

SESSION 2014

---

**AGRÉGATION  
CONCOURS EXTERNE**

**Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR**

**Option : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR  
ET INGÉNIERIE MÉCANIQUE**

**CONCEPTION PRÉLIMINAIRE D'UN SYSTÈME,  
D'UN PROCÉDÉ OU D'UNE ORGANISATION**

Durée : 6 heures

---

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

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

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

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

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

**Tournez la page S.V.P.**

**Document remis**

Sujet

Documents techniques

Documents réponses

Pages 1 à 13 – Partie C

DT 0 à DT 11 – Partie D

DR 1 à DR 4 – Parties E et F

## TCA (THROTTLE CONTROL ASSEMBLY) AIRBUS A350

Le sujet s'intéresse à l'optimisation de la conception et à l'industrialisation d'un constituant de pilotage d'un AIRBUS A350. Le système étudié, TCA (Throttle Control Assembly), ou manette des gaz, permet d'envoyer des informations de pilotage au calculateur chargé de commander le niveau de puissance des réacteurs et des inverseurs de poussée.



Cet équipement, particulièrement sensible et de haute sécurité, nécessite l'utilisation de technologies extrêmement fiables.

### MISE EN SITUATION



Manette des gaz  
(TCA)

Figure 1 : cockpit Airbus A350

### Utilisation de la manette

La manette TCA est composée d'un levier de commande TCL et d'un levier de commande reverse TCRL. La position du levier TCL permet au pilote de transmettre une consigne au calculateur, correspondant au mode de fonctionnement souhaité. Le pilote positionne manuellement la manette dans des crans, appelés points de détente, correspondant aux différents modes suivant :

- ToGA (takeoff go around), poussée de décollage et remise des gaz ;
- FLX (Flexible Takeoff), poussée réduite au décollage ;
- MCT (Maximum continus thrust), poussée maximum continue ;
- CL (Climb), poussée en montée ;
- A/thrust, autopoussée ;
- O, idle, position de ralenti.

La position du levier de commande reverse TCRL permet d'envoyer la consigne au calculateur d'inversion de la poussée des réacteurs. Ce levier ne peut être actionné que pour une position donnée du levier TCL.

Le calculateur gère ensuite la puissance fournie par les réacteurs. L'ensemble des commandes de l'airbus A350 étant électrique, il existe un découplage complet entre la commande et les organes de puissance. Par conséquent, pour assurer le confort d'utilisation au pilote, le TCA doit fournir un retour d'effort dont les caractéristiques seront données dans le cahier des charges.

## Contexte de la manette

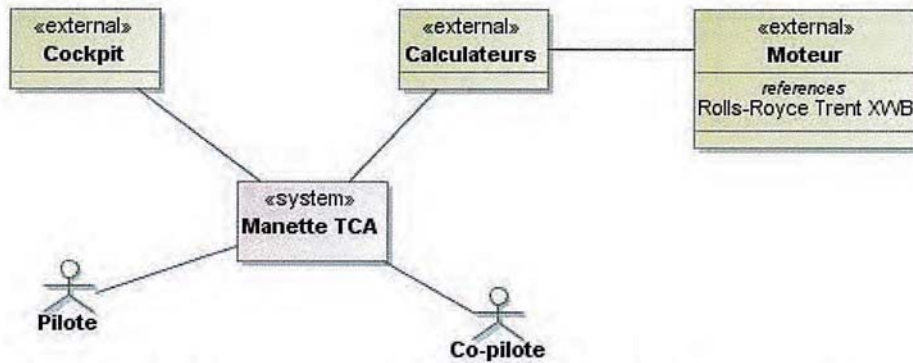


Figure 2 : diagramme exprimant le contexte de la manette

Le TCA se compose de deux manettes identiques de montage symétrique (côté pilote et côté co-pilote) permettant ainsi de doubler la chaîne de transmission (Figure 3).

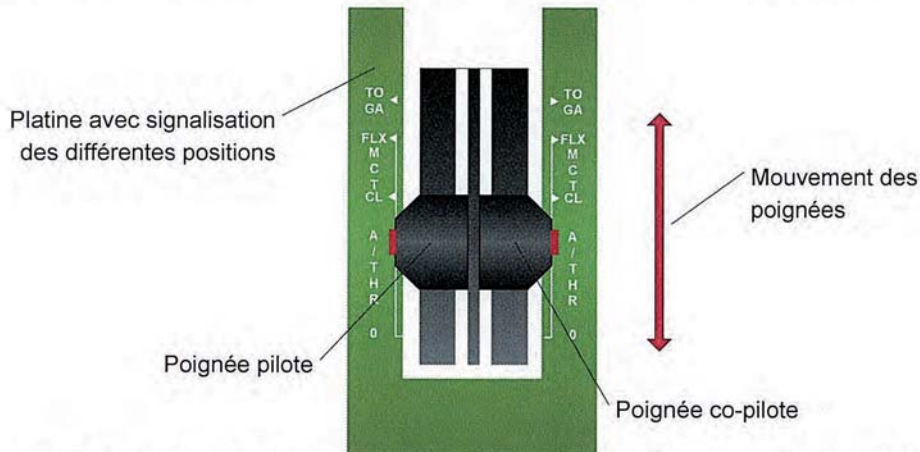


Figure 3 : schéma des différentes positions de la manette (TCA)

### Extrait du cahier des charges

La société en charge de la conception et de l'industrialisation du système doit proposer un produit garantissant la sécurité tout en satisfaisant les exigences des pilotes et ce, dans un objectif de poids minimal.



