bruit	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Démarrage/arrêt fréquent+	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Installation vibrante	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Très faibles frottements	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Très longue durée de vie des graisses	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Qualité alimentaire	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Biodégradabilité	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Résistance aux rayonnements	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figure 30: Sélection des facteurs

L'outil nous propose donc plusieurs choix.

**SKF** | SKF Lube Select For SKF Greases

[Home](#) | [ABOUT](#) | [HELP](#) | [APPLICATION PROFILES](#) | [LINKS](#)

**Application conditions**

- [Start](#)
- [Application conditions](#)
- [Results](#)
- [Details](#)

[Feedback](#)

### Advise

The following SKF greases have been found to be appropriate for the specified application conditions. A green color indicates a suitable lubricant for this application. A red color indicates that one or more application conditions are not fulfilled.

Click on a lubricant to view calculated results and additional information.

Rating	Grease	Supplier	Kappa	Relubrication interval	Poor performance on
****	LGWM1	SKF	>4	NA	-
***	LGFQ2	SKF	>4	NA	Temperature
***	LGEM2	SKF	>4	NA	Temperature

**Warning:**

- Lubrication intervals are not given since the speed factor (ndm) is outside accepted range of SKF relubrication interval calculations (RBC 17000 , page 111)

[Grease Rating](#) A detailed explanation of the rating for all greases.

[Report](#) Create a final report including application conditions and selection results.

Figure 31: Résultat de lubrification adaptée



Nous allons donc partir sur une graisse **LGWM1**.



## LGWM 1

### Graisse pour roulements SKF extrême pression et basse température

La graisse SKF LGWM 1 est une graisse à faible consistance composée d'une huile de base minérale épaisse à l'aide d'un savon de lithium et contenant des additifs extrême pression. Elle convient plus particulièrement à la lubrification de roulements fonctionnant sous des charges radiales et axiales.

#### CARACTÉRISTIQUES ET AVANTAGES

- Bonne formation du film d'huile à de basses températures pouvant atteindre -30 °C
- Bonne pompage même à basse température
- Bonne protection anticorrosion
- Bonne résistance à l'eau

#### APPLICATIONS TYPIQUES

- Arbres principaux d'éoliennes
- Transporteurs à vis
- Systèmes de lubrification centralisée
- Applications de butées à rotule sur rouleaux

*Figure 32: Graisse que nous choisissonsE*

Maintenant que nous avons notre graisse, nous allons chercher à obtenir la quantité de graisse que nous devons injecter à notre système pour une lubrification complète.

La formule de calcul de volume de graisse par roulement s'établit comme suit :

$$V = \frac{\pi}{4} * \frac{B * (D^2 - d^2)}{10^3} - \frac{M}{7.8 * 10^{-3}}$$

Où :

- V est le volume de graisse (cm<sup>3</sup>)
- B la largeur du roulement (mm)
- D son diamètre extérieur (mm)
- d son diamètre intérieur (mm)
- M sa masse (kg)

En reprenant les dimensions de notre roulement (roulement à rotule sur rouleaux 21308 E), nous pouvons calculer le volume de graisse nécessaire :

$$V = \frac{\pi}{4} * \frac{23 * (90^2 - 40^2)}{10^3} - \frac{0.738}{7.8 * 10^{-3}}$$

$$V = 22.8 \text{ cm}^3$$

Nous avons donc besoin de 22.8cm<sup>3</sup> de graisse par roulement. Or, notre système possède 8 roulements. Nous aurons donc besoin au total de 182.4cm<sup>3</sup> de graisse, soit 182.4mL.

On inclut donc une cartouche de graisse SKF LGWM 1 de 420 ml afin de réaliser la lubrification.

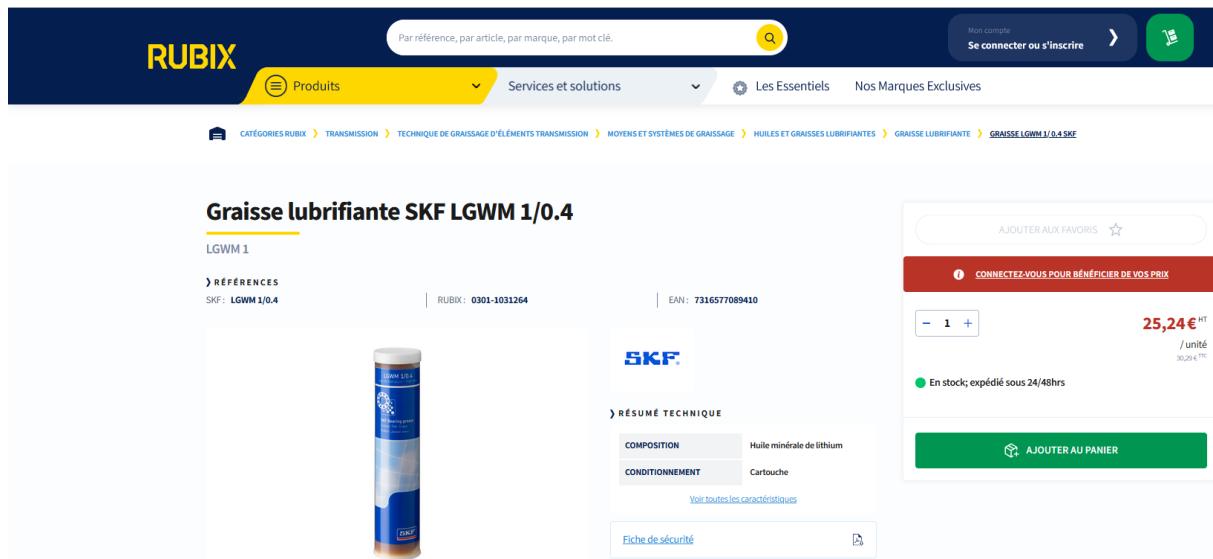


Figure 33: Produit que l'on achète

### b) Graisseur hydraulique droit

Le graisseur est un mini-réservoir installé de façon fixe sur une installation mécanique qui permet de graisser la partie voulue sans devoir démonter tout le système. C'est en fait un embout percé par lequel on va pouvoir injecter de la graisse au moyen d'une pompe à graisse, d'un flexible et d'un embout adapté (tête de graissage).

Les graisseurs hydrauliques présentent une tête sphérique sur laquelle s'agrafe une tête de graissage hydraulique, à griffes. Lubrification et protection des paliers, roulements, coussinets et éléments soumis à friction.

Nous cherchons donc un graisseur hydraulique droit M6.

On a trouvé sur le site ATEC France  notre graisseur adapté.

### Graisseur hydraulique hexagonal droit M6 (pas 1)



Lubrification régulière dans une installation.  
Sachet de 10 pièces.

Code article : 547948

Conditionnement de vente : Unité

Stock : 36

Prix\* : 4,08 € HT

Quantité :

Demander un devis

\* Les devis adressés aux professionnels  
font directement l'objet de remises (Hors  
promotions)

Figure 34: Graisseur hydraulique de chez ATEC

On a besoin de 8 graisseurs hydraulique droit, ce qui nous fait un total de **39.17€ TTC**.



## H. Joint d'étanchéité

### a) Joint à lèvre, type A, DIN 3760 – 32 x 45 x 7

On recherche sur le site **SKF**



On va donc prendre des joints de type **HMS5** et **HMSA10** car ils sont valides avec la norme DIN 3760



### Joints HMS5 et HMSA10

Les joints radiaux métriques à diamètre extérieur en caoutchouc HMS5 et HMSA10, également appelés joints SKF Edge dans la gamme CR, sont conçus conformément aux normes ISO 6194-1 et DIN 3760 pour une utilisation dans une large gamme d'applications industrielles. La plage de dimensions disponible pour les joints HMS5 et HMSA10 recouvre les dimensions ISO 6194-1 et DIN 3760 pour des diamètres d'arbre pouvant atteindre 250 mm (9.842 in.) ainsi qu'une large gamme de dimensions couramment utilisées sur le marché. De nouvelles dimensions sont constamment ajoutées. Caractéristiques principales :

- Matériau de lèvre d'étanchéité optimisé
- Lèvre d'étanchéité à ressort
- Section flexible et lèvre d'étanchéité équilibrée de manière optimale
- Diamètre extérieur ondulé
- Lèvre auxiliaire (joints HMSA10 uniquement)



Figure 35: Joints à lèvre disponible

<b>32X45X7 HMS5 RG</b>	32	45	7	Caoutchouc nitrile (NBR)	HMS5
<b>32X45X7 HMS5 V</b>	32	45	7	Élastomère fluorocarboné (FKM)	HMS5
<b>32X45X7 HMSA10 RG</b>	32	45	7	Caoutchouc nitrile (NBR)	HMSA10
<b>32X45X7 HMSA10 V</b>	32	45	7	Élastomère fluorocarboné (FKM)	HMSA10

Figure 36: Différents joints à lèvre possible

Nous avons 4 choix possibles pour notre joint ; dans notre cas on va partir sur du caoutchouc nitrile (NBR). Pour ce qui est de la conception des joints, nous partirons sur du HMS5.



### 32X45X7 HMS5 RG

Joint d'étanchéité radial avec diamètre extérieur en caoutchouc et lèvre d'étanchéité unique, pour huile ou graisse

Les joints radiaux pour arbres sont utilisés entre les composants rotatifs et les composants fixes d'une machine ou entre deux composants en déplacement relatif. Les joints HMS5 sont conçus avec un diamètre extérieur en caoutchouc. Ils comportent une lèvre d'étanchéité classique en élastomère avec un ressort de retenue pour maintenir la charge radiale adéquate.

- Taux de pompage élevé
- Avec ressort de retenue
- Supportent un défaut d'alignement

Figure 37: Le choix de joint à lèvre



On recherche un revendeur, on va prendre notre joint chez RS



## Joint d'arbre tournant SKF Ø int. 32mm, Ø ext. 45mm

Code commande RS: 267-3415 | Référence fabricant: 32X45X7 HMS5 RG | Marque: [SKF](#)



Prix le paquet de 10\*

**12,67 €**  
HT

**15,20 €**  
TTC

### Paquet(s)

Sélectionner ou entrer la quantité

[Vérifier les dates de livraison](#)

[!\[\]\(59f0787578e904376cbd9ab065793c8e\_img.jpg\) Commander](#)

Figure 38: Joint à lèvre choisi chez RS

Notre structure entière comporte deux joints de ce type, ce qui nous fait un total **30.4€ TTC**.

b) *Joint à lèvre, type A, DIN 3760 – 50 x 65 x 8*

On recherche sur le site **SKF** 

On va donc prendre des joints de type **HMS5** et **HMSA10** car ils sont valides avec la norme DIN 3760.



### Joints HMS5 et HMSA10

Les joints radiaux métriques à diamètre extérieur en caoutchouc HMS5 et HMSA10, également appelés joints SKF Edge dans la gamme CR, sont conçus conformément aux normes ISO 6194-1 et DIN 3760 pour une utilisation dans une large gamme d'applications industrielles. La plage de dimensions disponible pour les joints HMS5 et HMSA10 recouvre les dimensions ISO 6194-1 et DIN 3760 pour des diamètres d'arbre pouvant atteindre 250 mm (9,842 in.) ainsi qu'une large gamme de dimensions couramment utilisées sur le marché. De nouvelles dimensions sont constamment ajoutées. Caractéristiques principales :

- Matériau de lèvre d'étanchéité optimisé
- Lèvre d'étanchéité à ressort
- Section flexible et lèvre d'étanchéité équilibrée de manière optimale
- Diamètre extérieur ondulé
- Lèvre auxiliaire (joints HMSA10 uniquement)



Figure 39: Joints à lèvre disponible

<b>50X65X8 CRW1 R</b>	50	65	8	Caoutchouc nitrile (NBR)	CRW1
<b>50X65X8 CRW1 V</b>	50	65	8	Élastomère fluorocarboné (FKM)	CRW1
<b>50X65X8 HMS5 RG</b>	50	65	8	Caoutchouc nitrile (NBR)	HMS5
<b>50X65X8 HMS5 V</b>	50	65	8	Élastomère fluorocarboné (FKM)	HMS5
<b>50X65X8 HMSA10 RG</b>	50	65	8	Caoutchouc nitrile (NBR)	HMSA10
<b>50X65X8 HMSA10 V</b>	50	65	8	Élastomère fluorocarboné (FKM)	HMSA10

Figure 40: Différents joints à lèvre possible

Nous avons 4 choix possibles pour notre joint ; dans notre cas on va partir sur du caoutchouc nitrile (NBR). Pour ce qui est de la conception des joints, notre choix se portera sur du HMS5.



### 50X65X8 HMS5 RG

Joint d'étanchéité radial avec diamètre extérieur en caoutchouc et lèvre d'étanchéité unique, pour huile ou graisse

Les joints radiaux pour arbres sont utilisés entre les composants rotatifs et les composants fixes d'une machine ou entre deux composants en déplacement relatif. Les joints HMS5 sont conçus avec un diamètre extérieur en caoutchouc. Ils comportent une lèvre d'étanchéité classique en élastomère avec un ressort de retenue pour maintenir la charge radiale adéquate.

- Taux de pompage élevé
- Avec ressort de retenue
- Supportent un défaut d'alignement

Figure 41: choix du joint à lèvre

On recherche un revendeur, on va prendre notre joint chez RS



### Joint d'arbre tournant SKF Ø int. 50mm, Ø ext. 65mm en Caoutchouc nitrile



Code commande RS: 267-0307 | Référence fabricant: 50X65X8 HMS5 RG | Marque: [SKF](#)



[Voir l'ensemble des Joints](#)

Prix le paquet de 10\*

**18,22 €**  
HT

**21,86 €**  
TTC

Paquet(s)

Sélectionner ou entrer la quantité

[Vérifier les dates de livraison](#)

[Commander](#)

Figure 42: Joint à lèvre choisi chez RS

On a 8 dans toute la structure ce qui nous fait un total **174.88€ TTC**.

#### c) Joint Torique 4.9 x 1.90

On cherche un joint torique de Øint = 90 ; Øext = 94 avec comme épaisseur 1.90.

On trouve sur le site RS



### Joint torique RS PRO, Ø int. 90mm, Ø ext. 94mm, épais. 2mm, en Nitrile



Code commande RS: 255-5985 | Marque: [RS PRO](#)



Prix le sachet de 20\*

**10,41 €**  
HT

**12,49 €**  
TTC

Sachet(s)

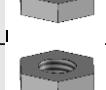
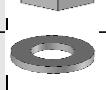
Sélectionner ou entrer la quantité

[Commander](#)

Figure 43: Joint torique chez RS

Notre système comporte 8 joints toriques, ce qui nous donne un total de **62.45€ TTC**.

## I. Nomenclature

Pièce	Référence	Quantité	Matériau	Masse	Fournisseur	Usinage	Prix unitaire HT	Image
Roulement	21308 E	8			Rubix		131,83 €	
Poutrelle	HEB 800	1	S235		FranceSteel		12 621,71 €	
Sommier	RHS 300x200x16	2	S235		Schmelzer		377,07 €	
Moteur	MV282-90S-4	2			JS Technik		914,37 €	
Accouplement	XBW-94C7-32-35	2	Acier		Misumi		374,73 €	
Vis M12x30 DIN 933 classe 8.8	TH12/030A8NOEF	24	Acier		Bricovis		0,61 €	
Vis M10x30 DIN 933 classe 8.8	TH10/030A8NOEF	20	Acier		Bricovis		0,38 €	
Vis M20x80 DIN 933 classe 8.8	TH20/030A8NOEF	24	Acier		Bricovis		3,12 €	
Ecrou M10 ISO 4033	ECRHH10ZN	8	Acier zingué blanc		Bricovis		0,31 €	
Ecrou M20 ISO 4033	ECRHH20ZN	24	Acier zingué blanc		Bricovis		1,60 €	
rondelle M10 NFE 25513	RONM10ZN	8	Acier zingué blanc		Bricovis		0,11 €	
rondelle M20 NFE 25513	RONM20ZN	24	Acier zingué blanc		Bricovis		0,35 €	
Graisseur hydraulique droit M6.	547948	8			ATEC		4,08 €	
Graisse lubrifiante	LGWM 1/0,4	1			SKF		25,24 €	
Ecrou à encoche	KM7	2			HPC		4,12	
rondelle frein ISO 2982-2 – 35x1.5.	MB7	2			HPC		0,58	
Joint à lèvre, type A, DIN 3760 – 32 x 45 x 7	32X45X7 HMF5 RG	2			RS		12,67 €	
Joint à lèvre, type A, DIN 3760 – 50 x 65 x 8	50X65X8 HMF5 RG	8			RS		18,22 €	
Joint Torique 4.9 x 1.90	255-5985	8			RS PRO		10,41 €	

Pièce	Référence	Quantité	Matériau	Masse	Fournisseur	Usinage	Prix unitaire HT	Image
Bague entretoise		8						
Galet fou		6	Acier 25CrMo4 EN 10083-1			Moulage + CN		
Galet moteur		2	Acier 25CrMo4 EN 10083-1			Moulage + CN		
Chapeau		6	Acier 25CrMo4 EN 10083-1			Moulage + CN		
Chapeau Moteur		2	Acier 25CrMo4 EN 10083-1			Moulage + CN		
Boitier roulement		4	Acier 25CrMo4 EN 10083-1			Moulage + CN		
Support moteur		2	Acier 25CrMo4 EN 10083-1			Moulage + CN		
Bouchon		2						

## VI. Etude financière

A l'issue du choix de nos éléments, nous pouvons déterminer le coût total de notre système. Toutes les valeurs de prix ont été recalculées en HT et TTC, afin d'obtenir les prix exacts dans l'objectif final de rédiger une facture pour le client.

Entités	Sommiers	Poutre	Galets fous	Galets moteur	Moteur	Visserie (vis + écrous + rondelles)	Roulements	Treuil	Coût opérateur	Accouplement moteur	Graisse roulements	Graisseurs	Total
Quantités	2	1	2	2	2	Ø	8	1	82h	2	1	8	
Prix HT (€)	754,14	10518,12	27,66	34,88	1828,73	98,63	1054,64		15000,00	3280,00	749,46	25,24	32,64
Prix TTC (€)	904,97	12621,74	33,19	41,86	2194,48	118,36	1265,57		18000,00	3936,00	899,35	30,29	39,17
													40084,97

## VII. Reconception

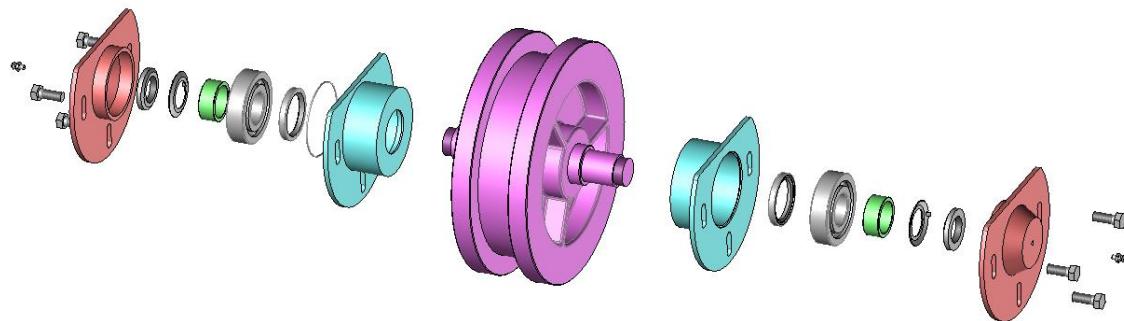


Figure 44: Vue éclaté du Galet Fou

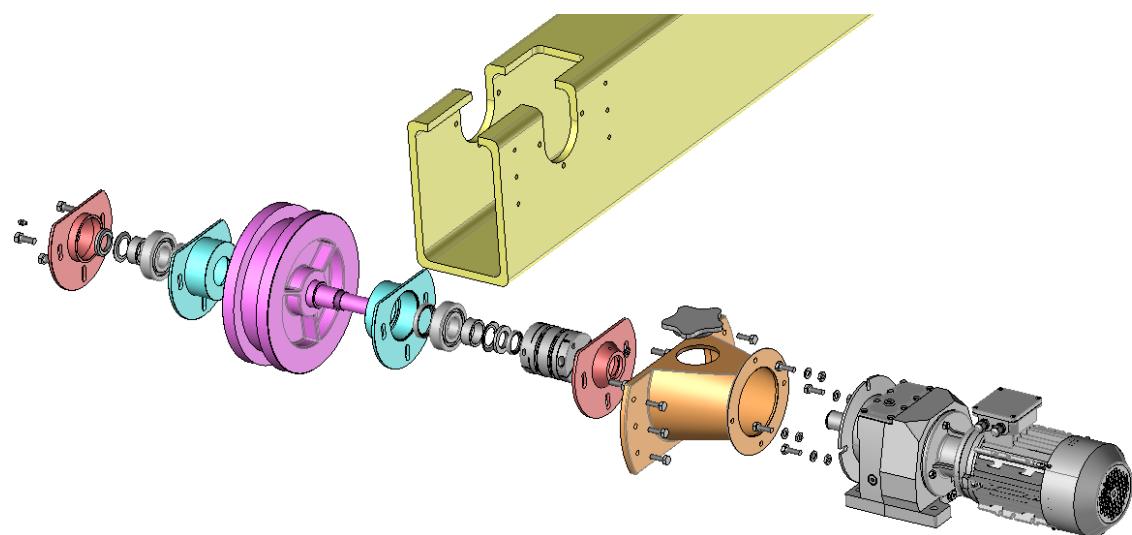


Figure 45: Vue éclaté du Galet Moteur

# SÉQUENCE 2 – Dossier d'utilisation et d'instructions d'entretien

## I. Prévention et le cadre législatif et devoirs fondamentaux

### A. Loi sur la prévention des risques professionnels

La législation en vigueur sur la prévention des risques professionnels est nombreuse et étendue en raison des compétences des différentes administrations dans ce domaine, ce qui a entraîné un changement important dans la mentalité de la société puisqu'elle ne cherche plus seulement à réduire le nombre d'accidents du travail, mais le grand objectif des entreprises et des travailleurs est de promouvoir une culture de prévention des risques professionnels afin d'améliorer la qualité et la productivité des entreprises tout en améliorant la santé et la sécurité des travailleurs et, en définitive, leur bien-être.

Étant donné que la législation actuelle oblige les pouvoirs publics à garantir la santé et la sécurité sur le lieu de travail, l'élaboration de politiques visant à protéger à la fois la santé et la sécurité des travailleurs en prévenant les risques découlant de leur travail est la principale nécessité dans ce domaine. À cet effet, la loi 31/1995 du 8 novembre sur la prévention des risques professionnels constitue le cadre général pour le développement des différentes actions préventives à mener, toujours en harmonie avec la réglementation de l'Union européenne.

La Loi sur la prévention des risques professionnels établit les garanties et les responsabilités nécessaires pour garantir que le niveau de protection de la sécurité et de la santé des travailleurs est adéquat et fixe le cadre juridique dans lequel les aspects plus techniques seront précisés dans la réglementation.

Voici une liste littérale des articles de la loi sur la prévention des risques professionnels relatifs aux droits et aux devoirs des travailleurs ainsi qu'aux obligations des employeurs.



## B. Droits fondamentaux des travailleurs

### **Article 14.1**

"Les travailleurs ont droit à une protection efficace dans le domaine de la sécurité et de l'hygiène du travail, d'où découle le devoir correspondant de l'employeur de protéger les travailleurs contre les risques professionnels".

### **Article 17**

"Disposer des équipements de travail et des moyens de protection individuelle appropriés à l'exercice de leurs fonctions"

### **Article 18**

"Être informé des risques pour la sécurité et la santé au travail, des mesures de protection et de prévention applicables à ces risques, ainsi que des mesures prises en cas d'urgence".

### **Article 18**

"Être consulté et impliqué dans toutes les questions touchant à la sécurité et à la santé au travail"

### **Article 19**

"Avoir une formation théorique et pratique suffisante et appropriée en matière de prévention, axée sur le lieu de travail"

### **Article 20**

"Avoir les mesures d'urgence en fonction de la taille et de l'activité de l'entreprise"

### **Article 21**

"En cas de risque grave et imminent, l'activité doit être arrêtée et, si nécessaire, le lieu de travail doit être immédiatement abandonné"

### **Article 22**

"Avoir les mesures de surveillance et de contrôle de la santé en fonction des risques"

### **Article 25**

"Assurer la protection des travailleurs qui, en raison de leurs caractéristiques personnelles ou de leur état biologique connu, y compris ceux qui sont reconnus comme atteints d'un handicap physique, mental ou sensoriel, sont particulièrement sensibles aux risques découlant de leur travail".

## C. Les devoirs des travailleurs

### Article 29

Cet article traite des devoirs des travailleurs en matière de prévention des risques.

#### Article 29.1

"Il appartient à chaque travailleur d'assurer, selon ses possibilités et en respectant les mesures préventives adoptées dans chaque cas, sa propre sécurité et sa propre santé au travail et celles des autres personnes qui peuvent être affectées par son activité professionnelle, en raison de leurs actes et omissions au travail, conformément à leur formation et aux instructions de l'employeur.

En particulier, les travailleurs doivent, conformément à leur formation et aux instructions de l'employeur :

- 1.** Faire un usage approprié, selon leur nature et les risques prévisibles, des machines, appareils, outils, substances dangereuses, équipements de transport et, en général, de tout autre moyen par lequel ils exercent leur activité.
- 2.** Utiliser correctement les moyens et équipements de protection fournis par l'employeur, conformément aux instructions reçues de ce dernier.
- 3.** De ne pas mettre hors service et d'utiliser correctement les dispositifs de sécurité existants ou ceux qui sont installés dans les moyens liés à leur activité ou dans les lieux de travail où elle se déroule.
- 4.** Informer immédiatement leur supérieur hiérarchique direct et les travailleurs désignés pour effectuer les activités de protection et de prévention ou, le cas échéant, le service de prévention, de toute situation qui, à leur avis, comporte un risque pour la sécurité et la santé des travailleurs pour des motifs raisonnables.
- 5.** Contribuer à l'accomplissement des obligations fixées par l'autorité compétente afin de protéger la sécurité et la santé des travailleurs au travail.
- 6.** Coopérer avec l'employeur afin que celui-ci puisse s'assurer que les conditions de travail sont sûres et ne présentent pas de risque pour la sécurité et la santé des travailleurs".

## D. Obligations de l'employeur

Cela implique un engagement de l'entreprise à préserver la santé et la sécurité des travailleurs à son service. La loi établit des obligations spécifiques pour tous les employeurs, qui peuvent être de deux types :

- Organisationnel : les obligations qui se réfèrent à la manière dont l'employeur doit organiser les activités de prévention.

- Opératives : les actions concrètes de nature technique : évaluation des risques, formation et information des travailleurs, etc.

Les principales activités de prévention à développer dans les entreprises sont les suivantes :

- Pour élaborer le Plan de Prévention.
- Organisation et mise en place de la structure de prévention.
- Assurer la consultation et la participation des travailleurs.
- Pour réaliser l'évaluation des facteurs de risque et la planification de l'activité préventive.
- Concevoir, appliquer et coordonner les plans et programmes d'action préventive.
- Former et informer les travailleurs.
- Enquêter et analyser les accidents du travail.
- Fournir les premiers secours, l'assistance et le soutien dans la préparation des mesures d'urgence.
- Effectuer une surveillance de la santé des travailleurs en relation avec les risques découlant du travail.
- Appliquer réglementation spécifique, en outre, pour effectuer la coordination des activités commerciales, le contrôle des équipements de travail et des équipements de protection individuelle, etc.
- Produire et tenir à la disposition de l'autorité du travail la documentation suivante : Evaluation des risques
  - \* Plan de prévention.
  - \* Mesures de protection et de prévention et matériaux de protection.
  - \* Résultats des contrôles périodiques.
  - \* Contrôles de l'état de santé des travailleurs et conclusions tirées de ces contrôles.
  - \* Liste des accidents du travail et des maladies professionnelles ayant entraîné une incapacité de travail de plus d'un jour.

## Article 15

"L'employeur met en œuvre les mesures qui constituent le devoir général de prévention, conformément aux principes généraux suivants :

- Éviter les risques.
- Évaluez les risques qui ne peuvent être évités.
- Combattre les risques à la source.
- Adapter le travail à la personne.
- Tenir compte des évolutions techniques.
- Remplacez le dangereux par le non sécuritaire.
- Planifier la prévention.
- Adopter des mesures qui font passer la protection collective avant la protection individuelle.
- Donner les instructions appropriées aux travailleurs.

## E. Autres provisions

Enfin, nous citerons également, littéralement, les textes du Décret Royal 1215/1997 du 18 juillet 1997 directement liés aux équipements de travail pour le levage de charges, puisqu'ils contiennent les dispositions minimales de sécurité et de santé pour l'utilisation de ces équipements de travail utilisés par les travailleurs (ponts roulants, équipements de manutention, etc.).

## F. Annexe I

### a) *Exigences minimales pour les équipements de travail pour le levage de charges*

**A)** Les équipements de travail servant au levage de charges doivent être solidement installés dans le cas d'équipements fixes, ou présenter les éléments ou conditions nécessaires dans les autres cas, pour assurer leur résistance et leur stabilité en cours d'utilisation, compte tenu notamment des charges à soulever et des contraintes induites aux points de suspension ou de fixation aux structures.

**B)** La machine de levage de charges doit avoir une indication clairement visible de sa charge nominale et, le cas échéant, une plaque de charge indiquant la charge nominale pour chaque configuration de la machine.

Les accessoires de levage doivent être marqués de manière à pouvoir identifier les caractéristiques essentielles pour une utilisation sûre.

Si l'équipement de travail n'est pas destiné au levage de travailleurs et qu'il y a un risque de confusion, des panneaux appropriés doivent être apposés de façon visible.

**C)** Les équipements de travail installés de façon permanente doivent être installés de manière à réduire le risque que la charge tombe, soit libérée ou soit détournée de façon dangereuse de façon involontaire ou qu'elle heurte les travailleurs de toute autre manière.

**D)** La machine de levage ou de détachement des travailleurs doit avoir les caractéristiques appropriées.

**7.** Prévenir, au moyen de dispositifs appropriés, les risques de chute du porteur, lorsque ces risques existent.

**8.** Éviter les risques de chute de l'utilisateur du transporteur, lorsque ces risques existent.

**9.** Eviter les risques d'écrasement, de coincement ou d'impact de l'utilisateur, en particulier ceux dus à un contact accidentel avec des objets.

**10.** Garantir la sécurité des travailleurs qui, en cas d'accident, sont bloqués dans l'habitacle et permettre leur libération.

Si, pour des raisons liées au site et à la pente, les risques visés au paragraphe 1 ci-dessus ne peuvent être évités au moyen d'un dispositif de sécurité quelconque, un câble à coefficient de sécurité plus élevé doit être installé et son état vérifié chaque jour ouvrable.

## G. Annexe II

### b) *Conditions d'utilisation des équipements de travail pour le levage de charges*

Général :

**A)** Les équipements de travail démontables ou mobiles utilisés pour le levage de charges doivent être utilisés de manière à assurer la stabilité de l'équipement pendant son utilisation dans des conditions prévisibles, compte tenu de la nature du sol.

**B)** Le levage de travailleurs n'est autorisé qu'au moyen d'équipements de travail et d'accessoires prévus à cet effet.

Toutefois, lorsque, à titre exceptionnel, des équipements de travail non destinés à cet effet doivent être utilisés, des mesures appropriées doivent être prises pour assurer la sécurité des travailleurs et une surveillance adéquate.

Lorsque les travailleurs se trouvent sur un équipement de travail conçu pour le levage de charges, le poste de commande doit être occupé en tout temps. Les travailleurs à soulever doivent disposer de moyens de communication sûrs et des dispositions doivent être prises pour leur évacuation en cas de danger.

**C)** Sauf si cela est nécessaire à la bonne exécution du travail, des mesures doivent être prises pour éviter la présence de travailleurs sous des charges suspendues.

Les charges ne doivent pas passer sur les lieux de travail non protégés normalement occupés par les travailleurs. Si cela n'est pas possible, parce qu'on ne peut pas garantir que le travail sera exécuté correctement d'une autre manière, des procédures appropriées doivent être définies et mises en œuvre.

**D)** Les accessoires de levage doivent être choisis en fonction des charges à manutentionner, des points de préhension, du dispositif d'accrochage et des conditions atmosphériques, et en tenant compte du mode et de la configuration de l'arrimage. Les ensembles d'accessoires de levage doivent être clairement marqués afin que l'utilisateur connaisse leurs caractéristiques s'ils ne sont pas retirés après usage.

**E)** Les accessoires de levage doivent être entreposés de manière à éviter tout dommage ou toute détérioration.

### c) *Équipement de travail pour le levage de charges non guidées.*

**A)** Si deux ou plusieurs équipements de travail pour le levage de charges non guidées sont installés ou montés sur un chantier de telle manière que leurs champs d'action se chevauchent, des mesures appropriées doivent être prises pour éviter les collisions entre les charges ou les équipements eux-mêmes.

**B)** Lors de l'utilisation d'un équipement de travail mobile pour le levage de charges non guidées, des mesures doivent être prises pour éviter que l'équipement ne roule, ne bascule et, le cas échéant, ne se déplace ou ne glisse. Il convient de vérifier que ces mesures sont correctement appliquées.

**C)** Si l'opérateur d'un équipement de travail pour le levage de charges non guidées ne peut pas observer la trajectoire complète de la charge, soit directement, soit au moyen de dispositifs auxiliaires fournissant des informations utiles, un signaleur doit être désigné en communication avec l'opérateur pour le guider et des mesures organisationnelles doivent être prises pour éviter les collisions de la charge qui pourraient mettre en danger les travailleurs.

**D)** Le travail doit être organisé de telle sorte que, lorsqu'un travailleur suspend ou décroche une charge à la main, il puisse effectuer ces opérations en toute sécurité, notamment en s'assurant qu'il en conserve la maîtrise directe ou indirecte.

**E)** Toutes les opérations de levage doivent être correctement planifiées, correctement surveillées et exécutées en vue de protéger la sécurité des travailleurs.

En particulier, lorsque deux ou plusieurs équipements de travail pour le levage de charges non guidées doivent être levés simultanément, une procédure doit être conçue et mise en œuvre pour assurer la bonne coordination des opérateurs.

**F)** Si les équipements de travail pour le levage de charges non guidées ne peuvent pas maintenir les charges en cas de défaillance partielle ou totale de l'alimentation en énergie, des mesures appropriées doivent être prises pour éviter d'exposer les travailleurs aux risques correspondants. Les charges suspendues ne doivent pas être laissées sans surveillance, sauf si l'accès à la zone dangereuse est impossible et si la charge a été suspendue en toute sécurité et est maintenue en toute sécurité.

**G)** L'utilisation d'équipements de travail pour le levage de charges non guidées en plein air doit être arrêtée lorsque les conditions météorologiques se détériorent au point de compromettre la sécurité du travail et de mettre ainsi en danger les travailleurs. Des mesures de protection appropriées, notamment pour éviter le renversement des équipements de travail, doivent être prises pour éviter les risques pour les travailleurs

## H. Étalons de référence

- Texte consolidé de la loi sur le statut des travailleurs, approuvé par le décret législatif royal1 / 1995 du 24 mars.
- Loi sur la prévention des risques professionnels (loi 31/1995 du 8 novembre 1995, portant approbation de la loi sur la prévention des risques professionnels).
- Décret royal 39/1997 du 17 janvier 1997, approuvant le Règlement sur les services de prévention.
- Directive communautaire 89/391/CEE du 12 juin 1989 concernant la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail.
- Décret royal 485/1997 du 14 avril 1997 sur les dispositions minimales relatives à la signalisation de sécurité et de santé sur les lieux de travail.
- Décret royal 486/1997, du 14 avril, établissant les dispositions minimales en matière de santé et de sécurité sur le lieu de travail.
- Décret royal 487/1997, du 14 avril, sur les prescriptions minimales de sécurité et de santé pour la manutention manuelle de charges présentant des risques, notamment pour le dos des travailleurs.
- Décret royal 488/1997, du 14 avril (B.O.E. IV / 23/97) sur les dispositions minimales de santé et de sécurité liées au travail avec des équipements comprenant des écrans d'affichage.
- Décret royal 664/1997, du 12 mai, (B.O.E. 24/V/97) sur la protection des travailleurs contre les



risques liés à l'exposition à des agents biologiques au travail.

- ➡ Décret royal 665/1997, du 12 mai, (B.O.E. 24/V/97) sur la protection des travailleurs contre les risques liés à l'exposition à des agents cancérogènes au travail.
- ➡ Décret royal 1215/1997 du 18 juillet 1997, établissant les prescriptions minimales de sécurité et de santé pour l'utilisation d'équipements de travail par les travailleurs.
- ➡ Décret royal 773/1997 du 30 mai 1997 sur les dispositions minimales de sécurité et de santé pour l'utilisation par les travailleurs d'équipements de protection individuelle.



## II. Pont Roulant

Pour comprendre ce que sont les ponts roulants, il faut comprendre comment ils fonctionnent.



### A. C'est quoi un pont roulant ?

Le pont roulant est un appareil de manutention permettant de lever et de transporter des charges lourdes dans un entrepôt. Il est composé de deux sommiers, une poutre, et un treuil avec un crochet.

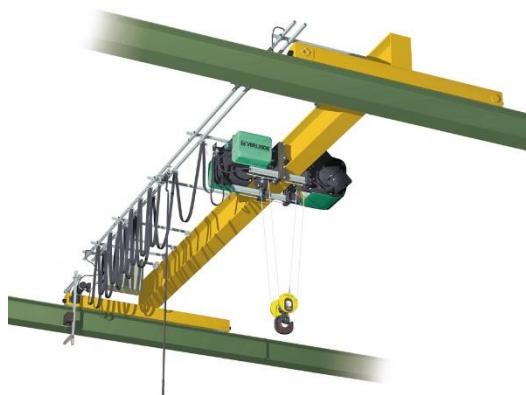


Figure 46: un pont roulant

Celui peut se déplacer dans plusieurs directions :

- Le sommier et les poutres se déplacent suivant la longueur
- Le treuil se translate suivant la largeur et de haut en bas.



Figure 47: un FENWICK soulevant une charge



La charge est tout objet matériel qui peut être soulevé par un équipement de levage.



*Figure 48: Les équipement de levage*

## B. Notice d'utilisation

Le pont roulant sera commandé avec une télécommande avec fil depuis le sol. Cette télécommande sera reliée directement au pont roulant et l'opérateur devra garder la vision sur la charge tout en maintenant une distance de sécurité, il devra aussi suivre la charge le temps de l'opération. L'opérateur doit porter les EPI en toutes circonstances. Pour toute question sur la sécurité, veuillez-vous référer au chapitre 5 et partie B.

La télécommande sera composée de deux boutons permettant la translation selon la longueur, deux autres pour translater selon la largeur et deux autres pour descendre et monter le treuil.

On aura aussi un bouton de mise en marche du pont roulant ainsi qu'un bouton d'arrêt d'urgence pour garantir la sécurité de l'opérateur et du site en cas de disfonctionnement.



*Figure 49: Télécommande du pont roulant*

Pour utiliser la machine, il faut avoir passé une formation et être certifié apte à pouvoir manœuvrer. Cette formation permet de connaître le fonctionnement de l'équipement, les règles de sécurité et les différents mouvements disponibles lors de plusieurs exercices pratiques.



### Contrôle de la machine :

Avant de manipuler une charge, il est nécessaire de vérifier :

- Qu'il n'y a pas d'obstacle gênant la course du treuil
- Que l'équipe connaît les signes de sécurité
- L'état de la machine à vide et à faible vitesse (vérifier les mouvements et le fonctionnement des freins)

À la fin de la journée, il faudra vérifier :

- Que la télécommande est à l'endroit prévu
- Qu'aucune charge n'est restée suspendue au treuil
- Que le crochet est remonté

Rappel : Le treuil peut lever au maximum une charge de **6,3 tonnes**.

## III. Instruction de montage-démontage

### A. Montage

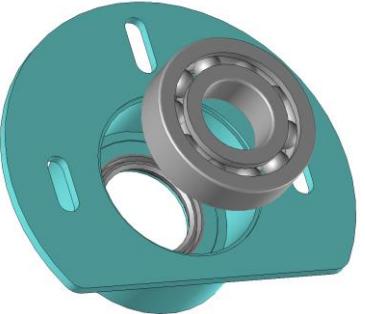
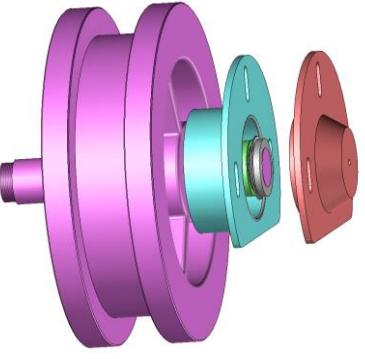
Pour le montage complet du sommier, il faudra vous munir d'une presse pour monter les roulements, d'une grue de levage et d'une clé de 12 pour visser les vis M12.

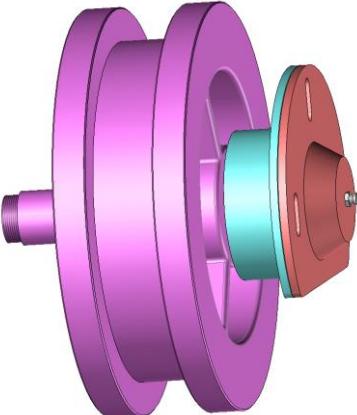
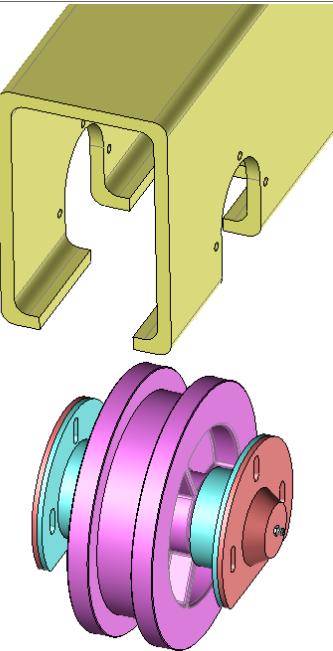
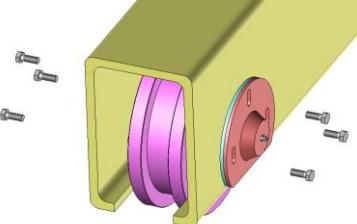
#### a) *Galets fous*

Le montage du galet fou se fait en 2 étapes principales : tout d'abord, le montage des roulements sur le galet avec les boîtiers, puis le montage de cet ensemble sur le sommier.

Etape	Instructions	Image	Pièces nécessaires
<b>1</b>	Monter le joint à lèvre sur le boîtier de roulement		1x boitier de roulement 1x joint à lèvre

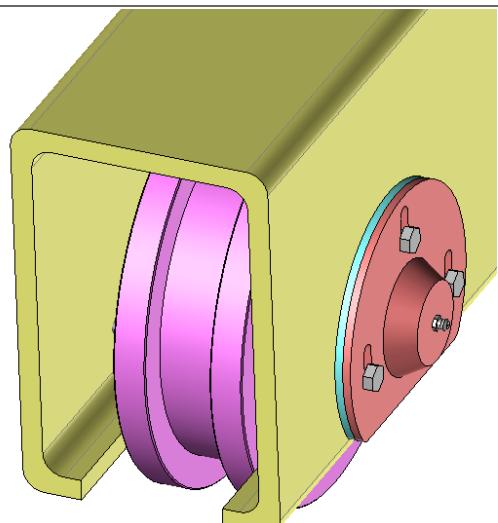


2	Monter le roulement dans le boîtier		1x roulement
3	Monter le boîtier sur le galet fou		1x Galet fou
4	Monter la bague entretoise et l'écrou à encoche		1x bague entretoise 1x écrou à encoche 1x rondelle frein
5	Monter le joint torique et positionner le chapeau		1x joint torique 1x Chapeau

<b>6</b>	Positionner le graisseur sur le chapeau		1x graisseur
<b>7</b>	Répéter les opérations précédentes de l'autre côté du galet fou		
<b>8</b>	Positionner l'assemblage boitiers + galet dans l'emplacement prévu dans le sommier		1x Sommier
<b>9</b>	Visser les boitiers dans le sommier en veillant au parallélisme entre l'axe du galet et le rail		6x Vis M12 x 30

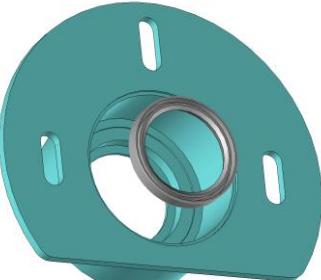
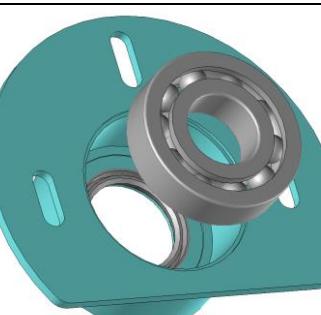


## Etat final

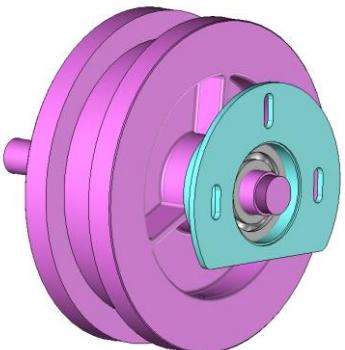
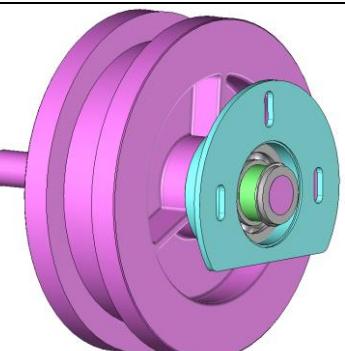
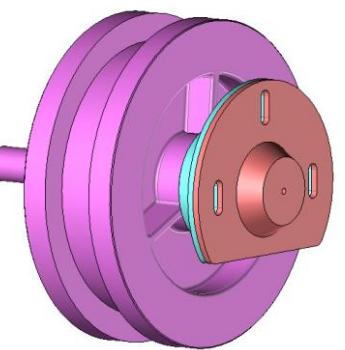
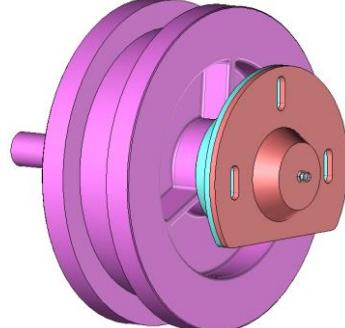


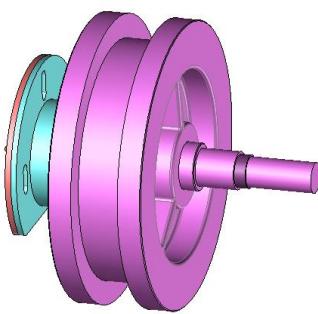
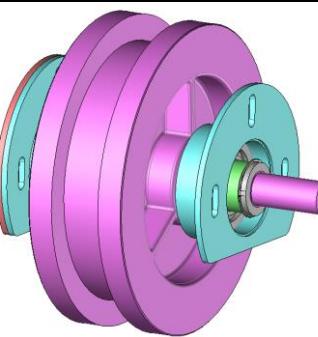
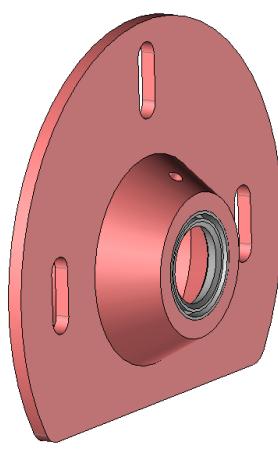
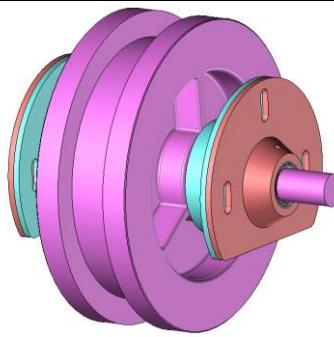
### b) *Galet moteur*

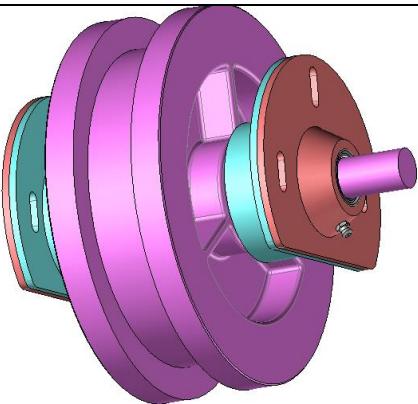
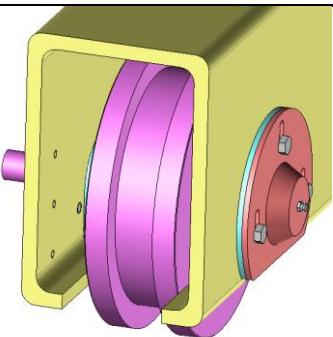
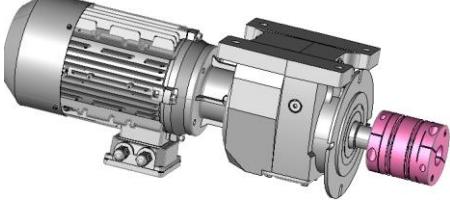
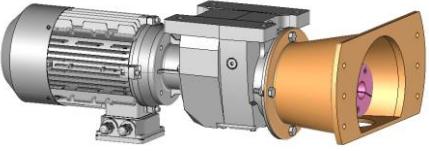
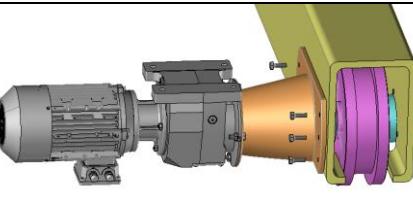
Le galet moteur s'assemble, en premier lieu, comme un galet fou. Seul le montage du moteur sur le galet vient s'ajouter.