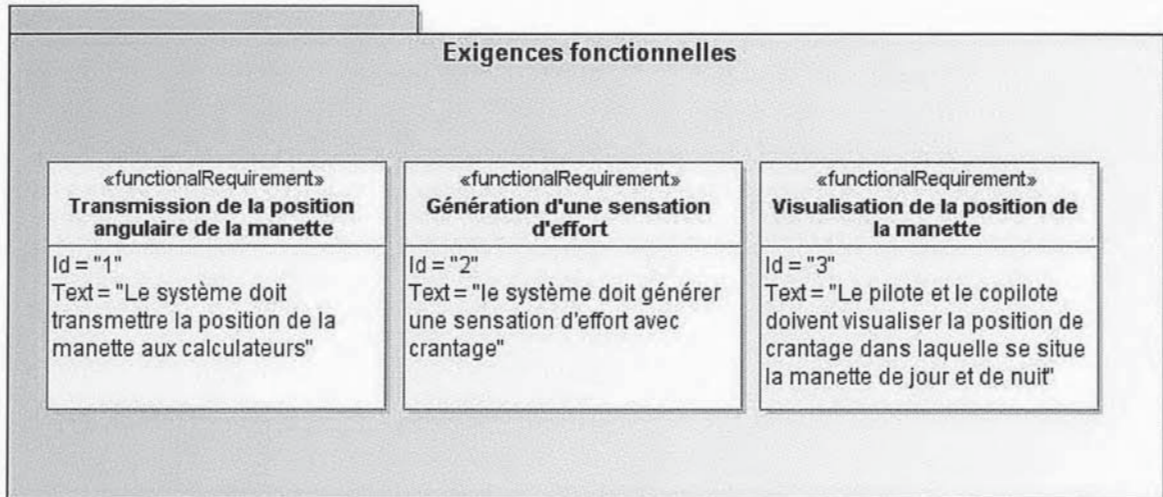


Figure 4 : extrait des exigences fonctionnelles

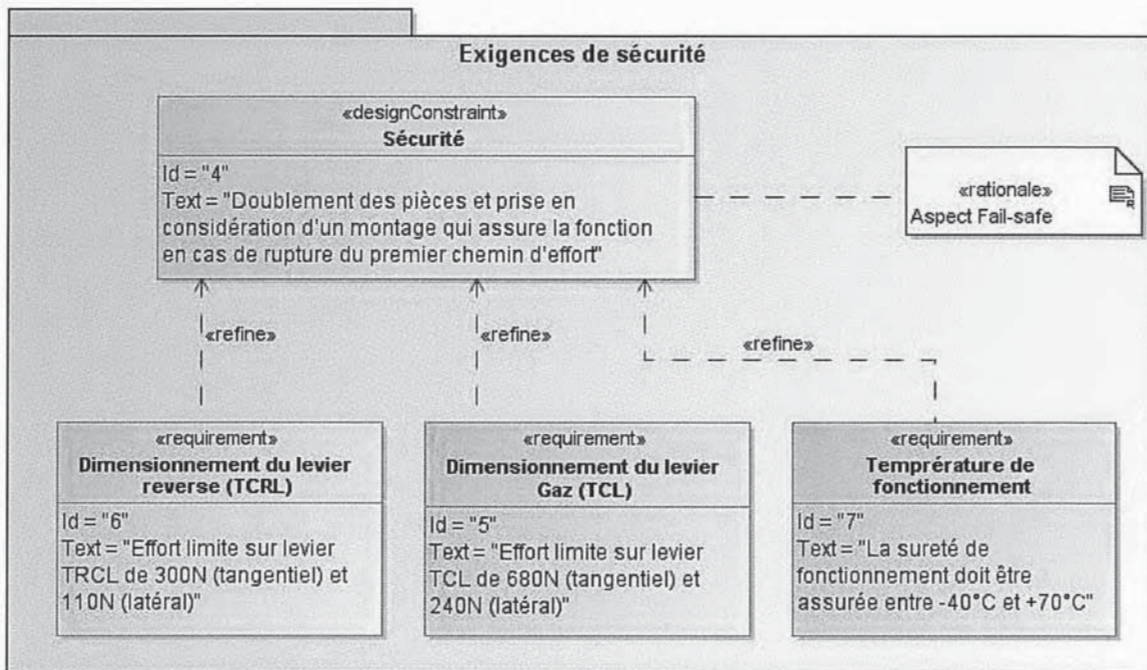


Figure 5 : extrait des exigences de sécurité

Le questionnement qui suit s'attache à évaluer de nouvelles solutions répondant à ce cahier des charges, puis à valider l'industrialisation d'une partie des solutions retenues toujours dans un objectif de gain en masse et en coût.

# 1. CHOIX D'UNE SOLUTION PERMETTANT DE SATISFAIRE L'EXIGENCE DE SENSATION D'EFFORT

Plusieurs évolutions de la solution 1 par frein magnétique (Documents DT0 1/2 et 2/2) sont envisagées dans la solution 2 par vérin à gaz (Document DT1) afin de réduire la masse du TCA tout en satisfaisant le cahier des charges et principalement la génération d'un effort résistant linéaire, nécessaire au confort du pilote.

Objectif : valider ou invalider la solution par vérin à gaz.

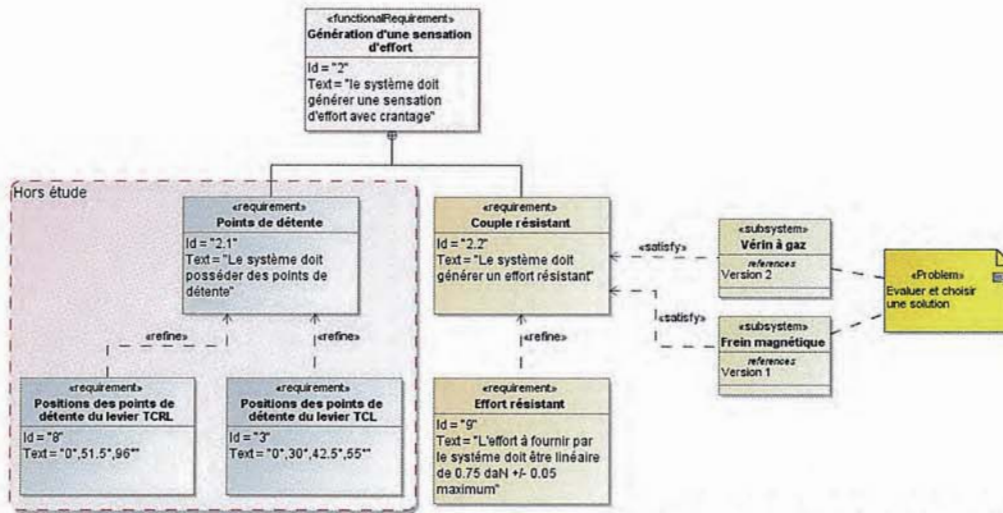


Figure 6 : décomposition de l'exigence « Génération d'une sensation d'effort »

## Solution 1 par frein magnétique

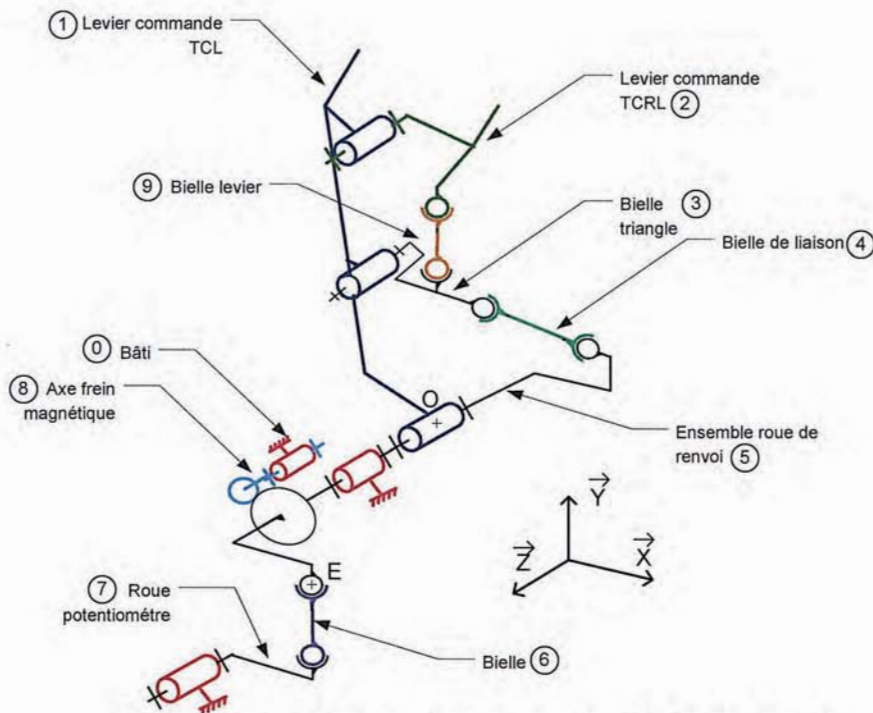


Figure 7 : schéma cinématique du TCA solution 1



### 1.1. Étude de la solution 1 par frein magnétique

Des vues 3D de la solution 1 sont données sur le document technique DT0.

**Question 1 :** décrire graphiquement la transmission de la puissance du levier TCL uniquement de la solution 1 par frein magnétique.

**Question 2 :** mettre en place le graphe des liaisons du TCA pour la solution 1 par frein magnétique à partir du schéma cinématique (Figure 7).

Le bureau d'étude d'AIRBUS impose pour ce type de système une construction isostatique.

**Question 3 :** vérifier si le modèle associé à la solution 1 par frein magnétique est conforme à cette exigence, en indiquant précisément la démarche et les hypothèses.

### 1.2. Étude de la solution 2 par vérin à gaz

Dans l'objectif de diminuer la masse du TCA le frein magnétique est remplacé par un vérin à gaz. Ce dernier est placé excentré sur la roue de renvoi et la roue potentiomètre (de manière identique à la bielle de la solution 1). Une vue en coupe de cette solution 2 est donnée sur le document technique DT1.

**Question 4 :** montrer que le modèle de liaisons rotules à chaque extrémité du vérin à gaz permet de conserver le degré d'hyperstatisme du TCA. Quels sont les éléments permettant de valider cette modélisation ?

Données :

$\beta = 7 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}^{-1}$  coefficient de compressibilité de l'air ;

z position du piston ;

H = 80 mm hauteur de la chambre maximale fixée au montage du vérin ;

S = 70 mm<sup>2</sup> section du vérin.

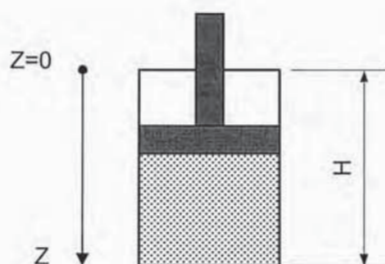


Figure 8 : paramétrage de la chambre d'air dans le vérin à gaz

L'étude cherche à vérifier la linéarité de l'effort résistant créée par le vérin à gaz à partir de la définition du coefficient de compressibilité  $\beta = -\frac{1}{V_z} \frac{dV}{dP}$  avec  $V_z$  volume occupé par le gaz pour chaque position z du vérin.