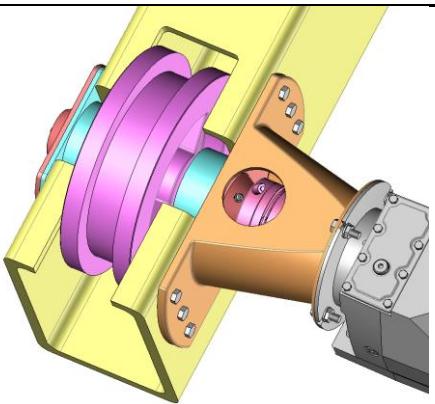
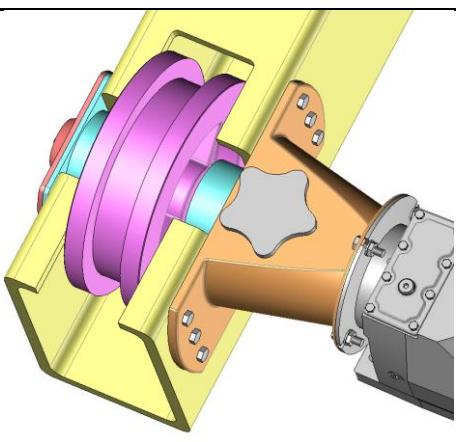
Etape	Instruction	Image	Pièces nécessaire
1	Monter le joint à lèvre sur le boîtier de roulement		1x boîtier de roulement 1x joint à lèvre
2	Monter le roulement dans le boîtier		1x roulement



<b>3</b>	Monter le boîtier sur le galet moteur		1x Galet moteur
<b>4</b>	Monter la bague entretoise et l'écrou à encoche		1x bague entretoise 1x écrou à encoche 1x rondelle frein
<b>5</b>	Monter le joint torique et positionner le chapeau		1x Joint torique 1x Chapeau
<b>6</b>	Positionner le graisseur sur le chapeau		1x Graisseur

7	Retourner le Galet		
8	Répéter les étapes 1 à 4 de ce côté du galet		1x Botier 1x Joint à lèvre 1x Roulement à billes 1x Bague entretoise 1x Ecrou à encoche 1x Rondelle frein 1x Joint torique
9	Monter le joint à lèvre sur le chapeau moteur		1x Chapeau moteur 1x Joint à lèvre
10	Monter le chapeau moteur sur l'assemblage précédent		1x Chapeau moteur + joint à lèvre

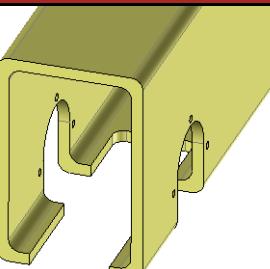
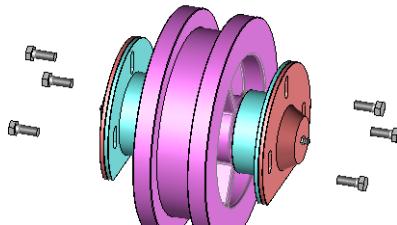
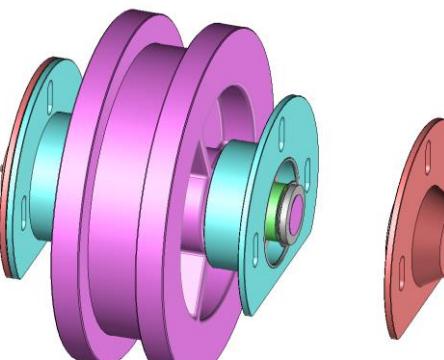
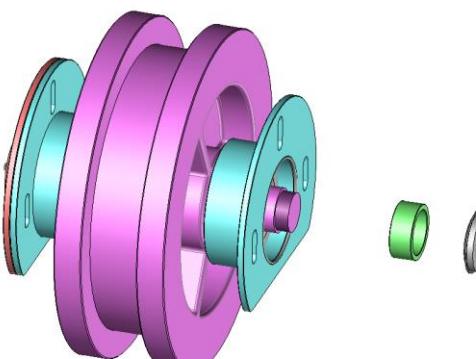
<b>11</b>	Monter le graisseur		1x Graisseur
<b>12</b>	Monter l'assemblage sur le sommier		6x Vis M12x30
<b>13</b>	Monter l'accouplement sur l'arbre moteur		1x Moteur 1x Accouplement
<b>14</b>	Monter le support moteur sur le moteur		1x Support moteur 4x Vis M10x30 4x Rondelle 10 4x Ecrou M10
<b>15</b>	Monter l'assemblage sur le sommier		6x Vis M10x30

16	Visser l'accouplement au galet moteur		
17	Visser le bouchon sur le support moteur		1x Bouchon

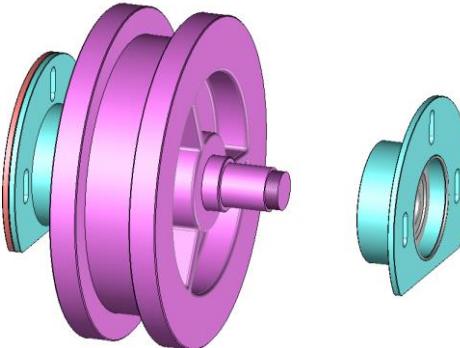
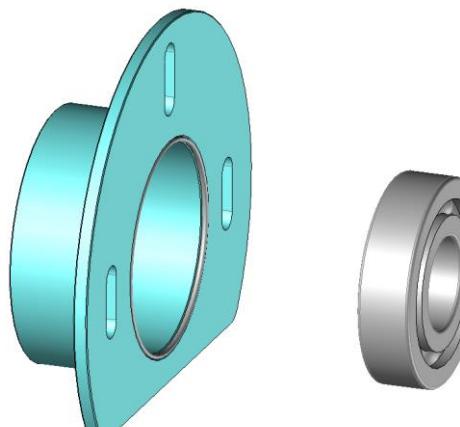
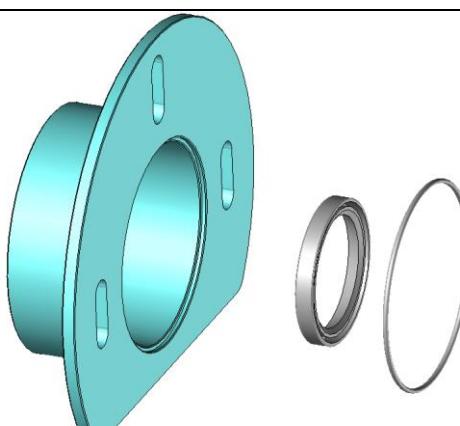


## B. Démontage

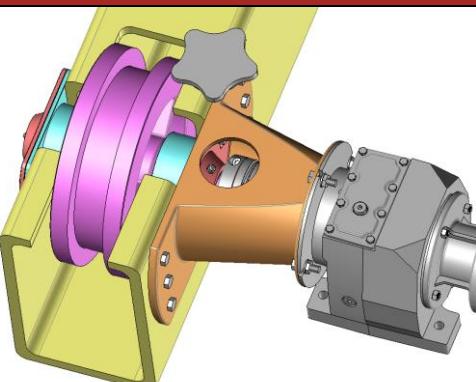
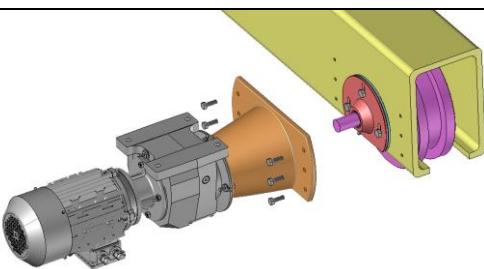
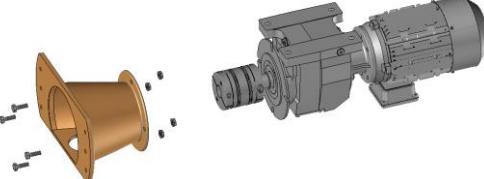
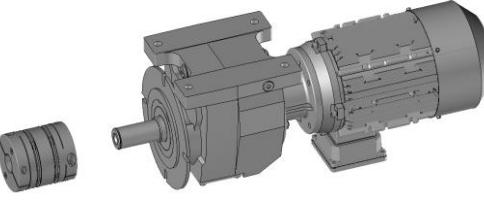
### c) Galet fou

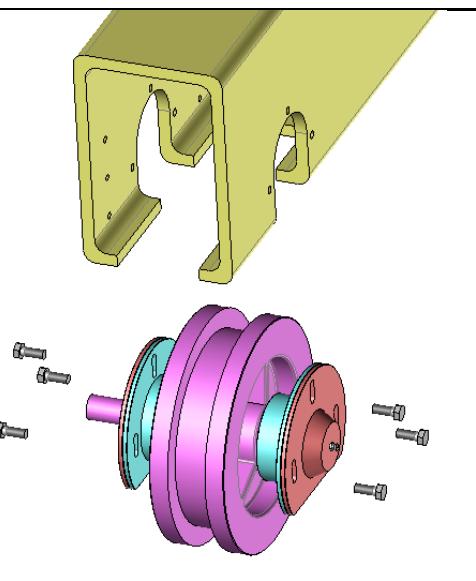
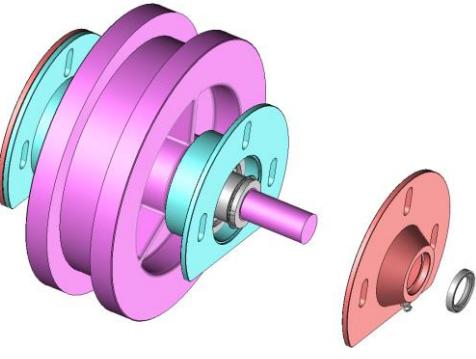
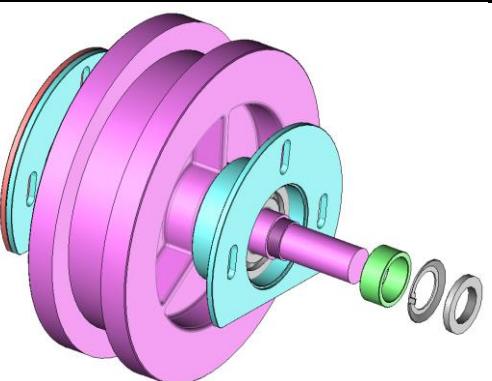
Etape	Instruction	Image
1	Retirer l'ensemble boitier + galet du sommier	 
2	Retirer le chapeau et son graisseur	
3	Dévisser l'écrou à encoche et retirer la rondelle frein et la bague entretoise	

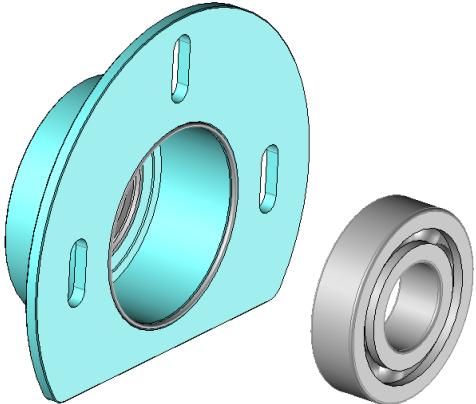
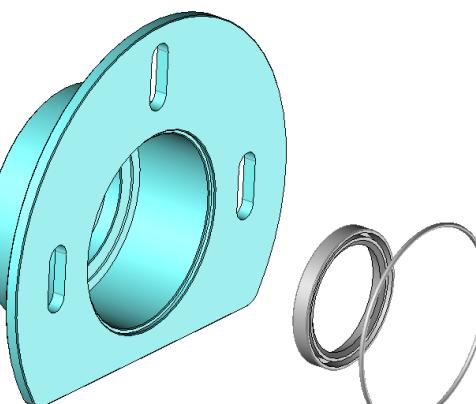


<b>4</b>	Séparer le galet du boîtier	
<b>5</b>	Retirer le roulement du boîtier	
<b>6</b>	Retirer les joints du boîtier	
<b>7</b>	Répéter les opérations précédentes de l'autre côté du galet	

d) *Galet moteur*

Etape	Instruction	Image
1	Retirer le bouchon et desserrer l'accouplement avec le galet	
2	Retirer l'ensemble moteur en dévissant les vis	
3	Retirer le support moteur	
4	Dévisser l'accouplement pour le séparer du moteur	

<b>5</b>	Retirer l'ensemble boîtier + Galet moteur du sommier	
<b>6</b>	Retirer le chapeau moteur avec son graisseur et le joint à lèvre	
<b>7</b>	Dévisser l'écrou à encoche puis retirer la rondelle frein et la bague entretoise	
<b>8</b>	Pour l'autre côté, se référer à la notice de démontage du galet fou	

<b>9</b>	Retirer le roulement du boitier	
<b>10</b>	Retirer les joints du boitier	

## IV. Instructions d'entretien

### A. Roulements

Les roulements choisis sont des roulements [21308E](#) provenant de chez SKF. A l'aide du moteur de calcul d'espérance de vie, intégré au site du fournisseur, nous pouvons déterminer la durée de vie en h de nos roulements.

#### Conditions de fonctionnement

Effort radial	Effort axial	Vitesse de rotation	Température de fonctionnement
23,8	0	65	r/min
Par défaut. Cliquez pour changer			70 °C

Figure 50: Condition d'utilisation de nos roulements

L'effort radial, fixé à 23.8kN, s'obtient par la division en 4 de la charge maximale (9513.25\*9.81N) que doit supporter un sommier, charge alors répartie sur 4 roulements. La vitesse de rotation est fixée à 65tr/min, vitesse de rotation maximale des galets.

#### Evaluate and compare

##### Settings

Roulement	 21308 E	...
Paramètres de lubrification	 LG WM	

##### Results

Niveau de charge	[ - ]	4.5
Niveau de charge, C/P		
Durée de vie modifiée SKF	[h] 	5400
$L_{10\text{mh}}$		

Figure 51: Durée de vie de nos roulements

Le moteur de calcul nous retourne alors, parmi différents paramètres, une durée de vie de 5400h pour nos roulements. Cependant, plusieurs roulements sont en mouvement entre eux. Il faut donc calculer la durée de vie de l'ensemble des roulements, appelée  $L_{10\text{ens}}$ . On obtient alors une valeur  $L_{10\text{ens}}$  de 21.05Mtrs, convertie en 2141 heures de fonctionnement. Par mesure de sécurité, on fixera cette limite à 2000 heures.

$$L_{10\text{ens}} = (n * \left(\frac{1}{L_{10\text{mh}}}\right)^{1.5})^{-\frac{1}{1.5}} \quad \text{Pour un ensemble de } n \text{ roulements.}$$

Pour notre cas, on a donc :

$$L_{10ens} = \left( \left( \frac{1}{L_{10}} \right)^{1.5} + \left( \frac{1}{L_{10}} \right)^{1.5} + \left( \frac{1}{L_{10}} \right)^{1.5} + \left( \frac{1}{L_{10}} \right)^{1.5} \right)^{-\frac{1}{1.5}}$$

$$L_{10ens} = \left( \left( \frac{1}{21.05} \right)^{1.5} + \left( \frac{1}{21.05} \right)^{1.5} + \left( \frac{1}{21.05} \right)^{1.5} + \left( \frac{1}{21.05} \right)^{1.5} \right)^{-\frac{1}{1.5}}$$

$$L_{10ens} = 8.35 \text{ Mtrs}$$

La formule de calcul de durée de vie moyenne des roulements nous retourne alors une espérance de vie de 8.35Mtrs pour notre système. Si ces derniers fonctionnaient en permanence, cela correspondrait à une durée de vie estimée à 89 jours.

Toutefois, les sommiers ne seront pas en permanence en déplacement. Afin d'obtenir une durée de vie en années, si l'on veut déterminer la fréquence d'entretien, il convient de fixer une durée de fonctionnement quotidienne. Nous avons alors fait le choix de placer cette limite à 5h/jour, 5 jours par semaine.

Nos calculs nous retournent alors :

$$\frac{2000}{5} = 400 \text{ j}$$

$$\frac{400}{5} = 80 \text{ semaines}$$

$$\frac{80}{52} \cong 1.53 \text{ ans}$$

Nous pouvons en déduire que la durée de vie de nos roulements s'estime à 1.53 années. Toutefois, dans un souci de prévention, nous fixerons la **fréquence de remplacement** à 1.5 ans, soit tous les **18 mois**.

## B. Palan

Le palan, sollicité à chaque remontée du treuil, possède une durée de vie limitée. Il est donc nécessaire de déterminer cette dernière afin de prescrire la bonne fréquence d'entretien.

Classe de devoir FEM	Cours de levage	Durée de fonctionnement (heures)
1cm	L2 (moyen)	800
2m	L3 (lourd)	1,600
3m	L4 (très lourd)	3,200
4m	L5 (intensif)	6,300

Figure 52: Durée de vie du palan

Le palan fourni avec le treuil ABUS GM 5063 est classé en catégorie de vie FEM 3m. Cela correspond à 3 200 « heures » de levage. Il convient donc d'estimer une fréquence d'usage dans notre application. Nos calculs d'espérance de vie se basent sur une utilisation maximale en charge de 4 heures par jour (soit 50% du temps), 5 jours par semaine, 50 semaines par an. Nos calculs nous retournent alors :

$$4 * 5 * 50 = 1000$$

A raison de 1 000 heures de levage par an, on peut donc fixer une espérance de vie minimale du palan à 3.2 ans. Par souci de prévention, et afin de regrouper l'entretien du palan avec celui des roulements, nous recommandons le changement du palan tous les 30 mois.

## C. Lubrification

Le calcul de la fréquence de re lubrification se fait à l'aide du graphique affiché ci-dessous. La valeur de la fraction C/P et la distance parcourue par le roulement nous indiquera l'espérance de vie de la graisse.

Notre valeur C/P se détermine alors comme suit :

$$\frac{Fa}{Fr} = \frac{0}{23.8} = 0$$

$\frac{Fa}{Fr} < e$ , on obtient alors :

$$P = X_1 * Fr = 1 * 23.8 = 23.8$$

La valeur de la charge dynamique de base C annoncée sur le site **SKF** vaut 108kN. On a alors :

$$\frac{C}{P} = \frac{107}{23.8} = 4.49$$



Nous prendrons donc la ligne  $C/P = 4$  comme référence. L'approximation de la valeur ici nous sert comme marge de sécurité.

On a alors :

$$nd_m b_f = 90 * \pi * 65 = 18.378.32 \text{ mm/min}$$

Une fois nos valeurs obtenues, on peut déterminer l'espérance de vie de la graisse appliquée au roulement :

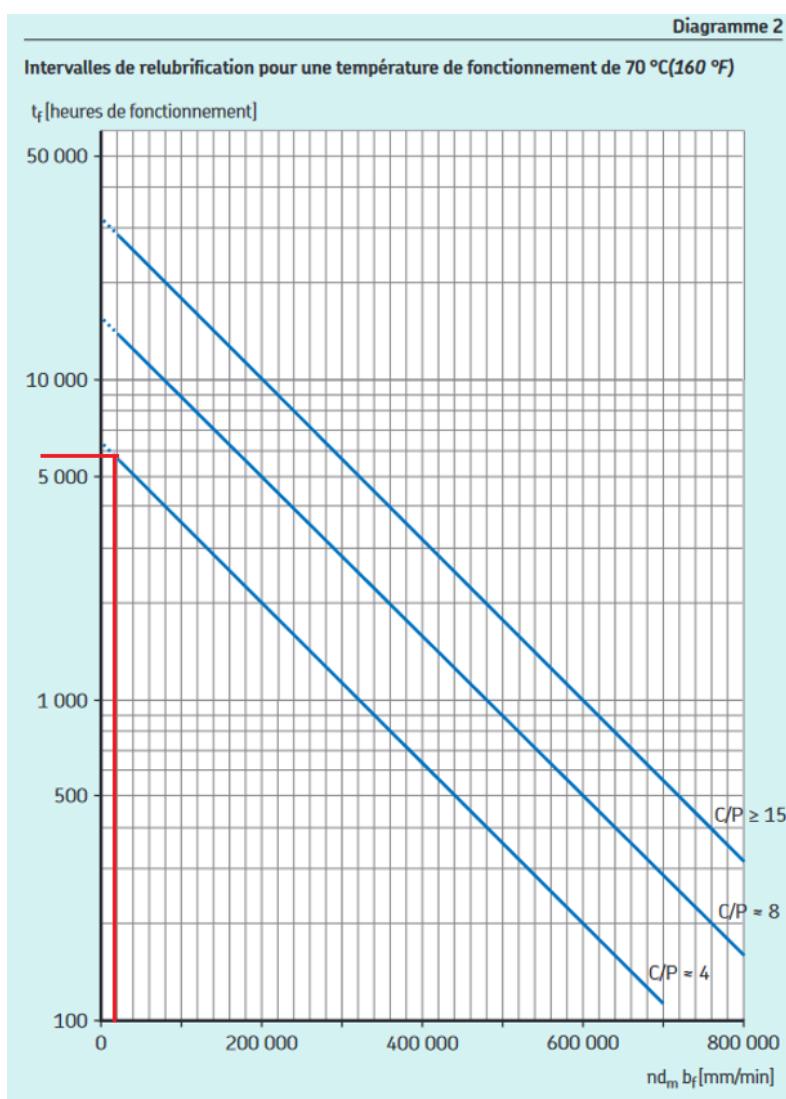


Figure 53: Espérance de vie de la graisse

On suppose alors que le roulement nécessite d'être regraissé après 6'000 heures de fonctionnement. En reprenant les valeurs de temps de fonctionnement annuel (8 heures par jour, 5 jours par semaine, 50 semaines par an), on estime que le roulement fonctionne 2'000 heures par an.

On en déduit alors que les roulements doivent être relubrifiés tous les 3 ans. Or, la notice d'entretien



des roulements impose un remplacement tous les 18 mois. Par conséquent, la re lubrification des roulements sera effectuée lors du changement de ces derniers.

#### D. Joint d'étanchéité

Les joints d'étanchéité doivent être changés lorsqu'ils s'usent. Il faut donc déterminer une fréquence de remplacement, afin de planifier cette opération qui nécessite d'arrêter le système.

Les recommandations constructrices mentionnent une inspection visuelle occasionnelle pour les joints toriques. Si ce dernier est statique, comme dans notre application, chaque inspection peut être assez espacée de sa précédente. Toutefois, il est déconseillé de négliger cette étape, c'est pourquoi nous fixerons une fréquence d'inspection des joints.



Figure 54: Joint torique

Quand bien même les joints toriques ne présenteraient aucun signe d'usure lors de l'inspection visuelle, il est nécessaire de les remplacer afin de prévenir un risque de défaillance. Le fabricant [Global O-Ring](#)  estime une durée de vie des joints toriques au *Butadiène Acrylonitrile* allant de 5 à 10 ans, selon le milieu. Dans un souci de prévention des risques, nous conseillons donc un entretien des joints tous les 4 à 6 ans.

La fréquence de changement des roulements étant de 18 mois, nous imposerons un **remplacement** des joints toriques tous les **54 mois** (soit 4 ans ½), afin de limiter le nombre d'arrêts et d'ouvertures du système. Dans le même esprit, afin de prévenir une éventuelle défaillance, une **inspection** des joints toriques sera imposée pour chaque ouverture du système, soit tous les **18 mois**, lors du changement des roulements.



## E. Tableau d'entretien

Pièce	Fréquence d'entretien	Type d'entretien
Roulement	18 mois	Remplacement
Palan	30 mois	Remplacement
Vis	12 mois	Vérification du serrage des vis
Lubrification	18 mois	Vidange et remplacement de la graisse
Joints toriques	18 mois	Inspection visuelle, changement si usure
	54 mois	Remplacement

## V. Instruction de sécurité

### A. Protection des individus

#### a) *Protections collectives*

Les protections collectives sont mises en place pour contrer les risques qui ne pourraient être réduits ou évités.

#### b) *Les équipements de protections individuelles*

Les protections individuelles sont considérées comme la dernière mesure de sécurité entre le risque et le travailleur.

#### Définition des équipements de protection individuelle (EPI)

L'article 2 du décret royal 773/1997 du 30 mai 1997 relatif aux prescriptions minimales de sécurité et de santé pour l'utilisation par les travailleurs d'équipements de protection individuelle dispose :

***"Tout équipement destiné à être porté ou tenu par le travailleur pour le protéger contre un ou plusieurs risques pouvant menacer sa sécurité ou sa santé au travail, ainsi que tout complément ou accessoire destiné à cet effet".***

Une bonne tenue de protection s'avère très importante. Bien équipé, un employé minimise les risques d'accident, mais surtout de gravité dans ceux-ci.



Equipement	Zone protégée	Risque à éviter	Illustration
<b>Casque</b>	Tête	Projections	
<b>Chaussures</b>	Pieds	Ecrasement, projections	
<b>Gants</b>	Mains	Brûlures, coupures	
<b>Blouse</b>	Buste, jambes	Brûlures, projections	
<b>Lunettes de protection</b>	Yeux	Eblouissement, étincelles, projections	

## B. Consignes de sécurité

Nous allons maintenant définir les consignes de sécurité lorsque le pont roulant doit être mis en service.

Dans un premier temps, le travailleur en charge de l'opération de levage devra être formé, afin d'être déclaré apte à utiliser le pont roulant.



La formation en question devra comporter plusieurs grands points :

- Apprendre au travailleur à utiliser le pont roulant comme expliqué dans la partie « Notice d'utilisation »
- Reconnaître un disfonctionnement/problème en lien avec le pont roulant
- Mettre en sécurité la zone de travail
- Connaître la signalisation liée à la sécurité

#### *a) Reconnaissance d'un disfonctionnement/problème*

Les disfonctionnements et problèmes peuvent être reconnus grâce à 3 de nos sens, comme par exemple l'ouïe. Exemple avec la figure, l'opérateur peut remarquer visuellement une usure du crochet d'attache.



Figure 55: Usure du crochet

#### *b) Mise en sécurité de la zone de travail*

Lorsqu'une opération de levage est en cours, avec charge ou non, aucune personne ne doit passer en dessous du pont de levage, car même si le risque de chute/détachement est quasi nul, il reste le mouvement de balancement créé par la montée/descente du palan.



Figure 56: Danger lors de la rotation de la charge



De plus, la zone où se situe le pont devra être équipée de panneaux signalétiques prévenant qu'il y a des charges aériennes en mouvement.



Figure 57: Symbole danger pour le lever de charge

Il faut aussi que les distances de sécurité soient respectées. Afin de garantir la totale sécurité pour une personne mesurant moins de 2m, nous préconisons une distance de **6.7m** au juge par l'opérateur lui-même. Nous ne pouvons pas mettre en place une zone dite dangereuse représentée par un signalement au niveau du sol, puisque le pont roulant doit se déplacer tout le long du hangar.

$$\begin{aligned} \cos(\theta) &< \frac{10.2}{12.2} = 0.8361 \\ \theta &< \arccos(0.8361) \cong 33.3^\circ \\ x &> 12.2 * \sin(33.3) = 6.7m \end{aligned}$$

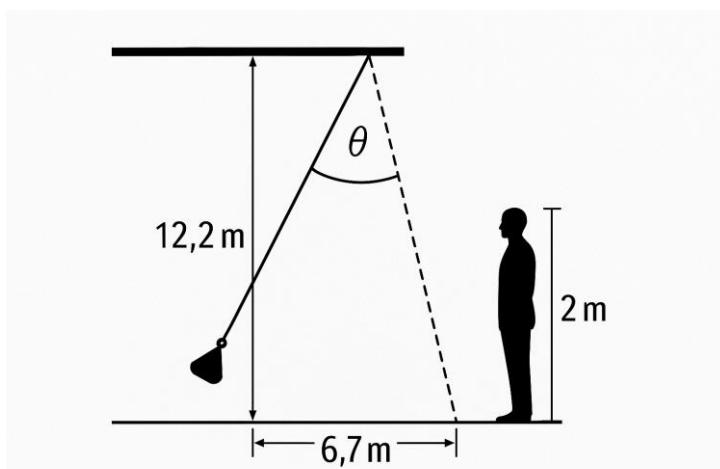


Figure 58: Schéma de la distance de sécurité

La charge maximale ne doit être en aucun cas dépassée sauf lors des tests de charges qui devront être effectués par un expert autorisé. Pour rappel, la charge maximale admissible est de **6.3 T**.

Les appareils ne servent qu'à la manutention de charges et en aucun cas au transport de personnes.

Après une période prolongée de non-utilisation de l'appareil, vérifier visuellement les composants principaux tels que chaîne, crochet de charge, etc. Remplacer les éléments endommagés par de nouvelles pièces d'origine.



Pour une utilisation sans danger lors d'un déplacement longitudinal et/ou transversal, le palan devra être obligatoirement en position haute, la position haute est la position la moins critique car le balancement est très faible.

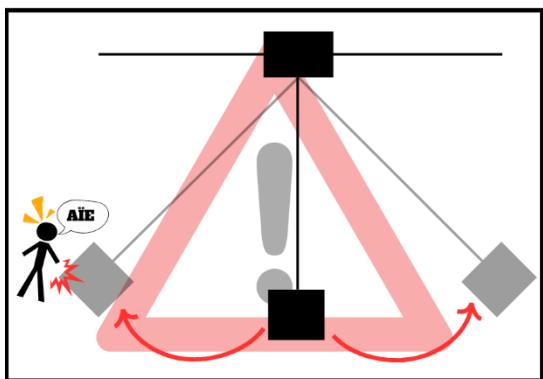


Figure 60: Ne pas déplacer la charge descendue

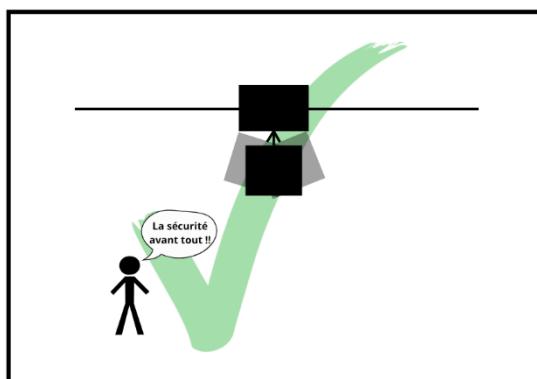


Figure 59: Déplacer la charge remontée

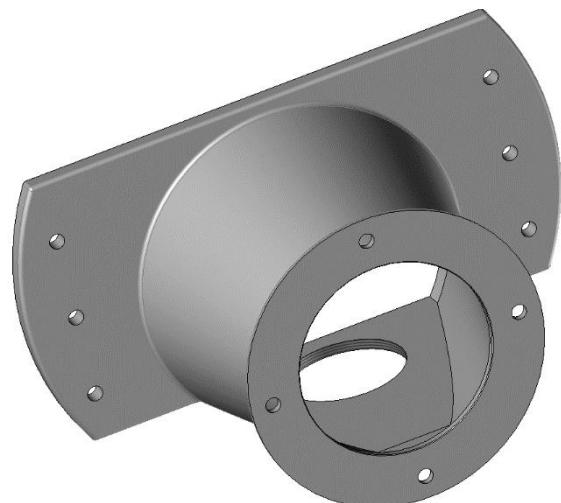
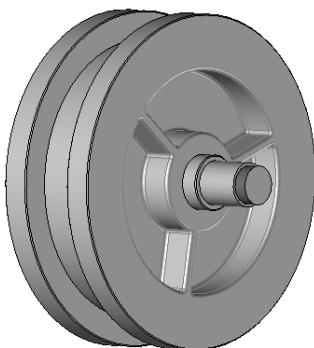
De plus un signal lumineux doit être mis en place afin de prévenir les autres usagers de la zone lorsque le pont est en mouvement.

### c) Consignes d'avant mise en service/remise en service

Lors de la mise en service il est nécessaire de vérifier que toutes les vis de fixation et les boulons soient présents et correctement serrés.

## SÉQUENCE 3 – Étude complète de la fabrication d'une pièce.

La séquence 3 fera l'étude de 2 de nos pièces, **le galet** ainsi que **le support moteur**. Pour réaliser ce travail nous allons partager le travail en 2, chaque binôme aura une pièce à étudier. Le binôme A, constitué de *Jegou Mathis* et *Lavanoux Trystan*, se concentrera sur le **galet**. En parallèle, le binôme B aura comme membres *Merre Alexis* et *Mercier Loïc*, et travaillera sur le **support moteur**.



## VI. Galet fou (Binôme A)

### C. Réalisation du brut

On réalise dans un premier temps le brut de fonderie du galet. On respecte des angles de dépouilles de 3%, et on doit rajouter des congés à toutes nos arrêtes.

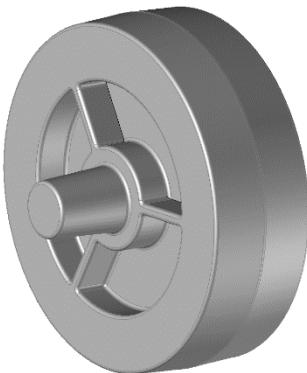


Figure 61: Brut du Galet fou

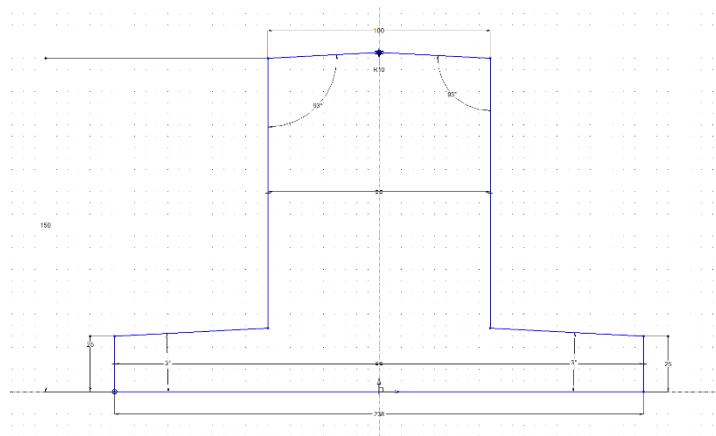


Figure 62: Esquisse du brut

La pièce étudiée est en **acier carbone C45**.

Son volume est de **6 098 484.17 mm<sup>3</sup>** et sa masse est de **47,9 Kg**

L'acier carbone C45 a un prix au kilo de 3,18 €. Il coutera alors **152.32 € HT**.



#### D. Analyse de la mise en position du brut

Une fois notre brut réalisé, on va choisir un plan de joint pertinent dans notre cas d'étude.

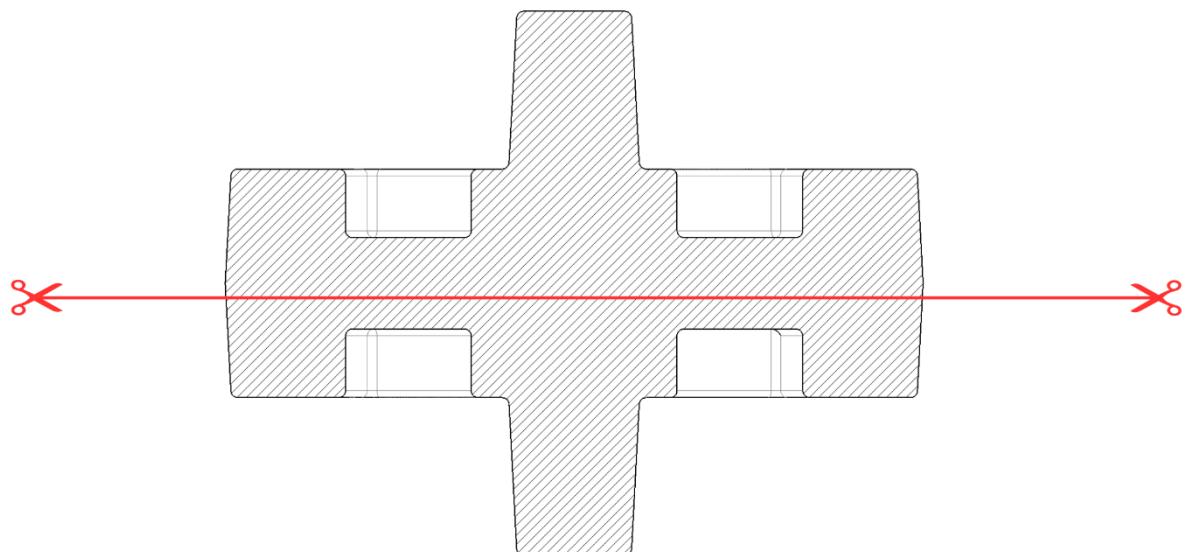


Figure 63: Plan de joint du galet fou

Nous choisissons ce plan de joint car il est plus pertinent et surtout il permet le démoulage de la pièce après refroidissement.



## E. Analyse de solidification

### d) *Décomposition en éléments simples*

On va donc décomposer notre pièce en élément simple. Notre pièce sera décomposée en 3 parties.

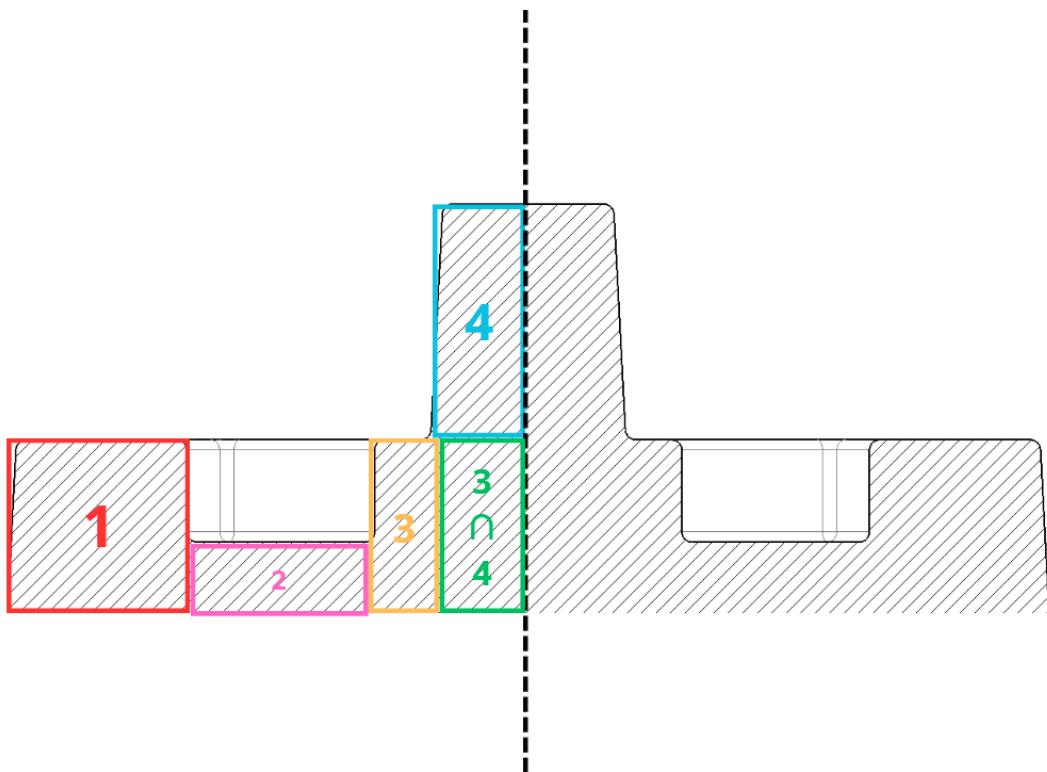


Figure 64: Décomposition en élément simple de notre pièce

On va donc avoir 5 parties étant donné que la pièce est symétrique on peut donc la découper en demi pièce.



*e) Calcul du module géométrique*

On sait que le module géométrique noté  $M$  est égale à  $M = \frac{V}{S}$ .

On va donc chercher à déterminer le volume et la surface de chacun de nos éléments.

On va débuter en commençant par l'élément 4

On calcul dans un premier temps le volume de notre élément.

On sait que c'est un cylindre donc :

$$V_4 = \frac{\pi r^2 * h}{2}$$

$$V_4 = \frac{\pi * 28.465^2 * 69}{2}$$

$$V_4 = 87\,819.578 \text{ mm}^3$$

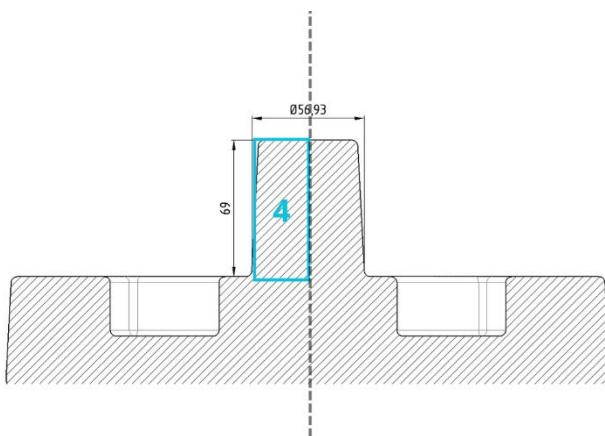


Figure 65: L'élément 4 de notre galet

On cherche maintenant la surface en contact de notre élément.

On a donc :

$$S_4 = \frac{\pi r^2}{2} + \frac{(2\pi r * h)}{2}$$

$$S_4 = \frac{\pi * 28.465^2}{2} + \frac{(2\pi * 28.465 * 69)}{2} = 7\,443.103 \text{ mm}^2$$

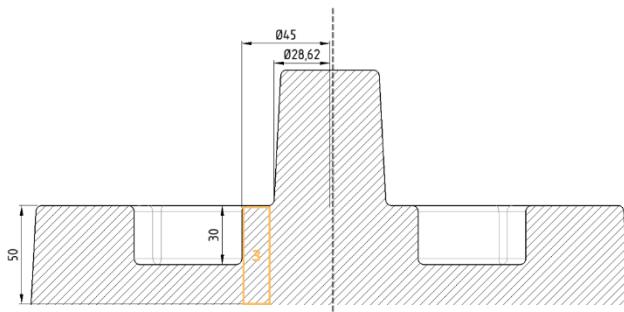
Ce qui nous donne :

$$M_4 = \frac{87\,819.578}{7\,443.103} = 11.800$$



On va chercher maintenant pour l'élément 3

On calcul dans un premier temps le volume



On sait que c'est un demi cylindre creux donc :

*Figure 66: l'élément 3 de notre galet*

$$V_3 = \frac{(\pi r_1^2 * h) - (\pi r_2^2 * h)}{2}$$

$$V_3 = \frac{(\pi * 45^2 * 50) - (\pi * 28.62^2 * 50)}{2}$$

$$V_3 = 94\ 710.819\ mm^3$$

On cherche la surface en contact avec le moule

$$S_3 = \frac{\pi r_1^2 - \pi r_2^2}{2} + \frac{(2\pi r_1 * h)}{2}$$

$$S_3 = \frac{\pi * 45^2 - \pi * 28.62^2}{2} + \frac{(2\pi * 45 * 30)}{2} = 6135.366\ mm^2$$

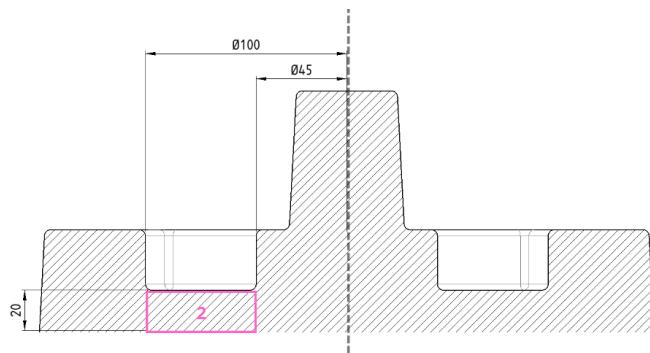
Ce qui nous donne :

$$M_3 = \frac{94\ 710.819}{6135.366} = 15.436$$



On va chercher pour l'élément 2

On calcul dans un premier temps le volume.



On sait que c'est un demi cylindre creux donc :

$$V_2 = \frac{(\pi r_1^2 * h) - (\pi r_2^2 * h)}{2}$$

$$V_2 = \frac{(\pi * 100^2 * 20) - (\pi * 45^2 * 20)}{2}$$

$$V_2 = 250\ 542.014\ mm^3$$

Figure 67: l'élément 2 de notre galet

On cherche la surface en contact avec le moule

$$S_2 = \frac{\pi r_1^2 - \pi r_2^2}{2}$$

$$S_2 = \frac{\pi * 100^2 - \pi * 45^2}{2} = 12\ 527.101\ mm^2$$

Ce qui nous donne :

$$M_2 = \frac{250\ 542.014}{12\ 527.100} = 20$$



On va chercher pour l'élément 1

On calcul dans un premier temps le volume.

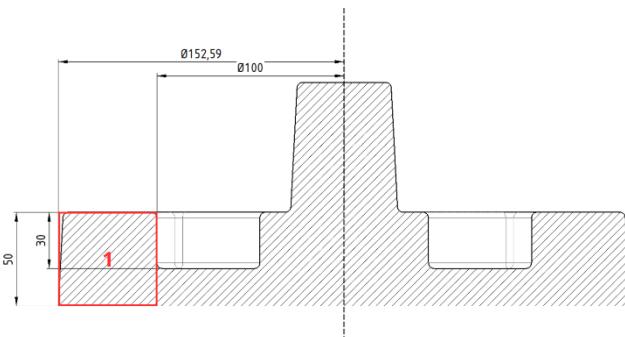


Figure 68: l'élément 1 de notre galet

On sait que c'est un demi cylindre creux donc :

$$V_1 = \frac{(\pi r_1^2 * h) - (\pi r_2^2 * h)}{2}$$

$$V_1 = \frac{(\pi * 152.59^2 * 50) - (\pi * 100^2 * 50)}{2}$$

$$V_1 = 1\ 043\ 299.994 \text{ mm}^3$$

On cherche la surface en contact avec le moule

$$S_1 = \frac{\pi r_1^2 - \pi r_2^2}{2} + \frac{(2\pi * r_1 * h)}{2} + \frac{(2\pi * r_2 * h)}{2}$$

$$S_1 = \frac{\pi * 152.59^2 - \pi * 100^2}{2} + \frac{(2\pi * 152.59 * 50)}{2} + \frac{(2\pi * 100 * 30)}{2} = 54\ 259.559 \text{ mm}^2$$

Ce qui nous donne :

$$M_1 = \frac{1\ 043\ 299.994}{54\ 259.559} = 20.353$$

### f) Calcul du Module Thermique

On cherche donc le module thermique pour nos éléments, on sait que nous sommes sur des cylindre cours donc :

$$\omega = 0.80$$

Ce qui nous donne :

$$Mt = M * \omega$$

$$Mt_1 = M_1 * \omega = 20.353 * 0.8 = 16.282$$

$$Mt_2 = M_2 * \omega = 20 * 0.8 = 16$$

$$Mt_3 = M_3 * \omega = 15.436 * 0.8 = 12.349$$

$$Mt_4 = M_4 * \omega = 11.800 * 0.8 = 9.44$$

L'élément qui a le module thermique le plus petit va se solidifier en premier, l'élément qui a le module thermique le plus grand va se solidifier en dernier.

FORMES	$\omega^{(+)}$
Plaques infinies	$\frac{L}{\epsilon} = \frac{1}{\epsilon} = \infty$ 1,0
Parallélépipèdes étendus	$\frac{L}{\epsilon} = \frac{1}{\epsilon} = 10$ 0,95 $\frac{L}{\epsilon} = \frac{1}{\epsilon} = 6 à 8$ 0,90
Barres carrées infinies (couronnes à section carrée)	$\frac{L}{\epsilon} = \infty$ 0,85
Parallélépipèdes peu étendus	$\frac{L}{\epsilon} = \frac{1}{\epsilon} = 4 à 5$
Cylindres infinis (tore)	$\frac{L}{\epsilon} = \infty$ 0,80
Barres carrées courtes	$\frac{L}{\epsilon} = 2 à 5$
Cylindres courts	$\frac{L}{\epsilon} = 2 à 5$
Cubes	$\frac{L}{\epsilon} = \frac{1}{\epsilon} = 1$ 0,75
Cylindres très courts	$\frac{L}{\epsilon} = 1 à 2$
Sphères	$\frac{L}{\epsilon} = \frac{1}{\epsilon} = 1$ 0,72

(+) Ces valeurs moyennes sont données à titre de repère de classement; on peut néanmoins admettre leur exactitude à ±3% près, pour des applications à l'échelle industrielle.