**Question 5 :** exprimer  $df$  l'effort du vérin pour une variation de volume  $dV$ . Exprimer ensuite  $\frac{df}{dz}$ , raideur du fluide, pour une position du piston  $z$  quelconque. La raideur est-elle constante ?

**Question 6 :** calculer la variation de raideur entre la position initiale ( $z = 0$ ) et la position  $z = 10$  mm. Conclure sur la solution par vérin à gaz en regard des exigences du cahier des charges.

## 2. ÉTUDE DE LA TRANSMISSION DE LA POSITION DE LA MANETTE AUX CALCULATEURS

Toujours dans le cadre d'une démarche de gain de masse, la solution 2 propose le remplacement des roulements par des paliers et des paliers par un contact direct à sec sans dégradation du cahier des charges.

*Objectif : valider ou invalider les solutions constructives proposées.*

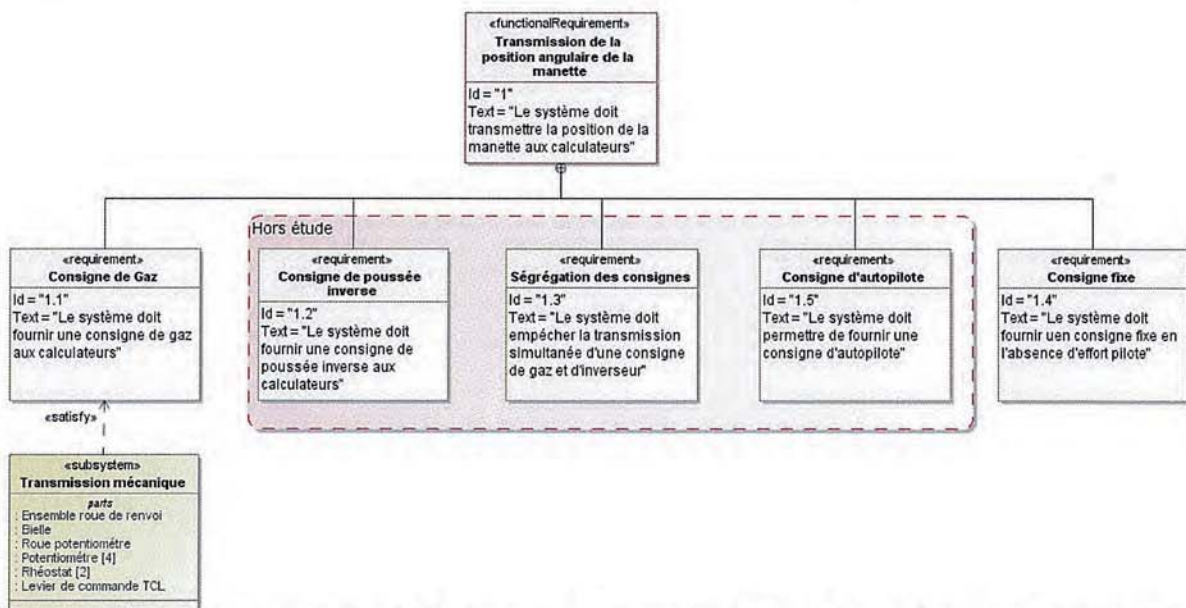


Figure 9 : décomposition de l'exigence "Transmission de la position angulaire de la manette"

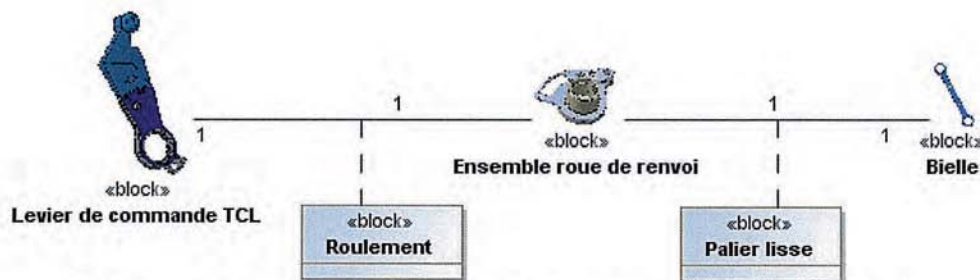


Figure 10 : solutions constructives des liaisons principales



## 2.1. Étude la liaison entre le levier de commande TCL et l'ensemble roue de renvoi

Cette liaison est réalisée par roulements dans la solution 1 et proposée par palier dans la solution 2.

Le torseur des efforts maximaux transmis par cette liaison est :

$$\{T(\text{levier} \rightarrow \text{roue renvoi})\} = \begin{Bmatrix} X_0 & L_0 \\ Y_0 & M_0 \\ Z_0 & N_0 \end{Bmatrix}_{0,R} = \begin{Bmatrix} -1458 & -47 \\ 5986 & -19 \\ -240 & 0 \end{Bmatrix}_{0,R} \text{ en N et N}\cdot\text{m, point O et repère}$$

R donnés Figure 7.

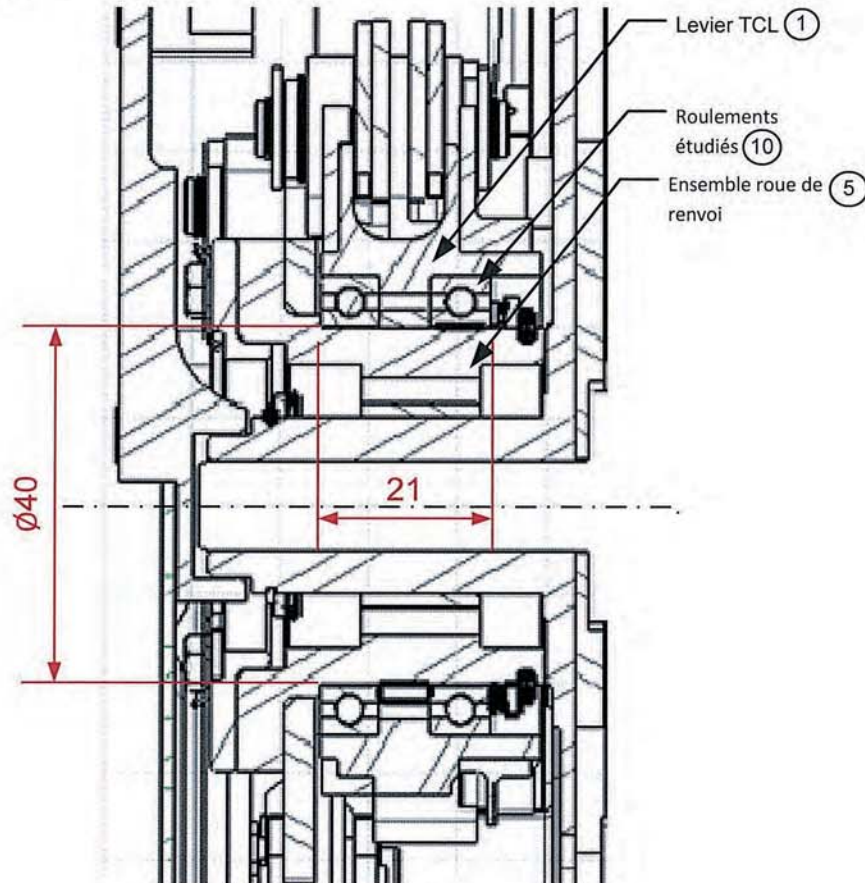
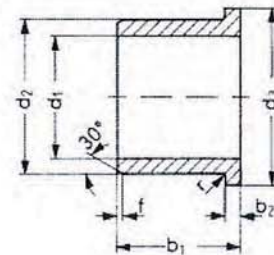


Figure 11 : vue en coupe liaison pivot Levier de commande TCL / ensemble roue de renvoi

Données :  
 Les paliers pré choisis sont de type à collerette et de dimensions :  
 $d_1=40\text{mm}$  ;  
 $d_2=46\text{ mm}$  ;  
 $d_3=52\text{ mm}$  ;  
 $b_1=10\text{mm}$ .



**Question 7** : préciser les conditions de montage des paliers, indiquer et justifier la forme du ou des torseurs des actions mécaniques transmises par le palier. Déterminer alors la pression diamétrale sur les paliers.