Figure 69: Valeur de  $\omega$  en fonction de sa forme

### g) Calcul de l'épaisseur des plaques équivalentes

Les épaisseurs au niveau des intersections ont une grande influence sur le refroidissement de la pièce.

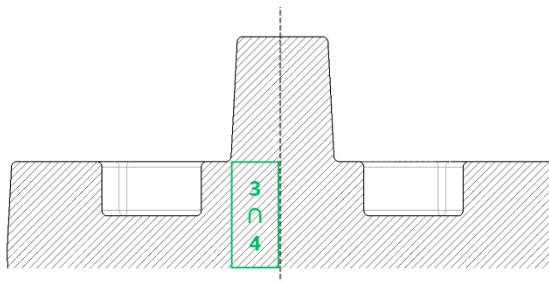
$$e_1 = 2 * Mt_1 = 2 * 16.282 = 32.564$$

$$e_2 = 2 * Mt_2 = 2 * 16 = 32$$

$$e_3 = 2 * Mt_3 = 2 * 12.349 = 24.698$$

$$e_4 = 2 * Mt_4 = 2 * 9.44 = 18.88$$

On va chercher les épaisseurs au niveau de notre intersection.



On fait donc :

Figure 70: l'intersection entre l'élément 3 et 4 de notre galet

$$\frac{e_4}{e_3} = \frac{18.88}{24.698} = 0.764$$

On a donc :

$$\omega_{3 \cap 4} = 1.015$$

Ce qui nous donne

$$e_{3 \cap 4} = \omega_{3 \cap 4} * e_3$$

$$e_{3 \cap 4} = 1.015 * 24.698 = 25.068$$

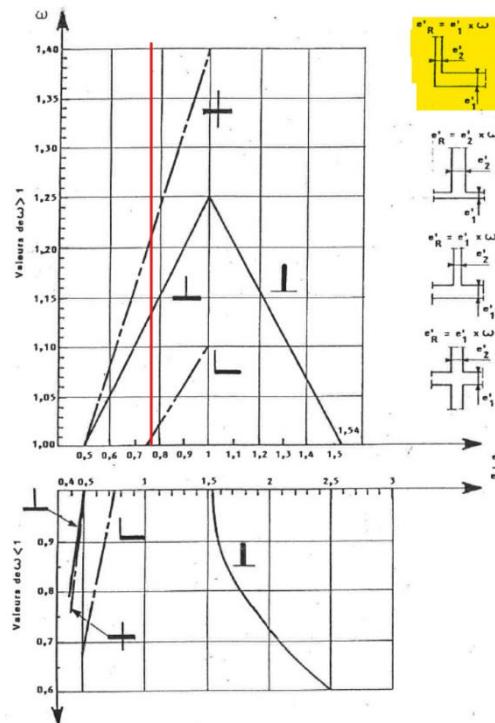


Figure 71: Tableau permettant d'obtenir  $\omega$

### *h) Carte thermique de la pièce*

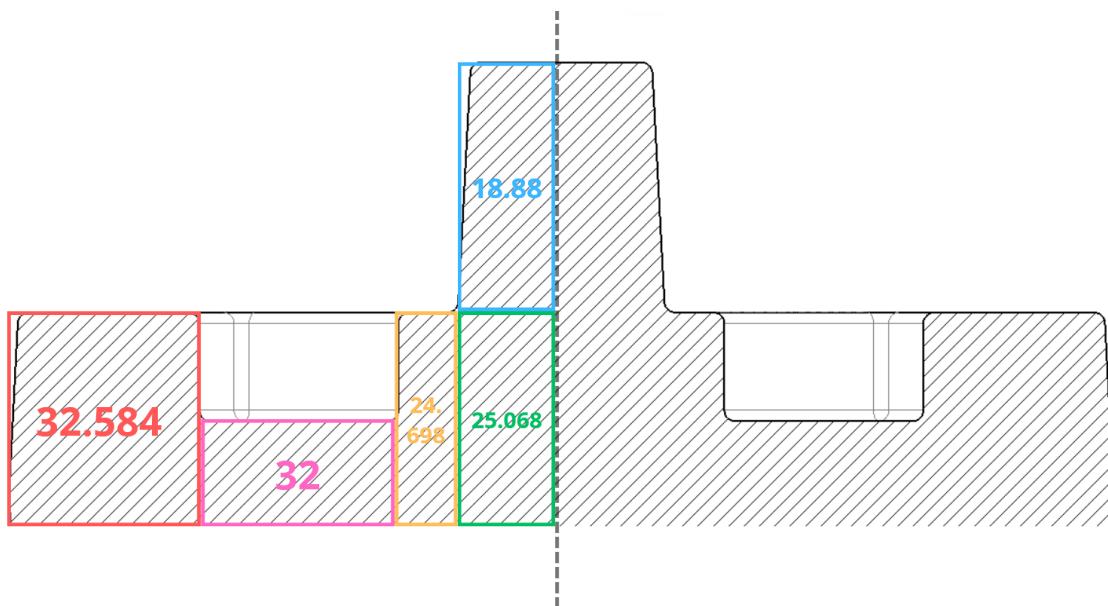


Figure 72: Différents modules géométriques de notre pièce

La partie que va refroidir en dernier est l'élément **1** et celui qui sera refroidi en premier sera l'élément **2**.

On va donc devoir créer des masselottes qui vienne directement alimenter cette zone pour éviter les déformations ainsi que les trous de souris.

## F. Dimensionnement du système d'alimentation

### i) *Implantation des masselottes*

Le système d'alimentation est important pour ne pas créer de défaut comme des microporosités ou bien des retassures.

Pour corriger cela, nous devons planter deux masselottes afin de corriger les éventuels défauts de fonderie.

Pour cela, une 1ère masselotte sera implantée pour la pièce 1/2 greffée sur l'élément **1** qui sera donc égale à :

$$V_1 = 1\ 043\ 299.994 \text{ mm}^3$$

### j) *Règles des volumes*

Dans notre cas nous avons des masselottes dit "ordinaire" donc on a coefficient  $k' = 6$ .

La température de liquidus de l'acier C45 est aux alentours de 1500°C

(source : <https://zgtsteel.com/fr/what-is-c45-steel/>).

On trouve donc une température de coulée de 1600°C

Maintenant on cherche le facteur CVG%, ce facteur dépend de l'alliage, pour rappel nous utilisons un acier C45 pour réaliser notre galet.

Alliages	Surchauffe par rapport au liquidus		Alliages	Surchauffe par rapport au liquidus	
	50	150		50	150
Bronzes courants	4	4,5	Alliage d'aluminium Al Si 12	4,5	5
Laitons ordinaires	6	6,5	Alliages d'aluminium Al Si 10, Al Si 7, Al Si 5	6,5 à 7,5	7 à 8
Laitons H.R.	7	7,5	Alliages d'aluminium Al Cu 8, Al Cu 4	6,5 à 7,5	7 à 8
Cu-Al 10 et Cupro-Ni	5	5,5	Alliages d'aluminium Al Mg 3, Al Mg 6	8	8,5 à 9
Alliages de magnésium	5	6	Aciers $C_t$ voisin de 0,8 %	6	7
Fonte blanche Ceq = 3 %	4	6		5	6

Figure 73: Tableau pour le facteur CVG%,

On a une contraction volumique globale CVG% = 5%



Donc on obtient :

$$V_{masselotte} = (K' * CVG\% * V_1) * 2$$

On multiplie le tous par 2 puisqu'on travaille sur la moitié d'une pièce et qu'on veut le volume de la masselotte pour l'entièreté de la pièce

$$V_{masselotte} = (6 * 0.06 * 1\ 043\ 299.994) * 2$$

$$V_{masselotte} = 755\ 175.996 \text{ mm}^3$$

### k) Morphologie des masselottes

Couverte	Masselotte	$\frac{H}{D}$
Inexistante	En charge	$\geq 1,5 (*)$
Sable ordinaire	A talon	≤ 2,0
	En charge	1,5
Produit exo. ou isolant	Avec ou sans manchon	1,0

Figure 74: Tableau de rapport entre H et D

Avec ce tableau, nous pouvons remarquer que la hauteur de la masselotte est le double du diamètre. On va donc vérifier à la fin si on retrouve ce rapport.

On connaît la masse volumique de l'acier C45 qui est de  $7.85 \text{ kg/dm}^3$ . On va la convertir en  $\text{kg/mm}^3$ . On aura alors une masse volumique de  $7.85 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$

$$7.85 \times 10^{-6} \times 755\ 175.996 = 5.928 \text{ kg}$$

Il nous faut déterminer le diamètre et la hauteur de la masselotte.

$$V_{masse} = H \times \frac{\pi}{4} D^2 = 2D \times \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * V_{masse}}{2 * \pi}} \quad \text{avec } V_{masse} = 755\ 175.996$$

$$D = 78.33 \text{ mm}$$

Il nous reste à déterminer la hauteur.

$$H = \frac{4 * V_{masse}}{\pi * D^2} \quad \text{avec } V_{masse} = 755\ 175.996 \text{ mm}^3 \text{ et } D = 78.33 \text{ mm}$$

$$H = 156.67\text{mm}$$

Le diamètre de la masselotte est de 78.33mm et la hauteur est de 156.67mm.

On va vérifier si on retrouve le rapport cité plus haut.

$$\frac{156.67}{78.33} = 2$$

Le rapport est bien respecté.

Pour rappel, le prix pour de l'acier carbone C45 de 3,18 €/kg.

On va donc pouvoir déterminer un prix de la masselotte.

$$3.18 * 5.928 = 18.85\text{€}$$

Le prix de la masselotte est de 18.85€

### I) *Règle des modules*

On cherche à connaître le module thermique de la masselotte et on sait que :

$$M_{thmasselotte} \geq 1.2 * M_{th1}$$

Donc on cherche le module géométrique dans un premiers temps.

$$M = \frac{V}{S}$$

$$M = \frac{H * \frac{\pi}{4} * D^2}{H * \pi * D + 2 * \frac{\pi}{4} * D^2}$$

On rappelle que :

$$H = 2 * D$$

Donc :

$$M = \frac{2 * \frac{\pi}{4} * D^3}{2 * \pi * D^2 + 2 * \frac{\pi}{4} * D^2}$$

$$M = \frac{D^3}{5 * D^2} = \frac{D}{5}$$

$$M = \frac{78.33}{5} = 15.66$$

On cherche donc maintenant le module thermique.

$$M_{thmasselotte} = M_{masselotte} * \omega_{masselotte}$$

$$M_{thmasselotte} = 15.66 * 0.75 = 11.75$$

On peut constater :

$$11.75 \geq 1.2 * M_{th1}$$

$$11.75 \geq 1.2 * 16.282$$

$$11.75 \leq 19.538$$

Donc notre masselotte va se refroidir avant l'élément 1 ce qui est une erreur.

Pour corriger cette erreur on va réaliser un redimensionnement.

$$M_{thmasselotte} \geq 1.2 * M_{th1}$$

$$\frac{D}{5} * \omega_{mass} \geq 1.2 * M_{th1}$$

$$D \geq \frac{(1.2 * M_{th1} * 5)}{\omega_{mass}}$$

$$D \geq \frac{(1.2 * 16.282 * 5)}{0.75}$$

$$D \geq 130.256$$

$$D \approx 135 \text{ mm}$$

Donc on va avoir une masselotte de **H = 270mm** et **D = 135mm**



## G. Dimensionnement du système de remplissage

### m) Modes de coulée

Nous avons fait le choix de prendre une coulée en sources pour la réalisation de notre galet.

#### Coulée en source :

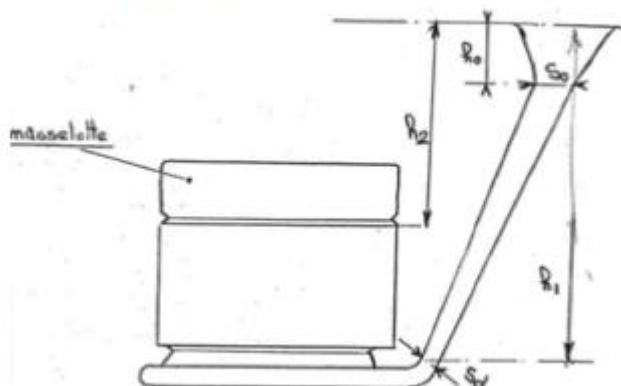


Figure 75: Coulée

### n) Calcul de la section de la descente de coulée $S_d$

La section de la descente de coulée est déterminée par la relation suivante :

$$S_d = \frac{V * B}{\alpha * tr * \sqrt{g(h_1 + h_2)}}$$

Avec :

- $S_d$  : la section de descente de coulée en  $\text{cm}^2$
- $V$  : le volume total coulé en  $\text{cm}^3$
- $B$  le coefficient de perte de charge
- $Tr$  : le temps limite de remplissage
- $H_1$  : la hauteur du point d'entrée de l'alliage dans l'empreinte en cm
- $H_2$  : la hauteur de la charge en cm
- $\alpha$  : est un coefficient :
  - Coulée en chute :  $\alpha = 0.8$
  - Coulée latérale :  $\alpha = 0.7$
  - Coulée en source :  $\alpha = 0.5$

On va donc commencer par identifier l'échelonnement de notre cas

Exemples d'échelonnements			
Alliages	$\frac{S_d}{S_d}$	$\frac{S_c}{S_d}$	$\frac{S_a}{S_d}$
fontes	1	1	1
	1	2	1
acières	1	2	4
alliages cuivreux	1	1	1
alliages d'aluminium	1	12	2
alliages de magnésium	1	4	16
mise au mille optimale attaque : $V \leq 1 \text{ m/s}$	1	$\sqrt{H}$	$\sqrt{H}$

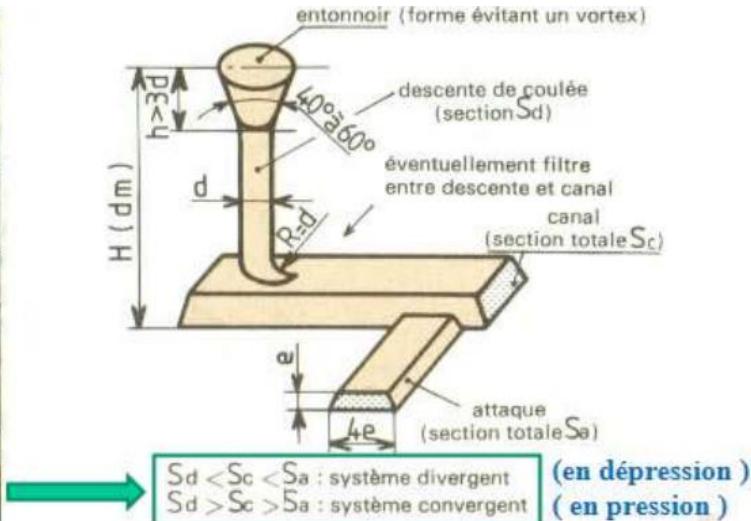


Figure 76: tableau d'échelonnement

Nous sommes dans le cas d'un acier donc :

1 – 2 – 4 car nous sommes en moulage en sable

Le coefficient B va donc dépendre de notre échelonnement.

Echelonnement	Coefficient B
1-0,75-0,5	2,8
1-1-1 ou 1-1-0,5	2
1-2-1 ou 1-2-2 ou 1-2-3 ou 1-1,2-2	1,8
1-2-4	1,5
Coulée directe en chute	1,1

Nous avons un coefficient B de **1.5**.

On cherche maintenant le temps de remplissage de la pièce.

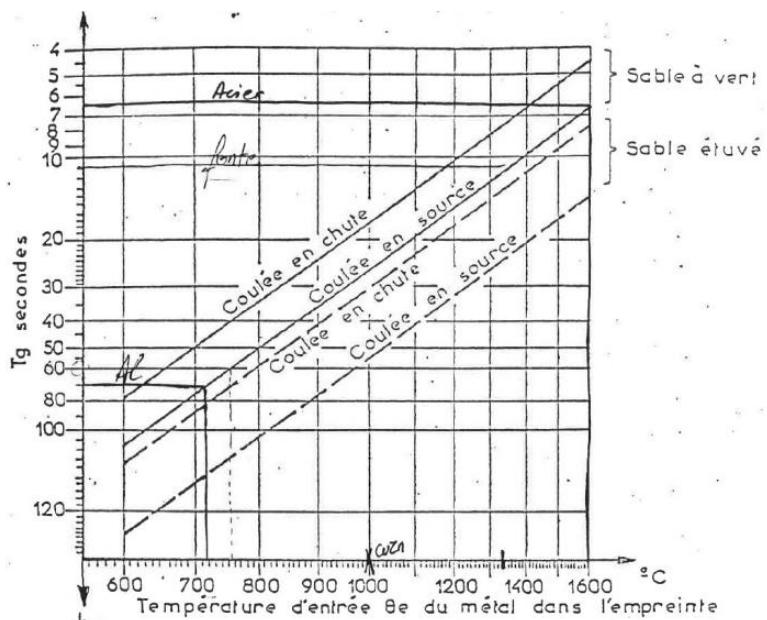


Figure 77: Graphique de remplissage

On va couler notre métal à  $1600^{\circ}C$  donc notre temps  $T_g$  va être égale à **6.5 secondes**.

Temps de refroidissement au liquidus :  $t_l$ :

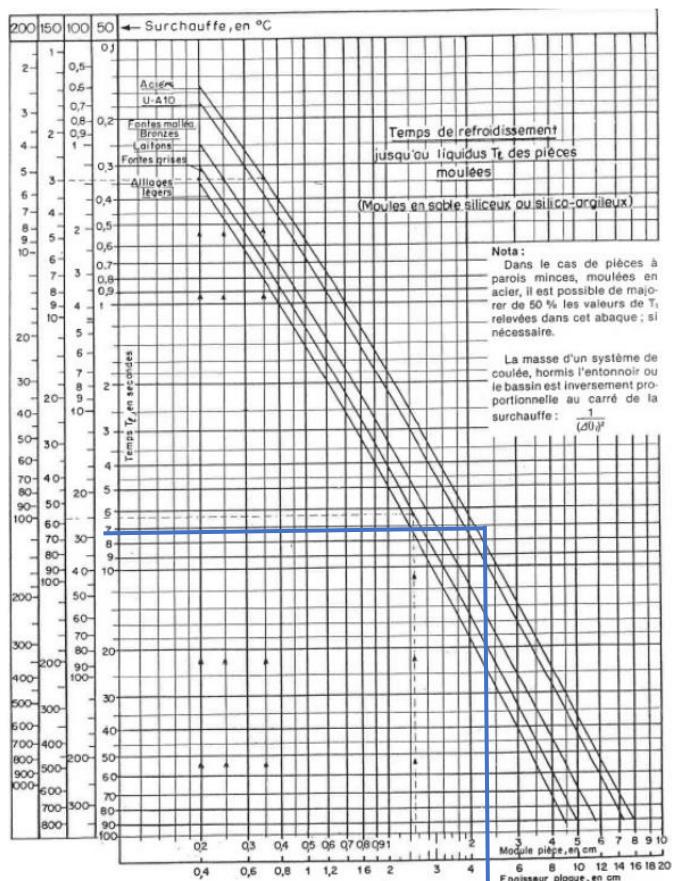


Figure 78: Graphe de temps de refroidissement



La température de liquidus du métal est de 1500°C nous avons donc une surchauffe de 100°C le module de notre pièce est de 19.5 mm ce qui donne 1.95 cm, ce qui nous donne un Tl de **22 secondes**.

On trouve donc :

$$Tr = 0.9 * 220 = \mathbf{19.8 \text{ secondes}}$$

On cherche la hauteur h1 et h2 :

On sait que notre chassis va faire :

- Longueur de 400 mm
- Largeur de 400 mm
- Hauteur de 300 mm

Donc h1 = **150 mm = 15 cm** et h2 = **31 mm = 3.1 cm**.

On termine par calcule le volume total coulé qui va être de :

$$V_{total} = V_{pièce} + 3 * V_{masselotte}$$

$$V_{total} = 6\,098\,484.17 + 3 * 3\,864\,748 = 17\,692\,728.17 \text{ mm}^3 = \mathbf{17\,692.\,72817 \text{ cm}^3}$$



o) Dimensionnement du système de remplissage

$$Sd = \frac{V * B}{\alpha * tr * \sqrt{g(h1 + h2)}}$$

$$Sd = \frac{17\ 692 * 1.5}{0.5 * (0.9 * 22) * \sqrt{9.81(15 + 3.1)}}$$

$$Sd = 201\ cm^2$$

$$Sd = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * sd}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 201}{\pi}} = 15\ cm$$



*p) Réalisation des chenaux*

On sait que on a une échelle de 1-2-4

Donc nous avons 2 chenaux ce qui nous donne

$$Sc = 2 * 201 = 402 \text{ cm}^2$$

Pour un chenal on a donc :

$$Sc' = \frac{Sc}{2} = 201 \text{ cm}^2$$

$$Sc = a * b$$

$$b = 3a$$

$$Sc = a * 3a$$

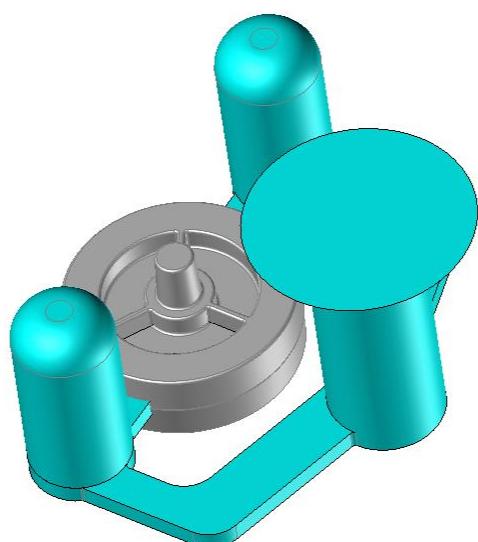
$$Sc = 3a^2$$

$$a = \sqrt{\frac{Sc}{3}}$$

$$a = 8.18 \text{ cm}$$

$$b = 24.54 \text{ cm}$$

*q) Création du système de coulée*



## H. Avant-Projet d'Etude de Fabrication

Après avoir réalisé la partie théorique de la fonderie, nous allons proposer un protocole de fabrication de nos galets, celui-ci se décomposera en différentes étapes.

### r) Fonderie

Nous allons mouler nos galets en fonderie. Pour le choix du moule,

Nous choisirons un moule non permanent car l'extraction de la pièce est bien plus simple, moins cher et ayant un nombre faible de galets à produire.

On prendra un moule à modèles permanents car la complexité est simple, réutiliser sans avoir à créer un nouveau modèle et sa fabrication est assez facile.

On prendra un moule avec plaque modèle car notre pièce est simple géométriquement et ne nécessite pas d'un axe central vide.

Pour le choix du matériau, nous choisissons du sable argileux car il est peu onéreux et simple d'utilisation

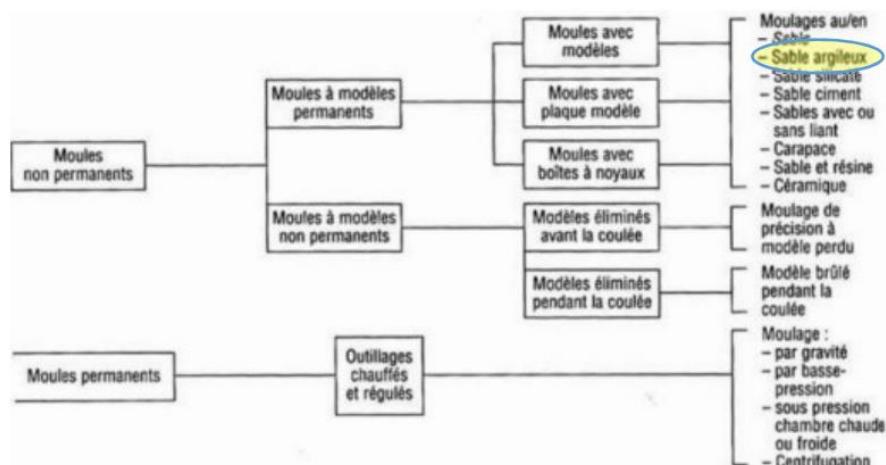


Figure 79: Tableau permettant de choisir le matériau de fonderie

### Rappel du procédé de fabrication en fonderie :

1<sup>ère</sup> étape : Divisions du moule en deux parties pour pouvoir insérer le modèle.