**Question 8 :** justifier le non dimensionnement en puissance aréolaire (critère PV).

**Question 9 :** calculer la pression sur la collerette.

**Question 10 :** conclure sur l'évolution de la solution de guidage en se référant aux données constructeurs des paliers lisses IGLIDUR Z ® de marque IGUS disponibles sur le document technique DT2.

## 2.2. Étude la liaison entre la bielle et l'ensemble roue de renvoi

Cette liaison est réalisée par palier lisse dans la solution 1 et proposée par contact direct à sec dans la solution 2.

Le torseur des efforts maximaux transmis par cette liaison est :

$$\{T(\text{roue renvoi} \rightarrow \text{bielle})\} = \begin{Bmatrix} X_E & L_E \\ Y_E & M_E \\ Z_E & N_E \end{Bmatrix}_{E,R} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -7520 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{E,R} \quad \text{en N et N}\cdot\text{m, point E et repère R}$$

donnés Figure 7.

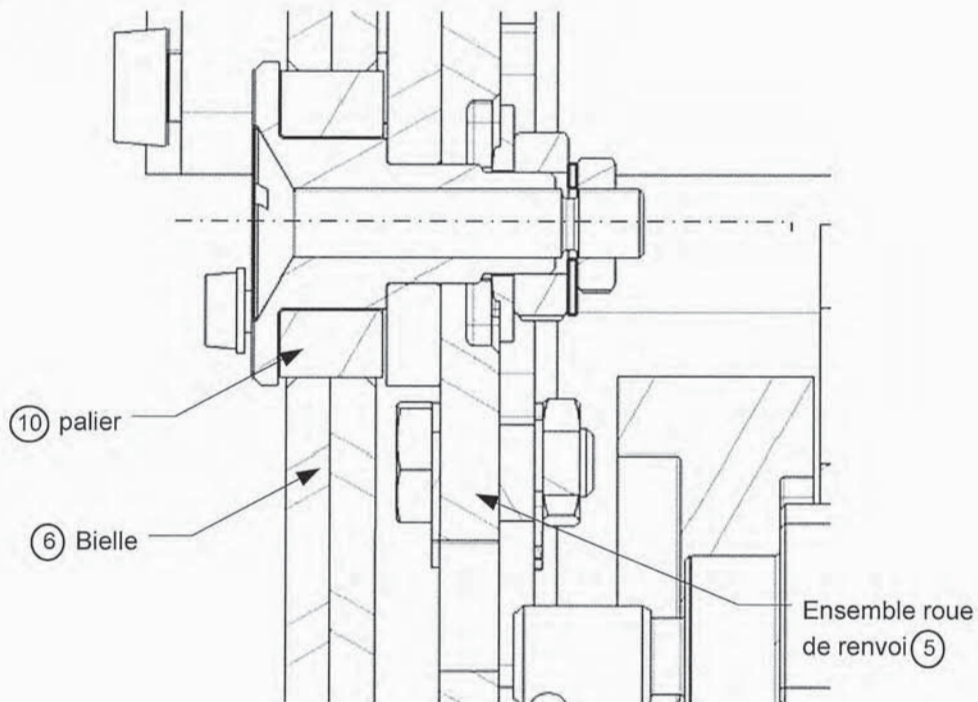
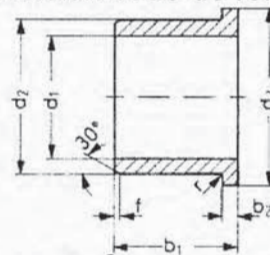


Figure 12 : vue de la liaison bielle / ensemble roue de renvoi

Les dimensions du palier actuel sont :  
 $d_1=12\text{mm}$  ;  
 $d_2=16\text{ mm}$  ;  
 $b_1=6\text{mm}$  ;  
 Matériau de la bielle : EN-AW 2618A  
 T61 (Document technique DT3)



Le modèle de répartition de pression retenu est en  $\cos^2$  (voir document technique DT4).



**Question 11** : en restant en système H pour l'écart de l'alésage et avec une qualité standard proposer un ajustement sur le diamètre de l'axe permettant d'avoir un montage avec jeu et un jeu maxi de 30  $\mu\text{m}$  (Voir le tableau d'écart et de qualité – document technique DT5). Justifier votre résultat par un croquis.

**Question 12** : compte tenu du jeu de la liaison, considérant un angle de portée de 180°, calculer la pression maximale  $P_M$ . Conclure sur la proposition de la solution 2 pour cette liaison.

### 2.3. Conception de la bielle

La bielle (document technique DT11 1/3) permet la transmission de mouvement entre l'ensemble roue de renvoi et la roue potentiomètre dans la solution 1. Cet élément est constitué de 2 pièces identiques (principe du FAIL SAFE) rivetées en alliage d'aluminium (document technique DT3) obtenues par usinage. L'aspect FAIL SAFE permet de préserver l'intégrité fonctionnelle du système en cas de défaillance d'un élément. Ainsi la fonction transmission des informations est toujours assurée en double même si la transmission des efforts est assurée par le second chemin d'efforts (manette copilote).

Le bureau d'étude propose d'optimiser la bielle dans la solution 1 afin d'en diminuer la masse.

**Question 13** : par un calcul simple de résistance des matériaux, déterminer le coefficient de sécurité retenu par le concepteur afin d'éviter toutes déformations irréversibles de la bielle au global, c'est-à-dire sans prise en compte des perçages des rivets.

**Question 14** : analyser le calcul par éléments finis du chargement de la bielle (voir DT6) et conclure sur une validation locale de la pièce.

**Question 15** : proposer une mise en données de la simulation par éléments finis permettant d'obtenir un résultat plus fiable au niveau des perçages pour le passage des rivets.

**Question 16** : conclure sur la modification possible de la section des bielles.

**Question 17** : en considérant les objectifs de conception et les contraintes, proposer une démarche structurée permettant d'aboutir au matériau répondant le mieux aux exigences.

**Question 18** : à l'aide du document réponse DR1, sélectionner le matériau répondant le mieux à l'application étudiée en fonction des critères proposés.

**Question 19** : déterminer la section de la bielle avec ce nouveau matériau en conservant le coefficient de sécurité.

**Question 20** : calculer le gain en masse. Conclure sur la pertinence du choix d'alliage d'aluminium.



### 3. INDUSTRIALISATION DE LA ROUE POTENTIOMÈTRE

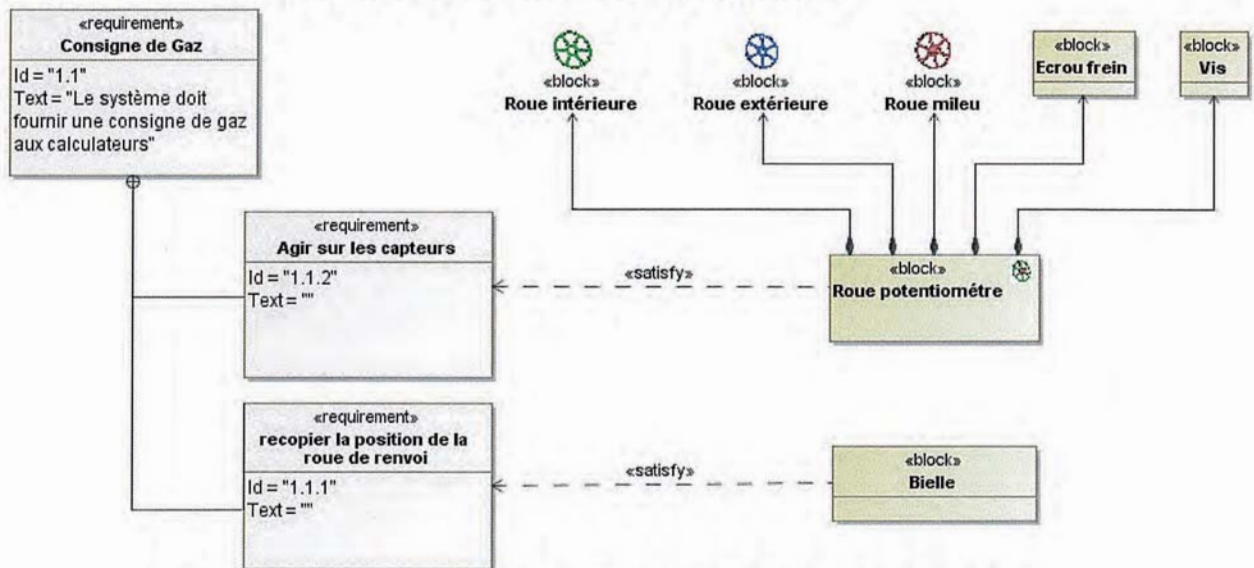


Figure 13 : décomposition de l'exigence « Consigne de gaz »

La roue potentiomètre agit sur les capteurs (potentiomètres et rhéostats), elle se compose de trois roues assemblées par vis et écrous.