2<sup>ème</sup> étape : Dans chaque partie, nous allons mettre le modèle et rajouter du sable qu'il faudra très bien tasser pour que cela ne tombe pas lors du transport du moule ou lors de la coulée du métal. Ne pas oublier de créer des canaux de coulée pour permettre au métal de se repartir dans toute la pièce.

3<sup>ème</sup> étape : Enlevage du modèle pour qu'il n'empêche pas la coulée du métal.

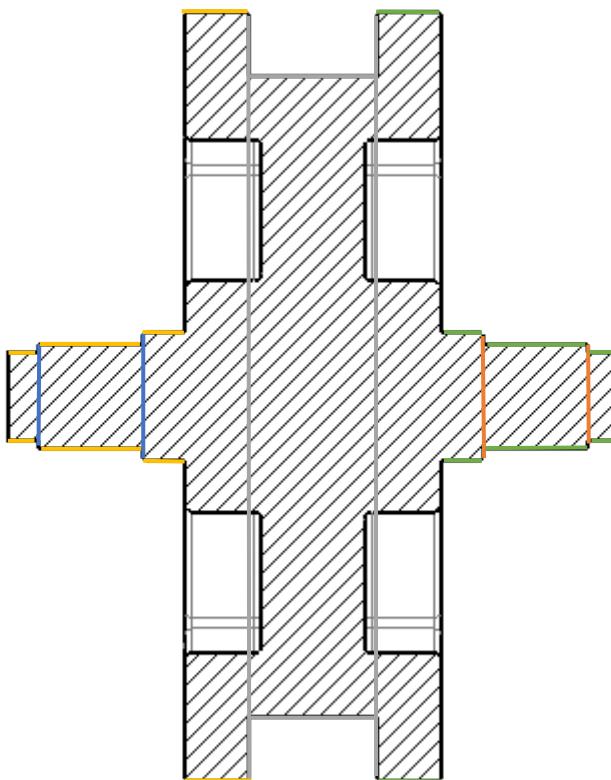
4<sup>ème</sup> étape : Unification des deux parties du moule.

5<sup>ème</sup> étape : Processus de coulage du métal dans notre moule

6<sup>ème</sup> étape : Cassage le moule pour extraire la pièce

### s) Tournage en Commande Numérique

Pour rendre les différentes surfaces fonctionnelles, nous allons devoir usiner notre pièce avec notre parc de machines CN. On utilisera un tour à commande numérique car c'est une pièce de révolution. Pour cela, nous allons rédiger la gamme d'usinage.



*Figure 80: Faces fonctionnelles de notre pièce*

#### Différentes phases de l'usinage :

Groupe 1 (gris) : Rainurage – ph10

Groupe 2 (vert) : Chariotage – ph10

Groupe 3 (orange) : Dressage – ph10

Groupe 4 : Filetage – ph10

Groupe 5 (bleu) : Dressage – ph20

Groupe 6 (jaune) : Chariotage – ph20

Groupe 7 : Filetage – ph20

Tableau d'analyse des groupes d'entités :

ELEMENT : Galet fou											
Groupe	Qualité			Opérations			Gamme générale	Atelier type			
	Etat	Forme	Qualité	Ebauche	1/2 finit	Finition		CU	TOCN	FR	TO
1						X			X		
2				X		X			X		
3						X			X		
4						X			X		
5						X			X		
6				X		X			X		
7						X			X		

Création des phases :

ELEMENT : Galet fou				
Gamme générale	Machine	Direction Mc	Groupe	Opération /Outil
	LB2000	Z	1	Rainurage
	LB2000	Z	2	Chariotage
	LB2000	Z	3	Dressage
	LB2000	Z	4	Filetage
	LB2000	Z	5	Chariotage
	LB2000	Z	6	Dressage
	LB2000	Z	7	Filetage

Ordonnancement des groupes d'entité :

Gamme générale	Groupes d'entités	Antériorités		Niveaux	Mise en position
		Brut	Gi		
Phase 10	1,2, 3, 4	Brut de fonderie	Rainurage, Dressage, Chariotage, Filetage		Centrage court + appui-plan
Phase 20	5, 6, 7	Brut fin de phase 10	Dressage, Chariotage, Filetage		Centrage court + appui-plan

### Choix des outils

**Plaquettes de tronçonnage à deux arêtes, semi-finition**



27 3729

Largeur de gorge w	mm	2	2,5	3	4	5	6	Rayon d'angle R mm
27 3728	HB7010	21,-	-	22,61	-	-	-	10 P K 0,2
27 3725	HB7020	21,-	21,-	22,61	-	-	-	10 P M 0,2
27 3727	HB7215	21,-	21,-	22,61	-	-	-	10 K P 0,2
27 3732	CU7025	20,50	-	-	-	-	-	10 P - 0,2
27 3730	CU7025	-	-	22,01	23,52	25,43	27,64	10 P - 0,4
27 3733	HB7010	-	-	22,61	24,12	-	-	10 P K 0,4
27 3729	HB7020	-	-	22,61	24,12	25,73	27,94	10 P M 0,4
27 3731	HB7215	-	-	22,61	24,12	-	-	10 K P 0,4
<b>27 3734</b>	<b>HB7020</b>	-	-	22,61	24,12	25,73	27,94	<b>10 P M 0,8</b>
Tolérance largeur gorge w	mm	±0,03	±0,03	±0,03	±0,04	±0,04	±0,04	
$a_p$	mm	0,2 – 1,1	0,5 – 1,2	0,8 – 1,7	0,9 – 2,2	1 – 2,7	1,2 – 3,3	
f	mm/tr	0,05 – 0,15	0,08 – 0,2	0,1 – 0,23	0,1 – 0,26	0,12 – 0,3	0,13 – 0,33	

**Garant** Plaquettes de tronçonnage, de rainurage et pour gorges

Application/ v, [m/min]	Mn HRC	Mn HRC	Fente d'arête >10 % Si	< 500 N	< 750 N	< 900 N	< 1100 N	< 1400 N	< 1550 N	< 160 HRC	< 167 HRC	< 1900 N	> 1900 N	> 2500 N	Ti	Fente + FG	CuZn	Graphite & Composite	Uni	●	○	□	◆	◆	◆	
Code ISO	N	N	N	P	P	P	P	P	H	H	H	M	M	S	K	N	N	N	●	○	□	◆	◆	◆		
HB7310 / HU7310	350	350	280									50								●	○	□	◆	◆	◆	
CBR825												100	100	100						550	400					
PKD	650	650	650									230	190	180	150	130				150	140	70	200	250		
HB7010												220	180	170	140	120				140	130	60	200	250		
HB7020												210	170	140												
CUT025												300	250	210												
HB7215																										

Figure 81: Catalogue de plaque de tronçonnage

<b>Nuance</b>	<b>HB7010-1</b>	<b>HB7020</b>	<b>HB7035-1</b>	<b>HB7120-1</b>	<b>HB7130-2</b>	<b>HB7140-2</b>	<b>HB7210-1</b>	<b>HB7305-1</b>	<b>HB7415-1</b>	<b>HB725-1</b>	<b>HB730-1</b>	<b>10</b>
<b>25 0150</b>	CNMG 097304	7,59	7,59	7,59	-	-	7,59	-	-	-	-	
<b>25 0152</b>	CNMG 097308	7,59	7,59	7,59	7,59	7,59	7,59	7,59	-	-	-	
<b>25 0156</b>	CNMG 120404	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	9,30	8,94	8,14	8,94
<b>25 0158</b>	CNMG 120408	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	9,30	8,94	8,14	8,94
<b>25 0165</b>	CNMA 120408	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>25 0160</b>	CNMG 120412	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	-	8,94	8,14	-
<b>25 0161</b>	Garant CNMA 120412	-	-	-	-	-	-	8,94	-	-	-	-
<b>25 0162</b>	CNMG 120416	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	-	-	-	
<b>25 0168</b>	CNMG 160608	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	-	-	-	
<b>25 0170</b>	CNMG 160612	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	-	-	-	
<b>25 0172</b>	CNMG 160616	17,09	17,09	17,09	-	-	-	-	-	-	15,63	-
<b>25 0174</b>	CNMG 190616	23,72	23,72	23,72	-	-	-	-	-	-	-	
<b>25 0176</b>	CNMG 190624	23,72	23,72	23,72	-	-	-	-	-	-	-	
●	P	P	P	M	M	M	K	N	S	UNI	UNI	
◎	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Brise-copeaux (25 0150, 25 0152, 25 0156, 25 0158, 25 0160, 25 0162, 25 0168, 25 0170, 25 0172, 25 0174, 25 0176)	SM	SM	SM	VM	VM	VM	GM	AM1	TIM	UM1	XUM	
$a_p$	0,5 – 8	0,5 – 8	0,5 – 8	0,5 – 4	0,5 – 4	0,5 – 4	0,4 – 6,5	0,2 – 5	0,5 – 4	0,2 – 6	0,5 – 6	
f	0,2 – 0,5	0,2 – 0,5	0,2 – 0,5	0,1 – 0,4	0,1 – 0,4	0,1 – 0,4	0,3 – 0,7	0,05 – 0,6	0,1 – 0,3	0,05 – 0,6	0,2 – 0,6	
v, Application principale	m/min	120 – 440	120 – 350	100 – 320	80 – 260	70 – 240	60 – 200	100 – 450	400 – 700	40 – 90	50 – 250	35 – 230

Figure 82: Catalogue de plaque d'ébauche

<b>Nuance</b>	<b>HB7010-1</b>	<b>HB7020</b>	<b>HB7035-1</b>	<b>HB7120-1</b>	<b>HB7130-2</b>	<b>HB7140-2</b>	<b>HB7210-1</b>	<b>HB7305-1</b>	<b>HB7415-1</b>	<b>HB725-1</b>	<b>10</b>
<b>25 1802</b>	VNMG 160404	12,11	12,11	12,11	12,11	12,11	12,11	12,76	12,11	11,-	
<b>25 1804</b>	Garant VNMG 160408	12,11	12,11	12,11	12,11	12,11	12,11	12,76	12,11	11,-	
●	P	P	P	M	M	M	N	S	UNI		
◎	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Brise-copeaux	SM	SM	SM	VM	VM	VM	AM1	TIM	UM1		
$a_p$	0,5 – 4	0,5 – 4	0,5 – 4	0,5 – 4	0,5 – 4	0,5 – 4	0,2 – 5	0,5 – 4	0,2 – 6		
f	0,1 – 0,5	0,1 – 0,5	0,1 – 0,5	0,1 – 0,5	0,1 – 0,5	0,1 – 0,5	0,1 – 0,5	0,05 – 0,6	0,1 – 0,3	0,05 – 0,6	
v, Application principale	m/min	120 – 440	120 – 350	100 – 320	80 – 260	70 – 240	60 – 200	400 – 700	40 – 90	50 – 250	

Figure 83: Catalogue de plaque de finition

**Profil complet**

Plaquette à profil complet 60° pour filetages extérieurs suivant DIN / ISO R 262 (DIN 13), classe de tolérance 6g.  
27 0706 – **CB** = Brise copeaux fritté.



Pas mm	27 0699	27 0700	27 0706	27 0702	27 0704	27 0705	27 0710	27 0712	27 0720	27 0730
CB	HB7010	HB7010	HB7010	HB7020	HB7125	HU7315	HB7010	HB7020	HB7010	HB7010
0,5	16,88	17,94	17,94	19,80	20,05	17,94	–	–	17,94	–
0,7	–	17,94	–	19,80	20,05	17,94	–	–	17,94	–
0,75	16,88	17,94	17,94	19,80	20,05	17,94	–	–	17,94	–
0,8	–	17,94	–	19,80	20,05	17,94	–	–	17,94	–
1	16,88	17,94	17,94	19,80	20,05	17,94	–	–	17,94	–
1,25	16,88	17,94	17,94	19,80	20,05	17,94	–	–	17,94	–
1,5	16,88	17,94	17,94	19,80	20,05	17,94	–	–	17,94	–
1,75	16,88	17,94	17,94	19,80	20,05	17,94	–	–	17,94	–
2	–	17,94	17,94	19,80	20,05	17,94	–	–	17,94	–
2,5	–	18,49	18,49	20,30	20,60	18,49	–	–	18,49	–
3	–	18,49	18,49	20,30	20,60	18,49	–	–	18,49	–
3,5	–	18,49	18,49	20,30	20,60	18,49	29,55	33,27	–	29,55
4	–	–	–	–	–	–	29,55	33,27	–	29,55
4,5	–	–	–	–	–	–	29,55	33,27	–	29,55
5	–	–	–	–	–	–	30,05	33,77	–	30,05
6	–	–	–	–	–	–	30,05	33,77	–	30,05
Epaisseur mm	3,17	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	4,76	4,76	3,6	4,76
Format plaqueette L mm	11	16	16	16	16	16	22	22	16	22

Figure 84: Catalogue de plaquette à profil complet

Pour les outils, nous utiliserons une plaquette de tronçage à deux arrêtes 27 3734 pour le rainurage, on prendra le 25 0176 pour la plaquette d'ébauche, on utilisera un 25 1804 pour la finition et enfin pour le filetage, on utilisera une plaquette 27 0700.

**A.P.E.F**

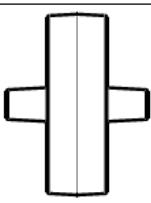
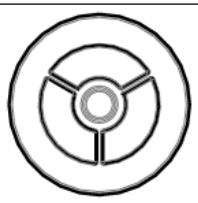
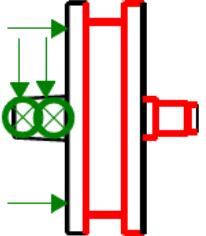
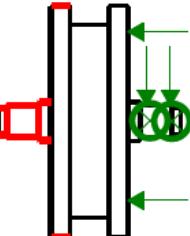
<b>A.P.E.F</b>			Ensemble : Pont Roulant	BUREAU DES MÉTHODES	1 / 1
Date de modification :			Elément : Galet fou		
Nom : JEGOU LAVANOUX			Matière : Acier C45		
Phase	Sous-Phase	MACHINE	Opérations / Surfaces	SCHEMA	
00		Fonderie	- Réalisation du brut		
10		LB2000	- Rainurage - Dressage - Chariotage - Filetage		
20		LB2000	- Dressage - Filetage - Chariotage		

Figure 85: A.P.E.F. du galet fou

## Contrat de phase

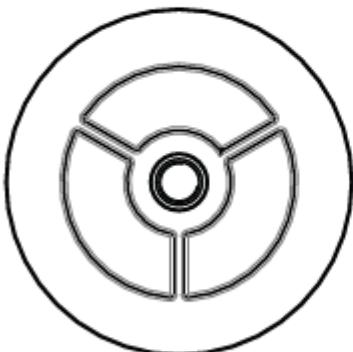
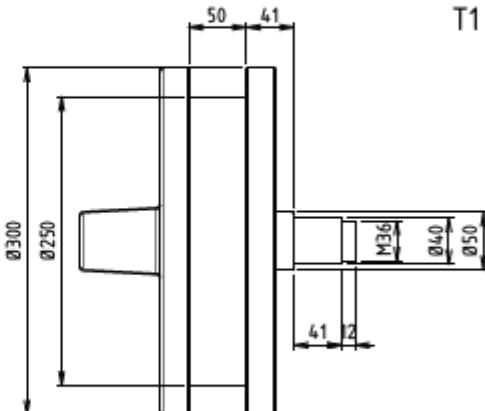
<b>CONTRAT DE PHASE PREVISIONNEL</b>		<b>N°</b> <b>10</b>	Ensemble : Pont Roulant		<b>BUREAU DES MÉTHODES</b> <b>GMP</b> Gare Méthode Production Rennes		<b>1</b> <b>1</b>								
Date de modification : 19/06/2025		Elément : Galet Fou													
Machine : LB2000		Matière : Acier C45													
Brut : Fonderie		Prg :	Nom-Prénom : JEGOU Mathis - LAVANOUX Trystan												
															
															
<b>ANALYSE DE LA PHASE</b>				<b>CONDITIONS DE COUPE</b>		<b>CONTROLE</b>									
Op	Désignation des Opération	Outilage de coupe	Vc m/min.	N tr/min.	f mm	nmax tr/min.	ap mm	Instruments de mesure et contrôle							
1	Rainurage	27 3734	200	-	0.23	-	-	-							
2	Chariotage Ébauche	25 0176	330	-	0.35	-	2	-							
3	Chariotage Finition	25 1804	330	-	0.3	-	0.5	-							
4	Filetage	27 0700	130	-	1.5	-	-	-							
5	Dressage finition	25 1804	330	-	0.35	-	2	-							
6	-	-	-	-	-	-	-	-							
7	-	-	-	-	-	-	-	-							

Figure 86: Contrat de phase n°10

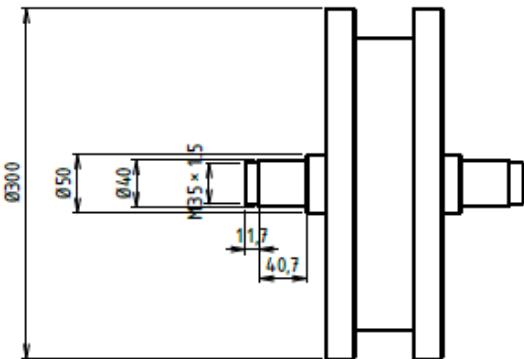
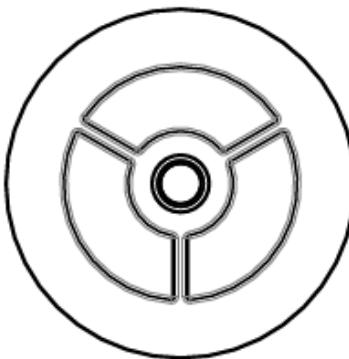
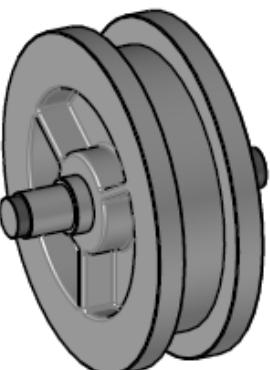
CONTRAT DE PHASE PREVISIONNEL		N° <b>20</b>	Ensemble : Pont Roulant	BUREAU DES MÉTHODES	<b>1</b>				
Date de modification : 19/06/2025		Elément : Galet Fou		GMP	1				
Machine : LB2000		Matière : Acier C45		JEGOU Mathis - LAVANOUX Trystan					
Brut : Pièce fin de phase 10		Prg :		Nom-Prénom :					
<b>T1</b>									
									
									
<b>ANALYSE DE LA PHASE</b>			<b>CONDITIONS DE COUPE</b>						
<b>Op</b>	<b>Désignation des Opération</b>	<b>Outilage de coupe</b>	<b>Vc</b>	<b>N</b>	<b>f</b>	<b>Instruments de mesure et contrôle</b>			
			m/min.	tr/min.	mm		nmax tr/min.	ap mm	
<b>1</b>	Chariotage Ebauche	25 0176	330	-	0.35	-	2	-	
<b>2</b>	Chariotage Finition	25 1804	330	-	0.3	-	0.5	-	
<b>3</b>	Filetage	27 0700	130	-	1.5	-	-	-	
<b>4</b>	Dressage Finition	25 1804	330	-	0.35	-	2	-	
<b>5</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>6</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>7</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	

Figure 87: Contrat de phase n°20

*t) Coût de Fabrication*

Fabrication	Quantité	Prix unitaire
Fonderie	1	152.32€
Masselotte	3	18.85€
Tronçonnage	1	30.51€
Ebauche	1	24.48€
Finition	1	12.5€
Filetage	1	19.59€
Temps usinage	6min42s	5.5€
<b>TOTAL</b>		<b>301.45€</b>

**I. Méthodes Clic**

Nous allons dresser les tableau MIP du Galet Fou pour pouvoir faire la cotation GPS.

<b>Galets 1</b>		
Cylindre	Plan	
A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	
Serré	Contact	
A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	
Cylindre	Plan	
<b>Roulement 2</b>		

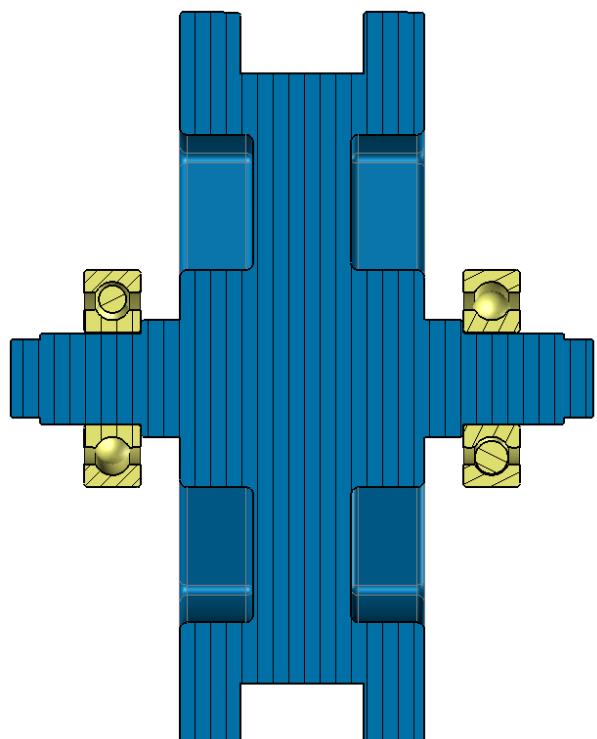


Figure 88: MIP entre Galet et Roulement



<b>Galets 1</b>		
Cylindre		
$C_1$		
Libre		
$A_3$		
Cylindre		
<b>Bague entretoise 3</b>		
Tx, Ty, Rx, Ry		

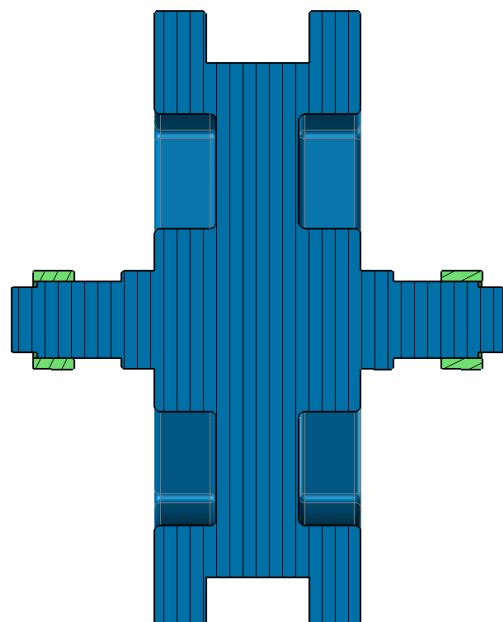


Figure 89: MIP entre Galet et Bague entretoise

<b>Galets 1</b>		
Cylindre		
$D_1$		
Contact		
$A_4$		
Plan		
<b>Rail 4</b>		

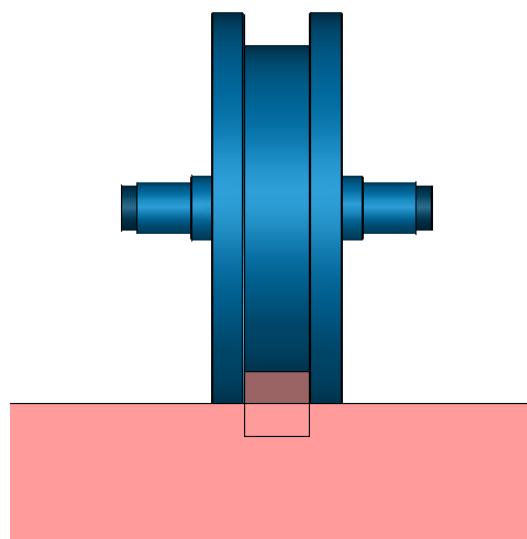


Figure 90: MIP entre Galet et Rail

<b>Galets 1</b>		
Filetage		
E <sub>1</sub>		
Serrage		
A <sub>5</sub>		
Cylindre		
<b>Bague à encoche 5</b>		