#### 3.1. Réalisation de la roue milieu potentiomètre par usinage

Cette partie de l'étude porte sur la réalisation de la roue milieu du potentiomètre. Le programme de production est estimé à 300 pièces par an pendant 25 ans. Cet élément est constitué de parois minces, ce qui peut engendrer des problèmes de vibrations et de déformations permanentes lors de l'usinage.

La roue a été conçue pour être usinée en une seule phase sur centre d'usinage mixte. Le sous-traitant en charge de la validation de ce procédé d'obtention a retenu un centre d'usinage MORI SEIKI NTX 1000, dont les caractéristiques sont données sur le document technique DT7. Cette machine-outil est très compacte, ce qui laisse peu d'espace de mouvement entre les différentes broches. Il est donc nécessaire d'effectuer les vérifications d'encombrement lors du choix des différentes directions d'usinage afin d'éviter toute collision.

Le dessin de définition de la roue est donné sur le document technique DT11 (3/3). L'alésage permettant la liaison avec la bielle est exclu de cette étude.

**Question 21** : choisir une configuration du centre d'usinage permettant la réalisation de la pièce en 2 mises en position (2 sous-phases) et proposer un avant-projet d'étude de fabrication (document réponse DR2) en précisant toutes les informations nécessaires à la compréhension du processus et notamment les mises en position, les maintiens en position, les différentes directions d'usinage et les opérations d'usinages associées.

**Question 22** : proposer et justifier une stratégie d'usinage des évidements permettant de minimiser l'effort de coupe et les vibrations. À l'aide des documents techniques DT8 et DT9, choisir les outils et conditions de coupe. (Le rayon de raccordement minimal des évidements, non spécifié sur le dessin de définition est de 4 mm).



Pour la réalisation de la denture, le choix s'est porté sur une solution d'usinage avec un outil de coupe à plaquettes rapportées (documents techniques DT8 et DT9). Il est nécessaire de vérifier que cette opération ne provoquera pas de déformations sur la pièce usinée.

**Question 23** : déterminer les paramètres d'usinage dans le but de respecter un effort de coupe maximale de 500N. Conclure sur ce choix de stratégie d'usinage.

### 3.2. Évaluation des impacts environnementaux de la phase d'usinage

Dans un objectif de performance industrielle durable, le sous-traitant en charge de l'usinage de la roue potentiomètre souhaite évaluer les impacts environnementaux de la fabrication en considérant tout son cycle de vie. Un recueil de données a été effectué et l'unité fonctionnelle retenue est la fabrication d'une roue potentiomètre. Les impacts estimés dûs à l'usinage sont établis à partir de la norme ISO14955.

		Empreinte carbone (kg CO2 éq.)	Consommation énergie non renouvelable (MJ éq.)	Consommation de ressources (kg Sb éq.)
Extraction Production	Production de 1 kg Alliage aluminium neuf	11,917	160,06	0,07
	Production de 1 kg Alliage aluminium recyclé	0,418	7,38	0,00335
Fabrication	Enlèvement de 1 kg d'alliage d'aluminium sur centre d'usinage mixte	10,966	153,77	0,065497
Fin de vie	Recyclage 1 kg Alliage aluminium	-10,3	-144	-0,0628
Transport	Transport de 1 t par camion sur 1 km	0,10538	1,80	0,00078
	Transport de 1 t par fret ferroviaire sur 1 km	0,0395	0,712	0,000278
	Consommation 1kWh d'énergie électrique en France	0,10745	13	0,000715

Tableau 1 : données d'impacts environnementaux (Ecoinvent 2)

La roue est usinée dans le département des Bouches-du-Rhône. L'alliage d'aluminium neuf est élaboré en région parisienne et recyclé à proximité du site d'usinage :

- le transport entre le site de production d'aluminium et le site d'usinage se fait par fret ferroviaire sur une distance de 753 km ;
- le transport des copeaux d'aluminium entre le site d'usinage et le site de recyclage se fait par camion sur une distance de 73 km.

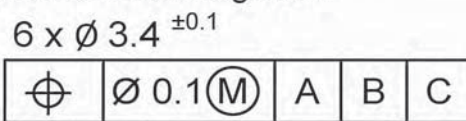
**Question 24** : représenter graphiquement, à partir de l'inventaire du cycle de vie, les flux et le périmètre d'étude. Calculer l'empreinte carbone, la consommation d'énergie non renouvelable et la consommation de ressources.

**Question 25** : proposer et justifier des voies d'amélioration permettant de minimiser ces impacts environnementaux.

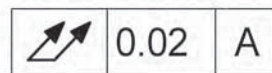
### 3.3. Métrologie

La conformité de la roue obtenue sera effectuée à l'aide d'une machine à mesurer tridimensionnelle.

**Question 26** : expliquer la tolérance de la spécification suivante et justifier, d'un point de vue fonctionnel, l'utilisation de cette exigence.

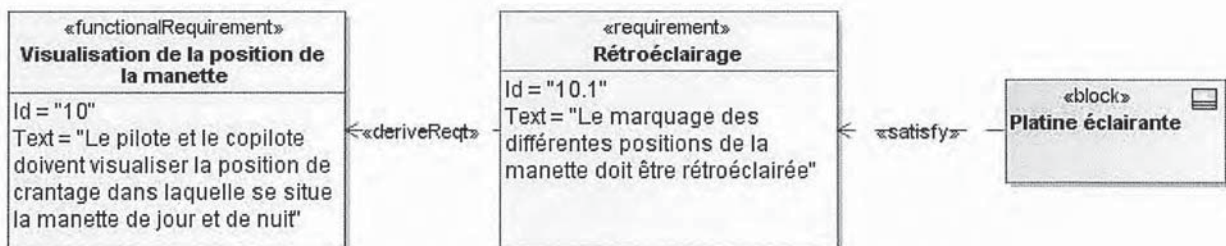


**Question 27** : sur le document réponse DR3, analyser et interpréter la spécification ci-dessous.



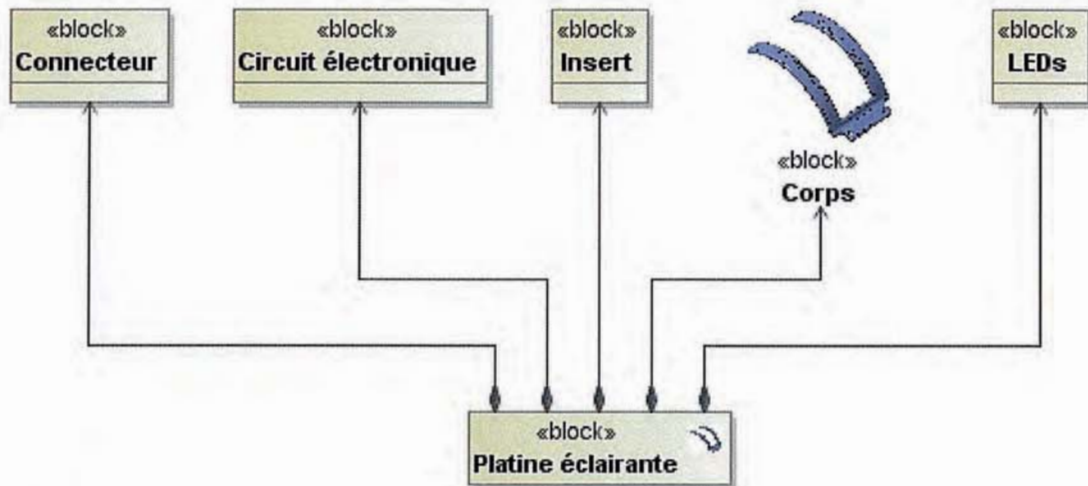
**Question 28** : rédiger les étapes successives, nécessaires à la vérification de cette spécification, à réaliser sur la machine à mesurer et son logiciel. Préciser les éléments palpés et construits.