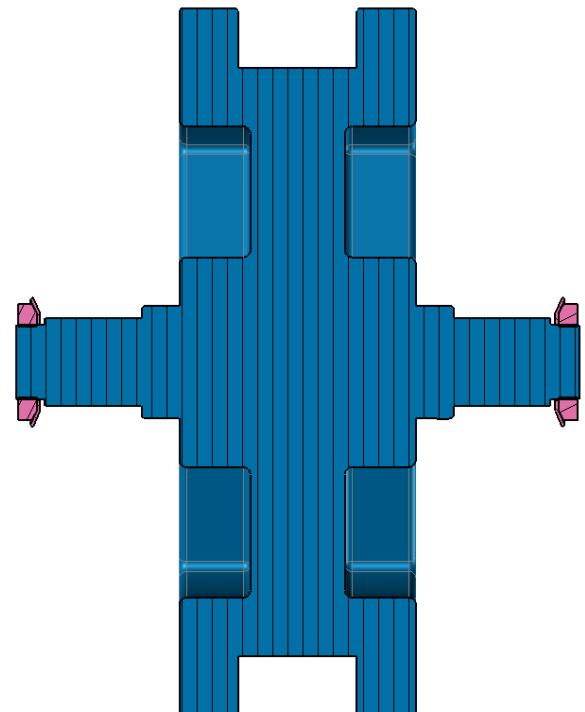
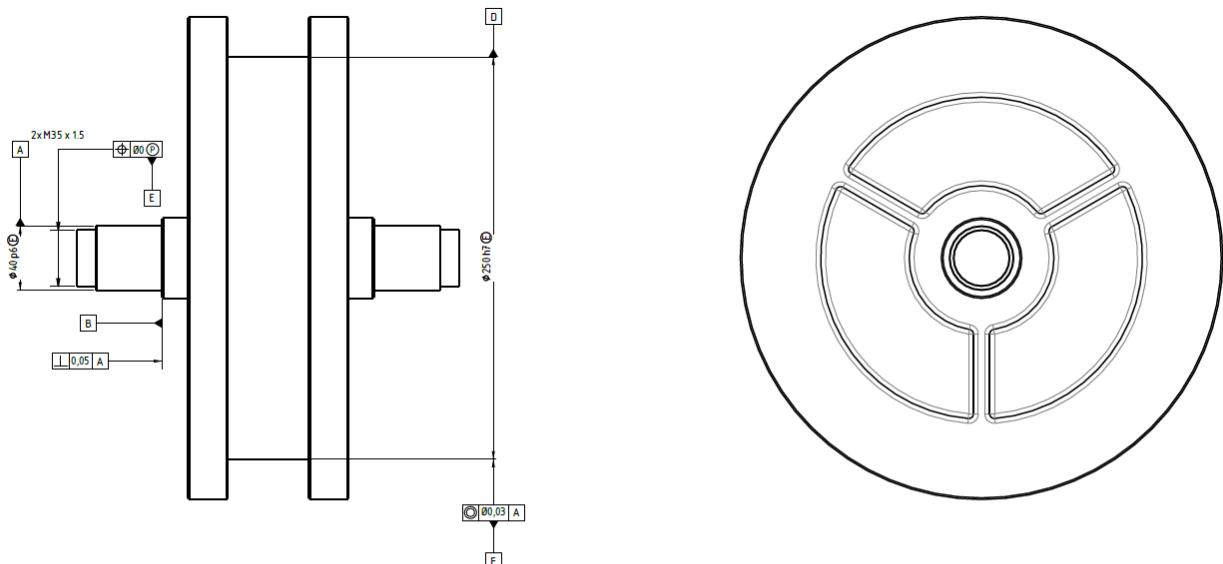


Figure 91: MIP entre Galet et Ecrou encoche

Après avoir fait la cotation GPS, nous obtenons cette mise en plan contenant la cotation GPS



Désignation : Galet fou Référence : -	Auteur : Mathis Jegou Date : 19/06/2025	A3
		Ech. 3:10 Révision 1/1
<b>TopSolid</b> 7, rue du bois sauvage 91055 Evry Cedex	Projet: SAE4_1_2b2e2	-

Figure 92: Cotation GPS

Figure 93: Cotation GPS

## VII. Support moteur (Binôme B)

### J. Réalisation du brut

La pièce étudiée est en acier, mais aucun matériau précis n'a encore été déterminé. Afin de choisir l'acier adapté à nos besoins, il convient de vérifier si le couple du moteur est considéré « fort » ou non. Bien que le moteur transmette son couple au galet, le couple rotatif amène le moteur à entrer en rotation autour de son axe, et donc de son support.

Dans notre cas, le moteur développe 156N.m de couple. Le rayon intérieur de notre support étant de 60mm, l'effort appliqué est donc de 9.4N, soit environ 0.95kg. On peut donc en déduire que l'effort du moteur n'est pas contraignant pour notre choix, et que seuls les critères financier et pratique entrent en jeu.

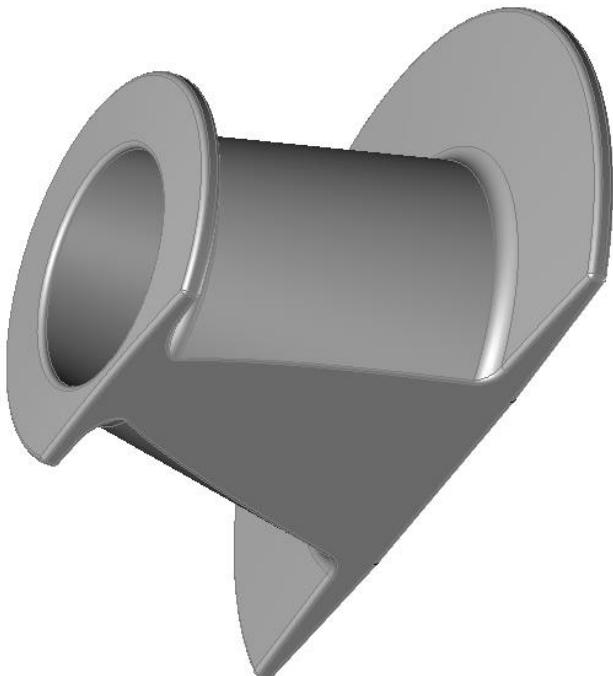


Figure 94: Support moteur

Après étude du marché et des spécifications techniques de différents matériaux, notre choix se portera sur une fonte **EN-GJS 400-15**. Le marché actuel évalue son prix moyen à **1,40€/kg**. Notre support pèse 12.849kg, nous pouvons alors estimer le coût d'achat de la matière première à **15.54€ HT**.

Le volume de notre pièce est de **1 784 526.08mm<sup>3</sup>**.



## K. Analyse de la mise en position du brut

Une fois notre brut réalisé, nous devons choisir sa mise en position pour sa fabrication en fonderie.

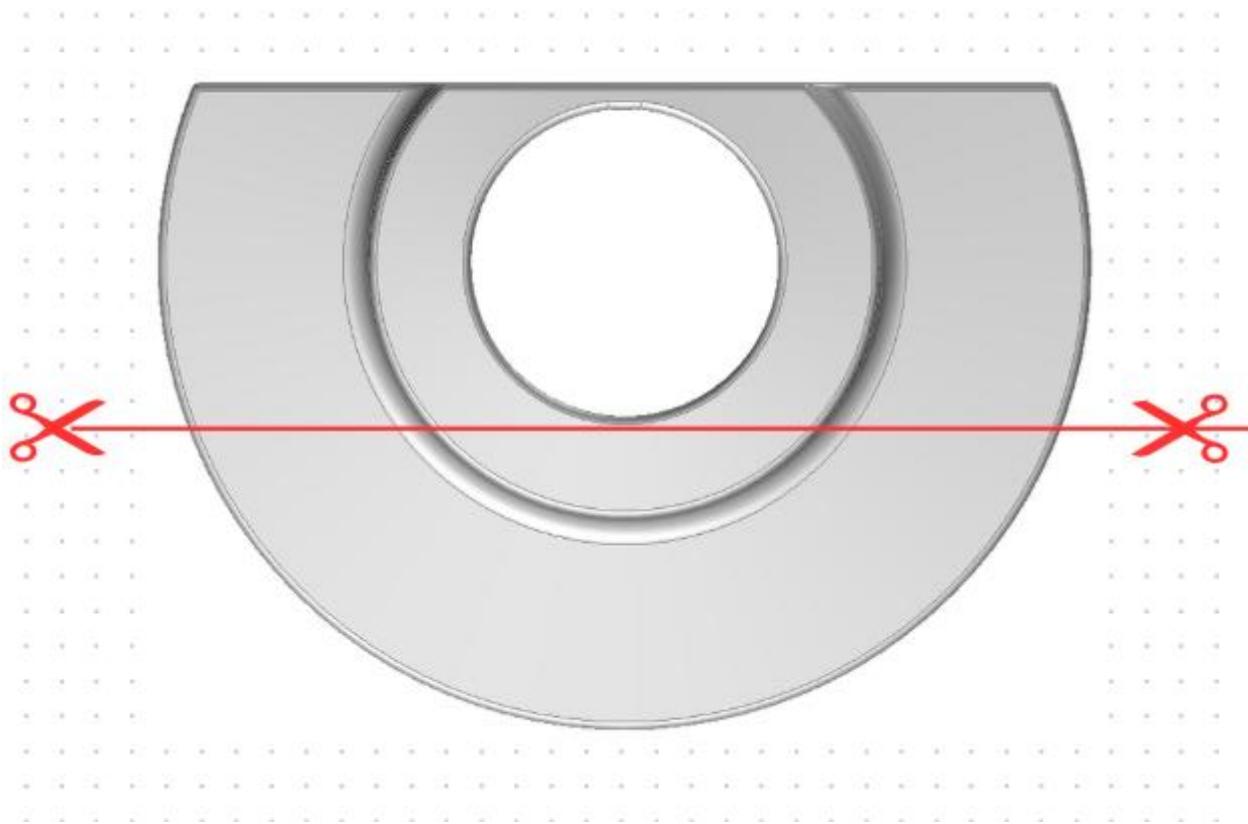


Figure 95: plan de joint du support moteur

Bien que notre pièce comporte une surface plane, nous ne créerons pas notre plan de joint autour de celle-ci. Notre objectif, au travers de ce choix, est de concevoir la surface dès la phase de fonderie, afin de garder cette surface sans l'usiner.

## L. Analyse de solidification

### u) Temps de refroidissement

Dans le cas d'éléments à ligne de flux thermique parallèle (paroi), on montre que (par égalité des quantités de chaleur) que le temps de solidification s'exprime par la relation :

$$ts = k \left( \omega \frac{V}{S} \right)^2 \quad \text{Loi de Chvorinov}$$

avec :

**ts** : le temps de solidification

**k** : un coefficient qui dépend des conditions thermiques d'échange

**V** : le volume de l'élément considéré

**S** : la surface de l'élément en contact avec le moule

**ω** : un coefficient de forme, adaptant le calcul du temps de solidification pour les géométries autres que celle « à ligne de flux thermique parallèle ».

Valeurs de k [W/mK]	
Cuivre	394
Aluminium	222
Fer	29
Sable	0.61

$$ts = k \left( \omega * \frac{V}{S} \right)^2$$

Avec :

$$K = 0.61$$

$$V = 1\ 784\ 526.08 \text{ mm}^3$$

$$S = 319118.48 \text{ mm}^2$$

$$\omega = 1$$

On a donc:

$$\begin{aligned}
 ts &= 0.61 \left( 1 * \frac{1784526.08}{319118.48} \right)^2 \\
 ts &= 0.61 * 31,271 \\
 ts &= 19.075 \text{ s}
 \end{aligned}$$

Notre pièce refroidit donc en 19,1s.

*v) Volume des masselottes*

$$V_{\text{masselotte}} \geq K' \times CVG\% \times V_{\text{th partie}}$$

Dans notre cas, utilisant une fonte EN-GJS 400-15, à une température de liquidus + 100°C (soit  $K' = 6$ ).  
On a donc :

$$V_{\text{masselotte}} \geq 6 * 0.06 * 1\ 784\ 526.08$$

$$V_{\text{masselotte}} \geq 642\ 429.39 \text{ mm}^3$$

*w) Règles des volumes*

Dans notre cas nous avons des masselottes dit "ordinaire" donc on a coefficient  $k' = 6$ .

La température de liquidus de l'acier C45 est aux alentours de 1500°C  
(source : <https://zgtsteel.com/fr/what-is-c45-steel/>).

On trouve donc une température de coulée de 1600°C

Maintenant on cherche le facteur CVG%, ce facteur dépend de l'alliage, pour rappel nous utilisons un acier C45 pour réaliser notre galet.

*x) Morphologie des masselottes*

Couverte	Masselotte	$\frac{H}{D}$
Inexistante	En charge	$\geq 1,5 (*)$
Sable ordinaire	A talon	≥ 2,0
	En charge	1,5
Produit exo. ou isolant	Avec ou sans manchon	1,0

Figure 96: Tableau du rapport entre hauteur et diamètre

Avec ce tableau, nous pouvons remarquer que la hauteur de la masselotte est le double du diamètre. On va donc vérifier à la fin si on retrouve ce rapport.

On connaît la masse volumique de l'acier C45 qui est de  $7.2 \text{ kg/dm}^3$ . On va la convertir en  $\text{kg/mm}^3$ . On aura alors une masse volumique de  $7.2 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$

$$7.2 \times 10^{-6} \times 642\ 429.39 = 4.625 \text{ kg}$$



Il nous faut alors déterminer le diamètre et la hauteur de la masselotte.

$$V_{\text{masse}} = H \times \frac{\pi}{4} D^2 = 2D \times \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * V_{\text{masse}}}{2 * \pi}} \quad \text{avec } V_{\text{masse}} = 642\,429.39$$

$$D = 74.22\text{mm}$$

Bien que la hauteur soit, théoriquement, deux fois plus élevée que le diamètre, nous allons vérifier cette affirmation par le calcul :

$$H = \frac{4 * V_{\text{masse}}}{\pi * D^2} \quad \text{avec } V_{\text{masse}} = 642\,429.39 \text{ mm}^3 \text{ et } D = 74.22 \text{ mm}$$

$$H = 148.44\text{mm}$$

Le diamètre de notre masselotte est donc de 74.22mm, et sa hauteur est de 148.44mm.

On peut alors vérifier si notre hauteur a une valeur cohérente vis-à-vis du diamètre :

$$\frac{148.44}{74.22} = 2$$

Le rapport est bien respecté.

Pour rappel, le prix pour de l'acier carbone C45 de 1.80 €/kg HT.

On va donc pouvoir déterminer le prix de la masselotte.

$$1.8 * 4.625 = 8.325\text{€}$$

Le prix de la masselotte est donc de 8.33€ HT.

### y) Règle des modules

On cherche à connaître le module thermique de la masselotte. On sait que :

$$M_{\text{thmasselotte}} \geq 1.2 * M_{\text{th1}}$$

Donc on cherche le module géométrique dans un premiers temps.

$$M = \frac{V}{S}$$

$$M = \frac{H * \frac{\pi}{4} * D^2}{H * \pi * D + 2 * \frac{\pi}{4} * D^2}$$

On rappelle que :

$$H = 2 * D$$



Donc :

$$M = \frac{2 * \frac{\pi}{4} * D^3}{2 * \pi * D^2 + 2 * \frac{\pi}{4} * D^2}$$

$$M = \frac{D^3}{5 * D^2} = \frac{D}{5}$$

$$M = \frac{74.22}{5} = 14.844$$

On cherche donc maintenant le module thermique.

$$M_{thmasselotte} = M_{masselotte} * \omega_{masselotte}$$

$$M_{thmasselotte} = 14.844 \times 0.75 = 11.133$$

On peut constater :

$$11.133 \geq 1.2 \times M_{th}$$

$$11.133 \geq 1.2 \times 19.1$$

$$11.133 \leq 22.92$$

Donc notre masselotte va se refroidir avant notre pièce ce qui est une erreur.

Un redimensionnement est alors nécessaire pour corriger ce décalage :

$$M_{thmasselotte} \geq 1.2 * M_{th}$$

$$\frac{D}{5} * \omega_{mass} \geq 1.2 * M_{th}$$

$$D \geq \frac{(1.2 * M_{th} * 5)}{\omega_{mass}}$$

$$D \geq \frac{(1.2 * 19.1 * 5)}{0.75}$$

$$D \geq 152.8$$

$$D \approx \mathbf{153 \text{ mm}}$$

Donc on va avoir une masselotte de **H = 306mm** et **D = 153mm**.

## M. Dimensionnement du système de remplissage

### *z) Implantation des masselottes*

Le système d'alimentation est important pour ne pas créer de défaut comme des microporosités ou bien des retassures.

Pour corriger cela, nous devons planter deux masselottes afin de corriger les éventuels défauts de fonderie.

Pour cela, une 1ère masselotte sera implantée pour notre pièce dont le volume est égal à :

$$V_{pièce} = 1\ 784\ 526.08 \text{ mm}^3$$

### *aa) Règles des volumes*

Dans notre cas nous avons des masselottes dit "ordinaire" donc on a coefficient  $k' = 6$ .

La température de liquidus de l'acier C45 est aux alentours de 1160°C  
(source : <https://zgtsteel.com/fr/what-is-c45-steel/>).

On trouve donc une température de coulée de 1260°C

Maintenant on cherche le facteur CVG%, ce facteur dépend de l'alliage, pour rappel nous utilisons un acier C45 pour réaliser notre galet.

Alliages	Surchauffe par rapport au liquidus		Alliages	Surchauffe par rapport au liquidus	
	50	150		50	150
Bronzes courants	4	4,5	Alliage d'aluminium Al Si 12	4,5	5
Laitons ordinaires	6	6,5	Alliages d'aluminium Al Si 10, Al Si 7, Al Si 5	6,5 à 7,5	7 à 8
Laitons H.R.	7	7,5	Alliages d'aluminium Al Cu 8, Al Cu 4	6,5 à 7,5	7 à 8
Cu-Al 10 et Cupro-Ni	5	5,5	Alliages d'aluminium Al Mg 3, Al Mg 6	8	8,5 à 9
Alliages de magnésium	5	6	Aciers  $C_t$ voisin de 0,8 %	6	7
Fonte blanche Ceq = 3 %	4	6		$C_t$ voisin de 0,3 %	5

Figure 97: Tableau pour le facteur CVG%,



Nous imposons une surchauffe de 100°C par rapport au liquidus, et par conséquent une contraction volumique globale CVG% = 5%

Donc on obtient :

$$V_{masselotte} = (K' * CVG\% * V_{pièce}) * 2$$

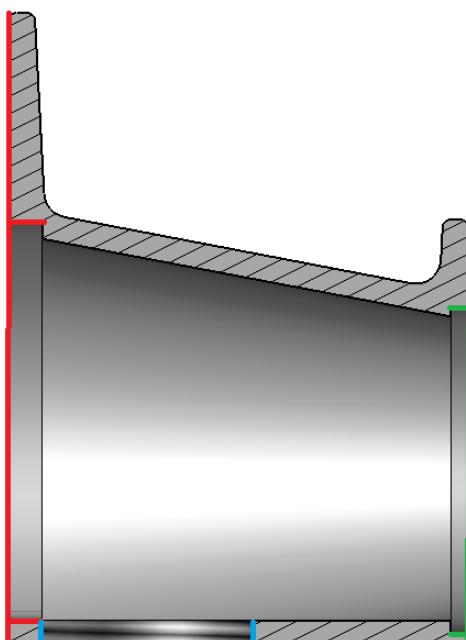
On multiplie le tout par 2 puisqu'on travaille sur la moitié d'une pièce et qu'on veut le volume de la masselotte pour l'entièreté de la pièce

$$V_{masselotte} = (6 * 0.05 * 1\ 043\ 299.994) * 2$$

$$V_{masselotte} = 755\ 175.996 \text{ mm}^3$$

## N. Etude des phases d'usinage

Notre pièce est composée de 3 groupes de surfaces fonctionnelles représentant chacun une interface avec une autre pièce.



Phase 10 : couleur verte

Phase 20 : couleur rouge

Phase 30 : couleur bleue

Chacun de ces groupes de surfaces sera réalisé dans une phase d'usinage différente. On a donc l'APEF de notre pièce :

On réalise ensuite les différentes phases en FAO puis on choisit les outils et enfin on détermine les conditions de coupes.

### *bb) Phase 10*

La phase 10 sera la réalisation du groupe de surface fonctionnelles qui réalisent l'interface avec le sommier. Cette phase est composée de 3 opérations réalisées en fraisage : Le surfaçage du plan de contact avec le sommier (premier groupe d'entités), le contournage du cylindre en contact avec le chapeau (groupe d'entités 2) et le perçage des trous de passage de vis pour le maintien en position (entités 3). (Mettre le contrat de phase)

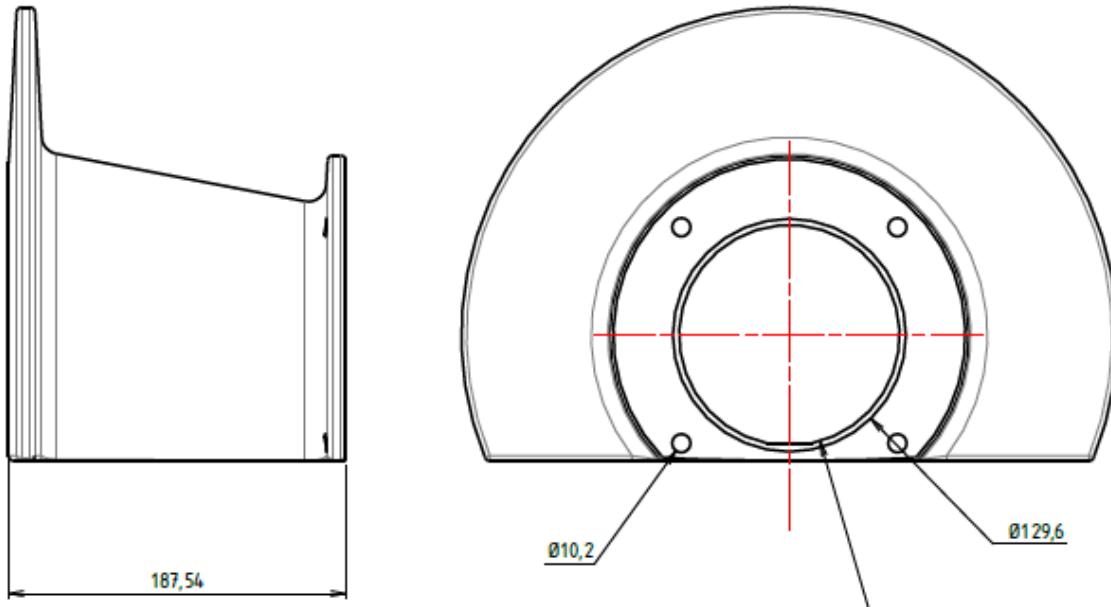
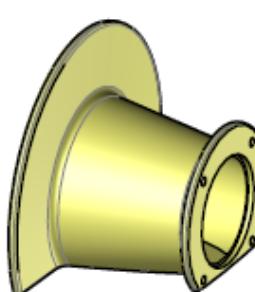
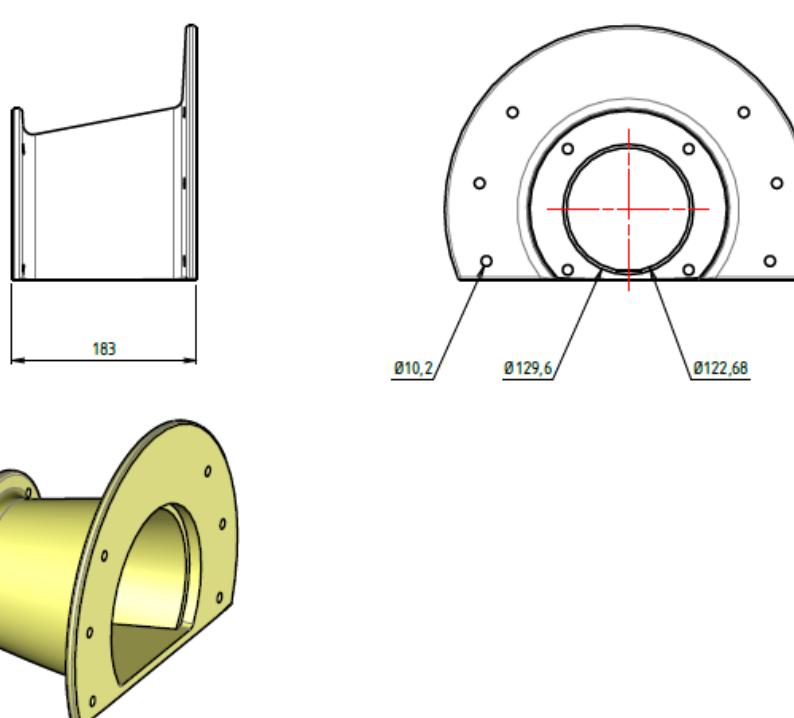
<b>CONTRAT DE PHASE PREVISIONNEL</b>		<b>N°</b> <b>10</b>	<b>Ensemble :</b> <b>Elément : Support Moteur</b>	<b>BUREAU DES METHODES</b> <b>GMP</b> Génie Mécanique Prévisionnel Rennes	<b>1</b> <b>1</b>					
Date de modification : 19/06/2025		Matière : C45								
Machine : DMU 50		Prg :	Nom-Prénom : Alexis Merre - Loic Mercier							
Brut : Fonderie										
 										