## 4. INDUSTRIALISATION DU CORPS DE LA PLATINE ÉCLAIRANTE



Dans le but de valider les fonctions de la manette, le corps de la platine éclairante doit être prototypé pour être assemblé et testé. Le dessin de définition est donné sur le document technique DT11 (2/3).





**Question 29** : proposer un procédé de fabrication par ajout de matière permettant l'obtention de cet élément en listant les avantages et inconvénients.

Pour une validation au plus proche du réel, cette dernière ne peut être réalisée dans un matériau de prototypage, elle se doit d'être faite dans le matériau final. En conséquence, le procédé retenu pour la réalisation d'un prototype fonctionnel de la platine éclairante est la coulée sous vide sous pression différentielle. Cette phase de fabrication est suivie de la mise en place des inserts et d'opérations de finition et de peinture.

**Question 30** : énumérer les étapes du processus de mise en œuvre de ce procédé de réalisation en incluant la chaîne numérique. Préciser les matériaux pouvant être mis en œuvre.

**Question 31** : sur le document réponse DR 4, proposer un schéma de principe de l'outillage à réaliser.

**Question 32** : le matériau pré choisi est une résine époxy Transilux D180, les caractéristiques sont données sur le document technique DT10. Calculer les quantités de matières à préparer en considérant un volume pièce de  $70\,738\text{ mm}^3$ . Préciser les points de vigilance de mise en œuvre.

Conclure sur ce choix de matériau en regard du critère de masse maximale spécifié sur le dessin de définition.

## 5. SYNTHÈSE

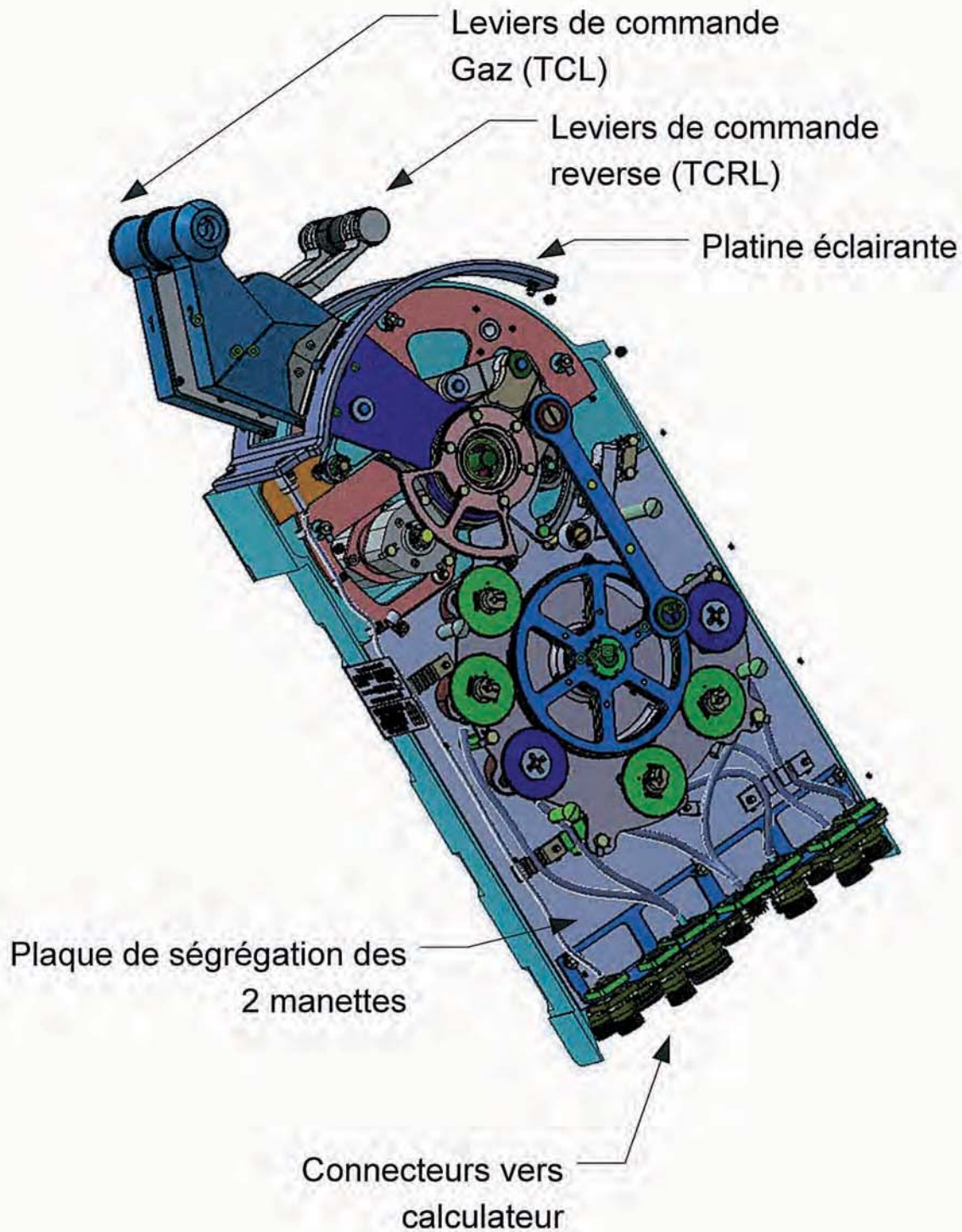
Les études menées dans ce sujet portent sur les éléments stratégiques du TCA. Les contraintes de conception aéronautique ont pour effet d'aboutir à des assemblages et des formes de pièces très optimisées, souvent complexes, qui justifient ces études de faisabilité. Néanmoins, les enjeux économiques et environnementaux actuels imposent toujours plus d'innovation.

**Question 33** : faire le point sur les évolutions possibles de la manette d'après l'ensemble des études menées précédemment en indiquant leur niveau d'impact et de risque. Proposer d'autres pistes d'améliorations envisageables.

# DOCUMENTS TECHNIQUES

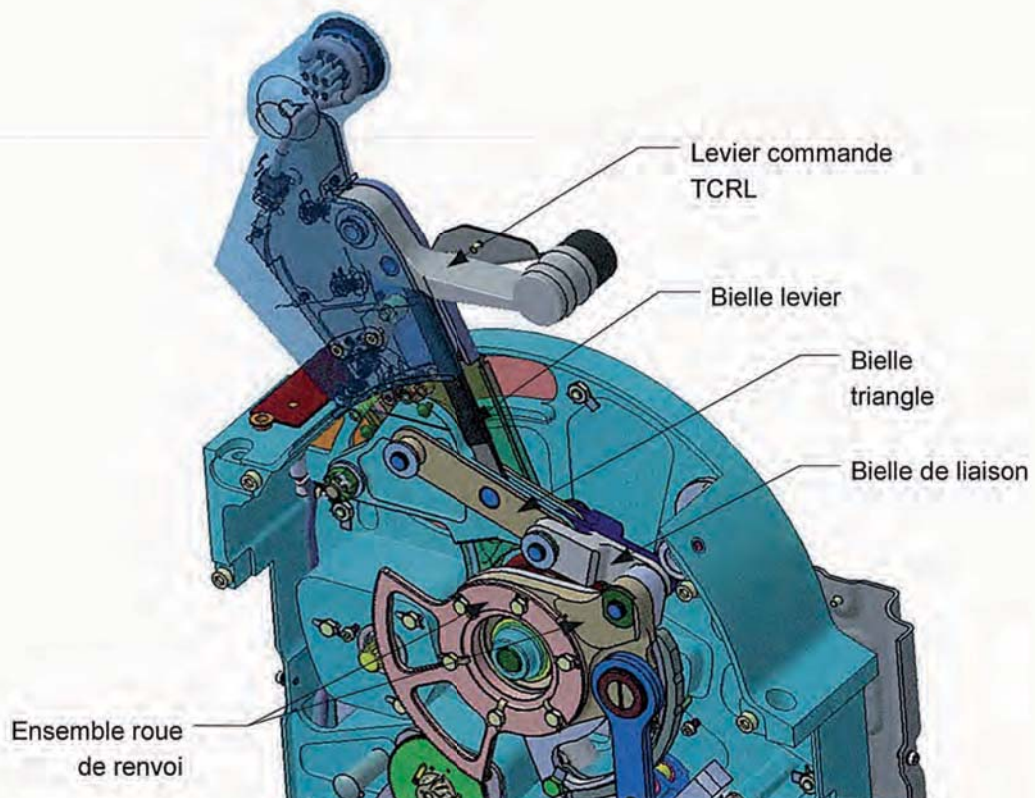
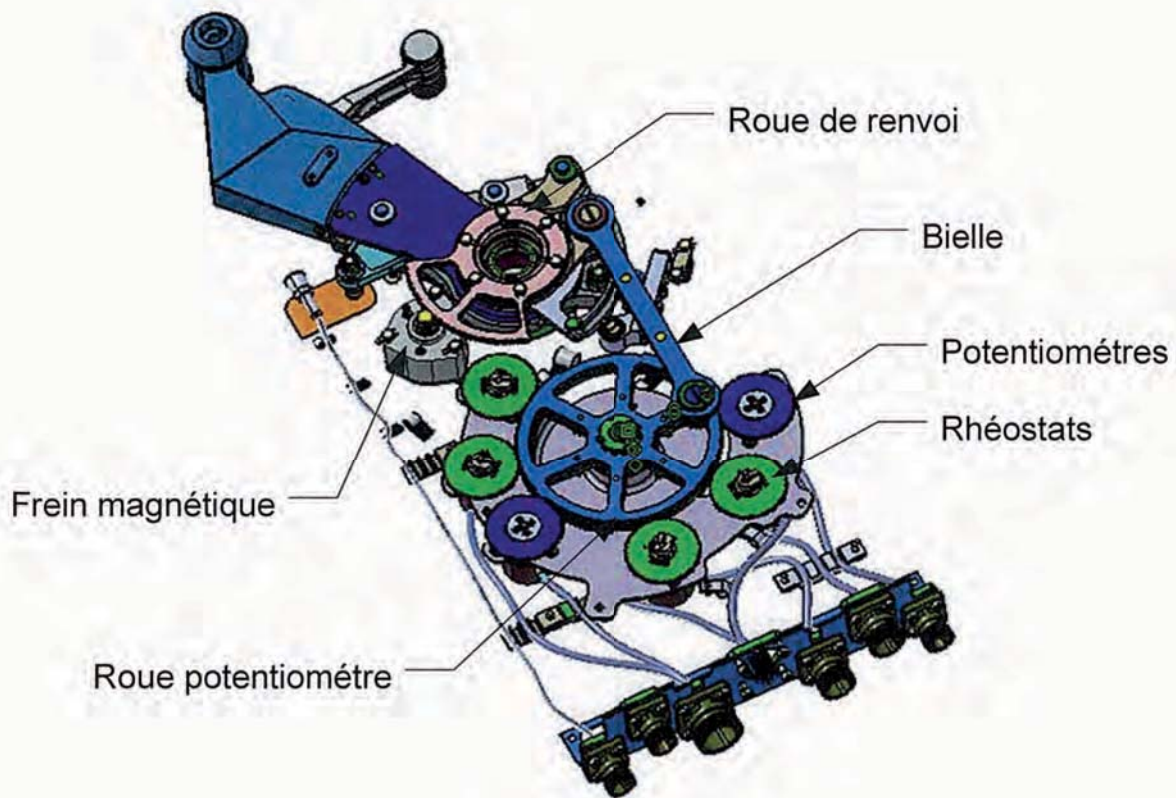
## DT0 : vues 3D du TCA solution 1 (solution par frein magnétique) (1/2)

Résultats de la phase de conception détaillée de la version 1 (frein magnétique)

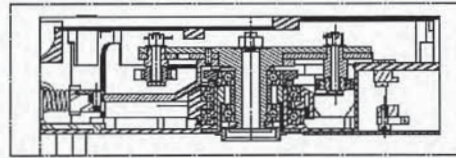




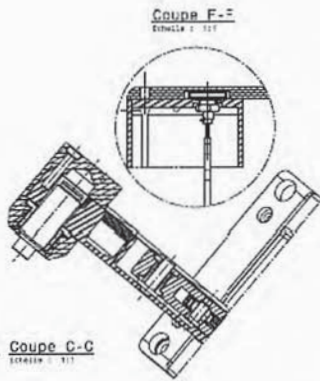
DT0 : vues 3D du TCA solution 1 (solution par frein magnétique) (2/2)



DT1 : plan d'ensemble du TCA solution 2 (solution par vérin à gaz)

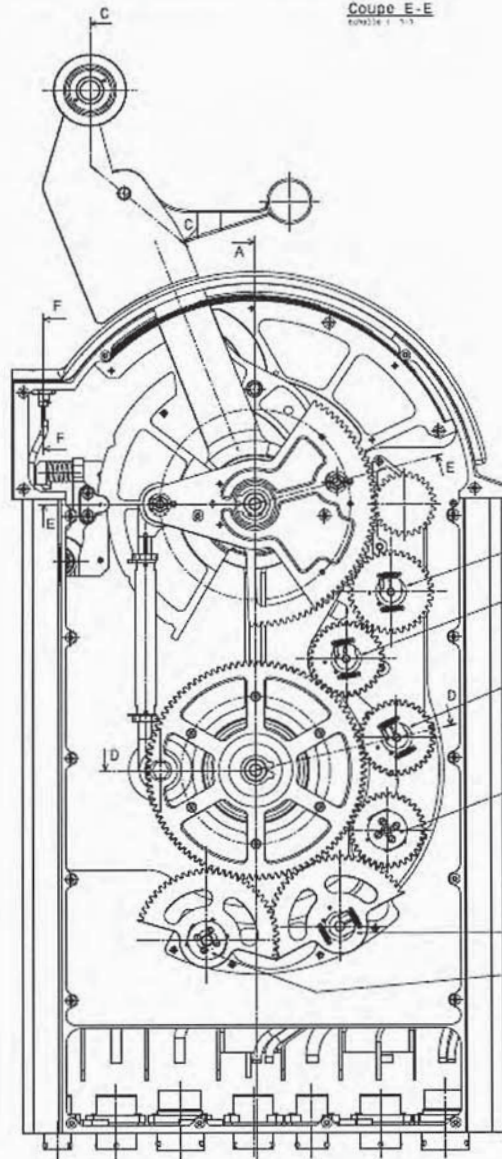


Coupe E-E  
Echelle : 1:1

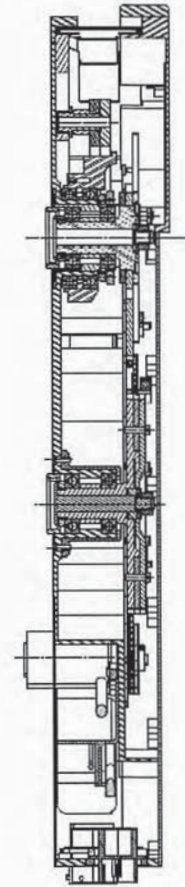


Coupe F-F  
Echelle : 1:1

Coupe C-C  
Echelle : 1:1

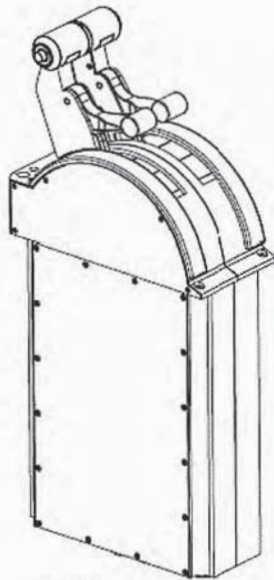


Coupe A-A  
Echelle : 1:1

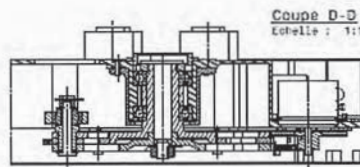


- Piston vérin droite 1
- Piston vérin simple 2
- Piston vérin simple 1
- Piston vérin droite 2
- Rotule 1
- Piston 2

Vi sans Couvertures



Vi sans Couvertures  
Echelle : 1:2



Coupe D-D  
Echelle : 1:1



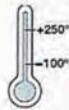


iglidur® Z | Le costaud

Gamme de produits



- 3 types
- > 50 cotes
- Ø 4-75 mm



Vitesse de glissement

[m/s]	Continue	Court terme
Rotatif	1,5	3,5
Oscillant	3	4
Linéaire	5	6

Index des prix



Les Paliers en iglidur® Z se font remarquer par leur résistance à la compression, allée à une élasticité élevée en combinaison avec des arbres tendres. Ils sont également insensibles aux charges de bord et aux chocs tout en résistant aux températures élevées jusqu'à 250°C.