ANALYSE DE LA PHASE			CONDITIONS DE COUPE							
Op	Désignation des Opération	Outilage de coupe	Vc m/min.	N tr/min.	fz mm	Vf mm/ min.	ap mm	ar mm	Instruments de mesure et contrôle	
1	Surfaçage	Fraise à surfacer 63/5	200	1011	0.8	3234	2.8	63	-	
2	Contournage	Fraise 2T D20 L38	46	732	0.039	114	9.5	20	-	
3	Perçage	Forêt D10.2	110	3433	165	1064	-	10.5	-	
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Figure 98: contrat de phase Ph10

*cc) Phase 20*

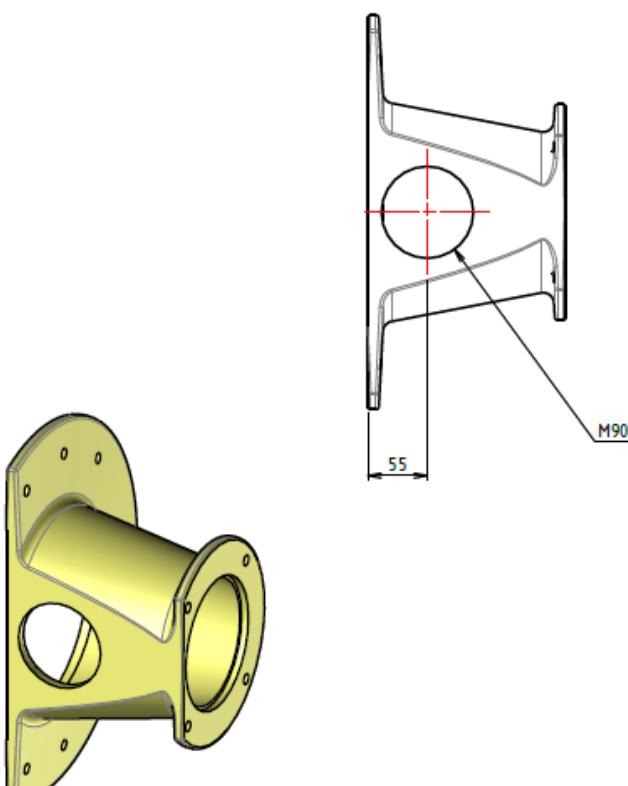
La phase 20 sera réalisée en fraisage. Il s'agit de la réalisation des surfaces de contact avec le moteur. Cette phase est également constituée de 3 opérations : le surfaçage du plan de contact avec la flasque moteur (groupe d'entités 4), le contournage du cylindre court (groupe 5) et le perçage des trous de passage de vis, sixième groupe d'entité. (Mettre le contrat de phase)

<b>CONTRAT DE PHASE PREVISIONNEL</b>		<b>N°</b> <b>20</b>	<b>Ensemble :</b> Elément : Support moteur	<b>BUREAU DES MÉTHODES</b> <b>GMD</b> Génie Mécanique et Processus Rennes	<b>1</b> <b>1</b>				
Date de modification : 19/06/2025		Matière : C45							
Machine : DMU 50	Prg :	Nom-Prénom : Alexis Merre - Loïc Mercier							
Brut : Pièce fin de phase 10									
									
<b>ANALYSE DE LA PHASE</b>			<b>CONDITIONS DE COUPE</b>		<b>CONTROLE</b>				
Op	Désignation des Opération	Outilage de coupe	Vc m/min.	N tr/min.	fz mm	Vf mm/min.	ap mm	ar mm	Instruments de mesure et contrôle
1	Surfaçage	Fraise à surfacer 63/5	200	1011	0.8	404.2	2.8	63	-
2	Contournage	Fraise 2T	46	1830	0.02	146	8.75	20	-
3	Perçage	Forêt D10.2	110	3433	155	1064	-	10.2	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Figure 99: contrat de phase Ph20*

*dd) Phase 30*

La phase 30 sera la réalisation en fraisage du trou taraudé prévu pour le bouchon du support moteur. Ce trou sera réalisé en 2 opérations : un contournage (groupe d'entités 7) puis un taraudage du trou, huitième et dernier groupe d'entités.

<b>CONTRAT DE PHASE PREVISIONNEL</b>		<b>N° 30</b>	Ensemble : Elément : Support Moteur	BUREAU DES METHODES 		<b>1</b>				
Date de modification : 19/06/2025		Matière : C45				<b>1</b>				
Machine : DMU 50	Prg :	Nom-Prénom : Alexis Merre - Loïc Mercier								
Brut : Fin de phase 20										
										
ANALYSE DE LA PHASE			CONDITIONS DE COUPE			CONTROLE				
Op	Désignation des Opération	Outilage de coupe	Vc m/min.	N tr/min	fz mm	Vf mm/ <sup>min</sup>	ap mm	ar mm	Instruments de mesure et contrôle	
1	Contournage	Fraise 2T D20 L38	46	732	0.039	114	10	20	-	
2	Taraudage	Fraise à tarauder D90	10.8	38	1.5	229	-	90	-	
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

*Figure 100: contrat de phase Ph20*

### ee) Choix d'outillage

#### Choix de la fraise à surfacer :

Type	NEW	NEW	NEW	NEW	fraise grande avance	MFH mini	MFH	7792VX	fraise à surfacer
Désignation >	Softcut® HSI12	LOGIQ4Feed	LOGIQ4Feed	LOGIQ4Feed	MFH Micro	MFH mini	MFH	7792VX	43° Octo
Marque	<b>Garant</b>								<b>Garant</b>
N° d'article	214848	221100– 221101	221104	221106	221941– 221943	221950– 221965	222050– 222065	221900– 221908	213300
Diamètre (mm)	40 – 63	16 – 32	20 – 42	32 – 52	8 – 16	16 – 52	25 – 160	16 – 160	32 – 125
$a_{p\max}$ (mm)		0,8	0,8	0,8	0,5	1	1,5 – 5	0,9 – 3,5	2,2 – 3,5
Angle d'attaque									43°
Nombre de dents	3 – 5	2 – 5	3 – 6	5 – 7	1 – 4	2 – 8	2 – 8	2 – 12	3 – 8
Interface	Alésage	Queue cylindrique / Queue Weldon	Filetage	Alésage	Queue cylindrique / Queue Weldon / Filetage	Queue cylindrique / Queue Weldon / Filetage / Alésage	Queue cylindrique / Queue Weldon / Filetage / Alésage	Queue cylindrique / Queue Weldon / Filetage / Alésage	Alésage
Canaux de lubrification Al	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI
Plaquette adaptée									
Type de plaquette / ISO	SO.T1205	XNMU0403	XNMU0403	XNMU0403	LGT 0102	LOGU 0303	SOMT	XL.	OF.0504
N° d'article	214860– 214890	221201– 221214	221201– 221214	221201– 221214	221945– 221949	221971– 221976	222071– 222092	221920– 221939	213320– 213361
Autre application									
Code ISO	HP – K	P – M – K	P – M – K	P – M – K	P – M – K	P – M – K	P – M – K	P – M – K	NPH – M – K
Page	624 – 625	678 – 679	678 – 679	678 – 679	682	683	684 – 685	680 – 681	615

Figure 101: catalogue fraise à surfacer

POWER CARD Garant

**Garant Fraises grande avance HSI GARANT Softcut® pour plaquettes SO.T 1205**

Les plaquettes sont inclinées de 15° dans le porte-outils.

**Utilisation:** Sélectionner la valeur  $F_z$  0,8 mm.

**Remarque(s):** Utiliser le tournevis dynamométrique GARANT TQ 211750 réf. 3,0 avec l'embout 674252 réf. 15IP.

Ø D / nombre de dents Z	214848	Ø D <sub>3</sub>	Profondeur de coupe max. a <sub>pmax</sub>	L <sub>tot</sub>	Ø fixation	Perçage par interpolation Ø D <sub>min</sub>	Perçage par interpolation Ø D <sub>max</sub>	Angle de plongée oblique α <sub>max</sub>	Longueur de plongée oblique L pour α <sub>max</sub>	Jeu de vis pour plaquettes
Fraise grande avance HSI GARANT Softcut®										
mm	avec alésage	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
42/3	364,82	17,4	2,8	40	16	56,5	78,3	1,75	15	219833 (15IP; 3Nm)
50/4	394,97	27,4	2,8	40	22	76,5	98,3	1,25	25	219833 (15IP; 3Nm)
52/4	401,—	29,4	2,8	40	22	80,5	102,3	1,25	27	219833 (15IP; 3Nm)
63/5	445,22	40,4	2,8	40	22	102,3	124,3	0,75	38	219833 (15IP; 3Nm)

Figure 102: catalogue de fraise grande avance

**GARANT** Plaquettes de fraisage SO.T 1205.. et XOEW pour GARANT Softcut® HSI  
214848 – 214857

Epaisseur de plaquette renforcée pour des exigences d'usinage maximales. Protection contre l'usure grâce au revêtement ultra-moderne.

21-4864 - Cermet.

**Remarque(s):** Valeurs indicatives d'utilisation pour  $a_s = 0,3 \times D$ .

214890 - Longueur du chanfrein de planage 6,5 mm

Figure 103: Catalogue de plaquette de fraisage

Choix de la fraise 2 tailles :

**DIN 844 B** **Type N** **k10**  **h6 DIN 1835 B**

**Fraise à queue cylindrique**

Fraises multi-dents. Déposeuse excentrée.

19 1500 – Coupe au centre pour le fraisage en plongée.

19 1520 – Pour rendement optimal. **Excellent résultats en fraisage à sec.** Réf. 6M-25M fraises mi-longues: dimensions suivant norme d'usine situées entre DIN 844 courte et DIN 844 longue. Les dimensions mi-longues offrent une stabilité supérieure aux fraises longues.

19 1590 – Variante économique.

Application/ $v_i$ [m/min]	Alu	Alu therm. $\alpha_{\text{eff}}^{\text{therm}}$	Fente	$\frac{D}{D_i}$										INOX	INOX + TiCN	CuNi	Uni				
				> 10 %	< 50 %	< 70 %	< 100 %	< 110 %	< 140 %	< 150 %	< 160 %	< 170 %	< 200 %								
Code ISO	H	N	P	P	P	P	H	H	H	H	K	R	23	55	●	●					
19 1500	83	30	25	25									23	18	55	110	●	●			
19 1520	138	110	83	64	64	37	32						17	14	46	92	●	●			
19 1590	120	78	55	55																	

**Ø k10 D<sub>i</sub>**    **19 1500**    **19 1520**    **19 1590**

**Garant** **MALEX**

**Fraise à queue cylindrique**

mm	HSS-Co8			HSS-PM TiAIN			HSS-Co8 TiAIN			19 1500			19 1520			19 1590			mm	mm	mm	mm
	19 1500	19 1520	19 1590	19 1500	19 1520	19 1590	19 1500	19 1520	19 1590	19 1500	19 1520	19 1590	19 1500	19 1520	19 1590							
2	12,51	—	—	—	—	—	4	—	—	7	51	6	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003		
2,5	12,51	—	—	—	—	—	4	—	—	8	52	6	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003		
3	12,51	23,62	15,08	—	—	—	4	4	4	8	52	6	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		
3,5	12,51	—	—	—	—	—	4	—	—	10	54	6	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		
4	12,51	23,62	15,08	—	—	—	4	4	4	11	55	6	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008		
4,5	12,51	—	—	—	—	—	4	—	—	11	55	6	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008		
5	12,51	23,62	15,08	—	—	—	4	4	4	13	57	6	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
5,5	12,51	—	—	—	—	—	4	—	—	13	57	6	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
6	12,51	23,62	15,08	—	—	—	4	4	4	13	57	6	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014		
6M	—	27,44	—	—	—	—	4	—	—	19	63	6	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014		
6,5	17,03	—	—	—	—	—	4	—	—	16	66	10	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014		
7	17,03	33,57	23,62	—	—	—	4	4	4	16	66	10	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014		
7,5	17,14	—	—	—	—	—	4	—	—	16	66	10	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014		
8	17,14	33,57	19,40	—	—	—	4	4	4	19	69	10	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		
8M	—	39,60	—	—	—	—	4	—	—	28	78	10	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		
8,5	17,14	—	—	—	—	—	4	—	—	19	69	10	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		
9	17,14	33,57	24,42	—	—	—	4	4	4	19	69	10	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		
10	16,03	33,57	19,95	—	—	—	4	4	4	22	72	10	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023		
10M	—	46,93	—	—	—	—	4	—	—	35	84	10	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023		
10,5	24,52	—	—	—	—	—	4	—	—	22	79	12	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023		
11	24,52	—	—	—	—	—	4	—	—	22	79	12	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025		
11,5	24,52	—	—	—	—	—	4	—	—	22	79	12	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025		
12	21,41	43,11	25,63	—	—	—	4	4	4	26	83	12	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028		
12M	—	64,72	—	—	—	—	4	—	—	40	97	12	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028		
13	38,29	64,72	39,50	—	—	—	4	4	4	26	83	12	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028		
14	38,29	64,72	39,30	—	—	—	4	4	4	26	83	12	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028		
15	38,39	70,35	39,50	—	—	—	4	4	4	26	83	12	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028		
16	33,57	70,35	39,90	—	—	—	4	6	4	32	92	16	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034		
16M	—	91,66	—	—	—	—	6	—	—	48	108	16	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034		
18	55,68	91,46	60,10	—	—	—	4	6	4	32	92	16	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034		
20	48,54	90,05	54,27	—	—	—	4	6	4	38	104	20	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039		
20M	—	145,73	—	—	—	—	6	—	—	58	122	20	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039		
22	58,29	145,73	61,31	—	—	—	4	6	4	38	104	20	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042		
24	80,60	—	—	—	—	—	4	—	—	45	121	25	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042		
25	83,21	155,27	83,62	—	—	—	4	6	6	45	121	25	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046		
25M	—	186,93	—	—	—	—	6	—	—	68	144	25	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046		
26	88,84	—	—	—	—	—	6	—	—	45	121	25	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		
28	88,24	—	—	—	—	—	6	—	—	45	121	25	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		
30	132,66	—	—	—	—	—	6	—	—	45	121	25	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		
32	137,18	—	—	—	—	—	6	—	—	53	133	32	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		
35	178,39	—	—	—	—	—	6	—	—	53	133	32	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056		
40	221,10	—	—	—	—	—	6	—	—	63	155	32	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06		

Figure 104: Catalogue de la fraise 2 tailles

## Choix du foret diamètre 10.2 :

Carbure Mono-bloc	DIN 6537 K	4xD	h7			HPC	
-------------------	------------	-----	----	--	--	-----	--

**Garant Foret hautes performances en carbure monobloc GARANT Master Steel**

Conception robuste du foret et amincissement spécial optimisé pour une formation optimale des copeaux et un bris de copeaux sûr, avec des valeurs d'avance accrues. Microgéométrie avancée, forme convexe de l'arête de coupe et rectification de la débouille pour une stabilité supplémentaire de l'arête de coupe principale. Géométrie de goujure optimisée et géométrie frontale brevetée pour une évacuation sûre des copeaux dans les matériaux en acier et la fonte. Revêtement hautes performances de dernière génération.

**Remarques:** Longueur des goujures  $L_c = L_2 + 1,5 \times D_c$ . Types HB et HE disponibles au même prix que le type HA. Type HB: commander avec le code art. 122471 / 122476. Type HE: commander avec les codes art. 122470 / 122475 et 129100HE.



Application/ $v_c$ (m/min)	Alu Thermo H coulé	Alu coulé	Fonte grise	P	P	P	P	H	H	H	H	INOX	Fonct grise	FGS	Usi
Code ISO	H	H	H	P	P	P	P	H	H	H	H	H	K	K	
122470				115	105	100	70	60					110	75	●
				170	155	145	130	110					55	45	●
$\varnothing D_h$	<b>12 2470</b>	<b>12 2475</b>	$L_2$	$L$	$\varnothing D_c$		$\varnothing D_h$	<b>12 2470</b>	<b>12 2475</b>	$L_2$	$L$	$\varnothing D_c$		$\varnothing D_h$	<b>12 2475</b>
	Foret en carbure monobloc HPC GARANT Master Steel, queue cylindrique							Foret en carbure monobloc HPC GARANT Master Steel, queue cylindrique							
	<b>DIN 6535 HA</b>							<b>DIN 6535 HA</b>							
mm	T1A1N	T2A1N	mm	mm	mm	mm/tr	mm	T1A1N	T2A1N	mm	mm	mm	mm/tr		
1	55,88	—	5,5	45	4	0,05	6,5	57,69	103,01	24,3	79	8	0,22		
1,1	55,88	—	5,4	45	4	0,05	6,6	57,69	—	24,1	79	8	0,22		
1,2	55,88	—	5,2	45	4	0,06	6,8	57,69	103,01	23,8	79	8	0,23		
1,3	55,88	—	5,1	45	4	0,06	6,9	57,69	103,01	23,7	79	8	0,23		
1,4	55,88	—	4,9	45	4	0,06	7	57,69	103,01	23,5	79	8	0,23		
1,5	55,88	—	11,8	55	4	0,07	7,1	57,69	—	30,4	79	8	0,24		
1,6	55,88	—	11,6	55	4	0,07	7,2	57,69	103,01	30,2	79	8	0,24		
1,7	55,88	—	11,5	55	4	0,07	7,3	57,69	103,01	30,1	79	8	0,24		
1,8	55,88	—	11,3	55	4	0,08	7,5	57,69	103,01	29,8	79	8	0,25		
1,9	55,88	—	11,2	55	4	0,08	7,8	57,69	103,01	29,3	79	8	0,25		
2	55,88	—	17	55	4	0,08	7,9	57,69	—	29,2	79	8	0,26		
2,1	55,88	—	16,9	55	4	0,09	8	57,69	103,01	29	79	8	0,26		
2,2	55,88	—	16,7	55	4	0,09	8,1	65,33	126,63	34,9	89	10	0,26		
2,3	55,88	—	16,6	55	4	0,09	8,2	65,33	126,63	34,7	89	10	0,26		
2,4	55,88	—	16,4	55	4	0,1	8,3	65,33	126,63	34,6	89	10	0,27		
2,5	55,88	—	16,3	55	4	0,1	8,4	65,33	—	34,4	89	10	0,27		
2,6	55,88	—	16,1	55	4	0,1	8,5	65,33	126,63	34,3	89	10	0,27		
2,7	55,88	—	16	55	4	0,11	8,6	65,33	—	34,1	89	10	0,27		
2,8	55,88	—	15,8	55	4	0,11	8,7	65,33	—	34	89	10	0,28		
2,9	55,88	—	15,7	55	4	0,11	8,8	65,33	126,63	33,8	89	10	0,28		
3	55,88	76,98	15,5	62	6	0,12	9	65,33	126,63	33,5	89	10	0,28		
3,1	55,88	76,98	15,4	62	6	0,12	9,1	65,33	—	33,4	89	10	0,29		
3,2	55,88	76,98	15,2	62	6	0,12	9,2	65,33	126,63	33,2	89	10	0,29		
3,3	55,88	76,98	15,1	62	6	0,13	9,3	65,33	126,63	33,1	89	10	0,29		
3,4	55,88	76,98	14,9	62	6	0,13	9,5	65,33	126,63	32,8	89	10	0,29		
3,5	55,88	76,98	14,8	62	6	0,13	9,8	65,33	126,63	32,3	89	10	0,3		
3,6	55,88	—	14,6	62	6	0,14	10	65,33	126,63	32	89	10	0,3		
3,7	55,88	76,98	14,5	62	6	0,14	10,2	94,27	182,41	39,7	102	12	0,31		
3,8	56,28	76,98	18,3	66	6	0,14	10,3	94,27	182,41						

Groupe B2-E2

126

**Garant Coffret d'alésage micrométrique ER HW63 Ø 9,75–101,1 mm (152,1 mm)**

237512 – La tête à aléser ER peut être directement adaptée sur un mandrin à pinces ER40.

**Utilisation:**

- 237512 – Pour outils d'alésage avec Ø queue 16 mm et porte-plaquettes.
- Extensible avec adaptateur et porte-plaquettes jusqu'à Ø 152,1 mm.
- Réglage de 0,01 mm / via vernier 0,002 mm au Ø.**
- Barres d'alésage avec plaquette ISO adaptée type **CC..0602**.
- Porte-plaquettes avec plaquette ISO adaptée type **CC..09T3**.

**Pièce(s) de rechange:**

- 237512 – Pour 237630 – 237642: vis pour plaquette 219830.
- Pour 237645; 237531; 237532: vis pour plaquette 219805.

**Recommendation(s):**

- 237512 – De préférence avec plaquettes 237695 – 237698.

**Remarque(s):**

237512 Réf. ER40 – Tenir compte de l'orientation des dents ± 20° lors du cycle d'alésage!

Type d'attachment	ER40	HW63
<b>23 7512</b> Coffrets d'alésage micrométriques Ø 9,75 – 101,1 mm	1940,-	1940,-
<b>Livraison:</b> 1 tête à aléser	237513 ER40	237513 HW63
1 barre d'alésage de chaque (longueur d'alésage max.)	Barre d'alésage 237630 Ø 9,75 – 20,1 mm (30 mm); Barre d'alésage 237634 Ø 19,75 – 30,1 mm (72 mm); Barre d'alésage 237640 Ø 29,75 – 48,1 mm (85 mm); Barre d'alésage 237642 Ø 47,75 – 88,1 mm (85 mm);	
1 porte-plaquettes	237645 pour Ø 87,75 – 101,1 mm (avec adaptateur 237534 jusqu'au Ø 114,1 mm).	
1 plaquette de chaque	260052 réf. CU7010 (ou utiliser CC..0602); 260058 réf. CU7010 (ou utiliser CC..09T3).	

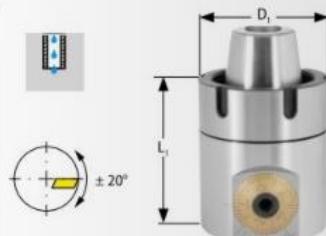
Type d'attachment	ER40	HW63
<b>23 7513</b> Tête à aléser Ø 9,75 – 152,1 mm	1040,-	1040,-
Ø D <sub>1</sub> mm	63	50,5
L <sub>1</sub> mm		

<b>23 7531</b> Porte-plaquettes pour CC..09T3 Ø 105,75 – 119,1 mm (jusqu'à 132,1 mm avec adaptateur)	234,-
<b>23 7532</b> Porte-plaquettes Ø 125,75 – 139,1 mm (jusqu'à 152,1 mm avec adaptateur)	277,-
<b>23 7534</b> Adaptateur F = 6,5 mm	230,-



237512

237513


237531      237532      237534

**189**

Figure 106: Catalogue du coffret d'alésage

**Garant**

**Coffrets d'alésage micrométriques Ø 9,75 – 101,1 mm, Type d'attachment: HW63**

Réf.: 237512 HW63

**1 940,00 €**

Prix par 1 Unité

+ TVA en vigueur [Prix et frais de livraison](#)

[Prix personnalisés pour les clients professionnels après connexion.](#)

Type d'attachment:

ER40     HW63
 

— 1 +

Ajouter au panier

● Disponibilité

• Arrosage interne: oui  
[Toutes les informations sur l'article](#)

Figure 107: Choix de coffret d'alésage

Groupe B2-E2

127

Une fois nos phases déterminées, nous pouvons créer notre tableau d'ordonnancement d'usinage.

ELEMENT : Support Moteur					
Gamme générale	Groupes d'entités	Antériorités		Niveaux	Mise en position
		Brut	Gi		
Phase 10	1, 2, 3	Brut de fonderie	Surfaçage, contournage, perçage		- Centrage court - Appui plan
Phase 20	4, 5, 6	Brut fin de phase 10	Surfaçage, contournage, perçage		- Centrage long - Appui plan
Phase 30	7, 8	Brut fin de phase 20	Contournage, alésage		- Appui plan + locating - Appui plan + serrage

## O. Etude de coûts

ff) *Coûts de fonderie*

gg) *Coûts d'usinage*

Les coûts d'usinage sont répartis entre le coût des outils et le coût d'utilisation de la machine.

Outils	Coût
Fraise à surfacer 63/5	391.79€
Fraise 2T D20 L38	47.76€
Foret D10.2	86.73€
Coffret d'alésage micrométrique ER HW63 Ø9.75-101.1mm	1940€
Temps d'usinage – 8 min 47s	7.3€
Total	2 473,58€

Le coût pour l'usinage est de 2 473,58€ pour l'usinage de la pièce.