La température de service en continu au niveau de la poutre de scellage d'une ensacheuse atteint souvent 160 °C, voire même plus. Les Paliers en iglidur® Z répondent à ces exigences, ils offrent en plus une excellente résistance à l'usure.



Sur cette application, les Paliers en iglidur® Z ont entraîné une réduction considérable des coûts, du fait qu'aucun entretien ne soit nécessaire pendant la saison. Les Paliers en iglidur® Z n'exigent ni contrôle des logements et des arbres, ni lubrification ultérieure. Avec pour autre avantage une réduction du poids.

**+** Dans quel cas choisir un iglidur® Z

- Pour les températures allant jusqu'à 250°C en service continu et jusqu'à 310°C à courte durée
- Pour les fortes pressions radiales à température élevée
- Pour les vitesses de glissement élevées
- Lors d'une charge de bord combinée à une pression de surface élevée
- Pour les applications à températures élevées

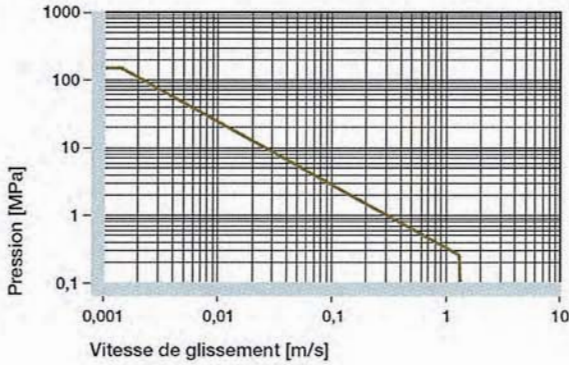
**-** Dans quels cas ne pas le choisir

- Pour les charges et les températures peu élevées
- ▶ iglidur® P (page 1.110)
- Lorsque vous recherchez un Palier universel peu coûteux
- ▶ iglidur® G (page 1.28)
- S'il vous faut un palier qui soit conducteur
- ▶ iglidur® F (page 1.86), iglidur® H (page 1.90), iglidur® H370 (page 1.102)

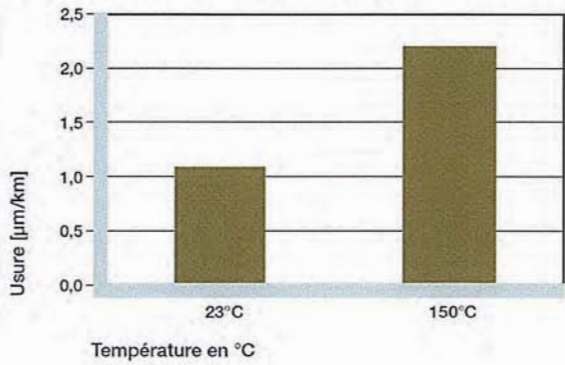
Tableau des matériaux

Propriétés générales	Unité	iglidur® Z	Méthode de vérification
Densité	g/cm <sup>3</sup>	1,40	
Couleur		brun	
Absorption maxi d'humidité à 23°C et 50% H.R.	% du poids	0,3	DIN 53495
Absorption maxi d'eau	% du poids	1,1	
Coefficient de frottement dynamique contre l'acier	μ	0,06-0,14	
Facteur p x v, maxi (à sec)	MPa x m/s	0,84	
<b>Propriétés mécaniques</b>			
Module d'élasticité transversale	MPa	2.400	DIN 53457
Résistance à la flexion à 20°C	MPa	95	DIN 53452
Résistance à la compression axiale	MPa	65	
Pression de surface statique admissible (20°C)	MPa	150	
Dureté Shore D		81	DIN 53505
<b>Propriétés physiques et thermiques</b>			
Température maxi d'emploi en continu	°C	250	
Température maxi d'emploi à courte durée	°C	310	
Température minimum d'emploi	°C	-100	
Conductivité thermique	W/m x K	0,62	ASTM C 177
Coefficient de dilatation thermique (23°C)	K <sup>-1</sup> x 10 <sup>-5</sup>	4	DIN 53752
<b>Propriétés électriques</b>			
Résistance spécifique	Ωcm	> 10 <sup>11</sup>	DIN IEC 93
Résistance superficielle	Ω	> 10 <sup>11</sup>	DIN 53482

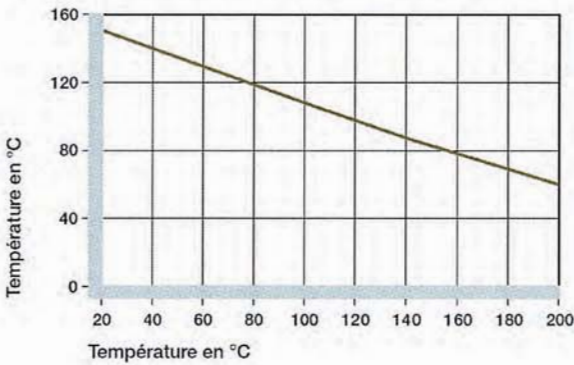
Facteurs p x v admissibles de l'iglidur® Z avec 1 mm d'épaisseur en fonctionnement à sec avec un arbre en acier à 20 °C



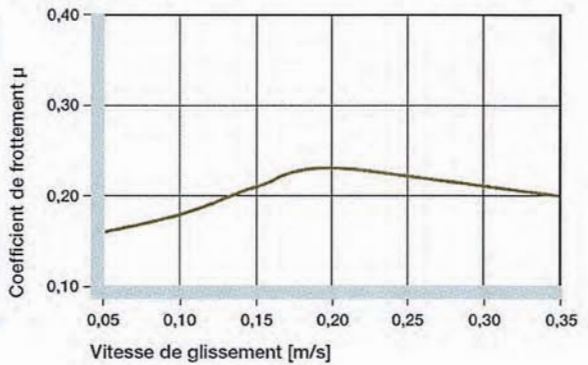
Usure de l'iglidur® Z, rotation à p = 0,75 MPa, v = 0,5 m/s, arbre en acier trempé Cf53



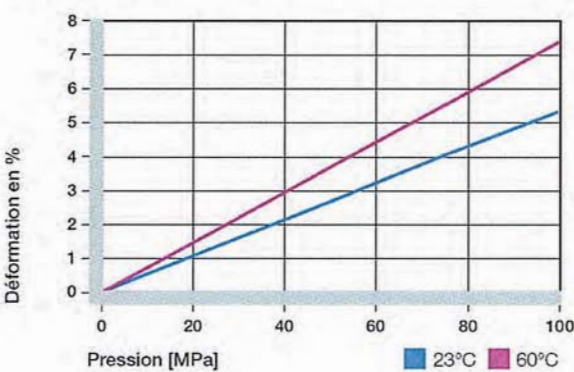
Pression de surface statique admissible recommandée en fonction de la température



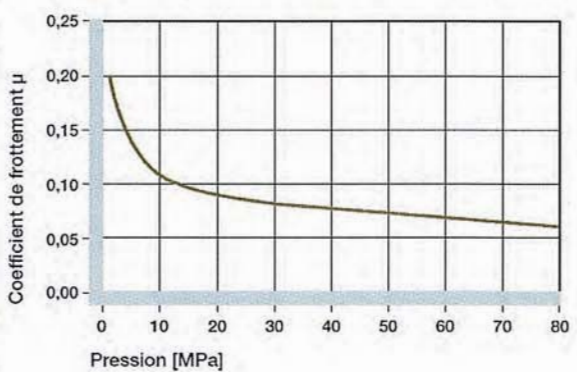
Coefficient de frottement de l'iglidur® Z en fonction de la vitesse de glissement, p = 0,75 MPa



Déformation de l'iglidur® Z soumis à des charges et à la température



Coefficient de frottement de l'iglidur® Z en fonction de la charge, v = 0,01 m/s







## DT4 : modèle dimensionnement liaison contact direct

Un modèle réaliste, dans le cas où le jeu dans la liaison n'est pas trop important, dit en «  $\cos^2$  », suppose que la pression s'établit progressivement sur un angle de portée  $2\theta_1$ . Cet angle est d'autant plus grand que la précision dans la réalisation de la liaison est bonne,  $2\theta_1$  tend alors vers  $180^\circ$ . La pression atteint son maximum au droit du support de N (charge radiale de la liaison) et vaut alors  $P_M$ .

Contact de longueur L sur un rayon r (diamètre d)

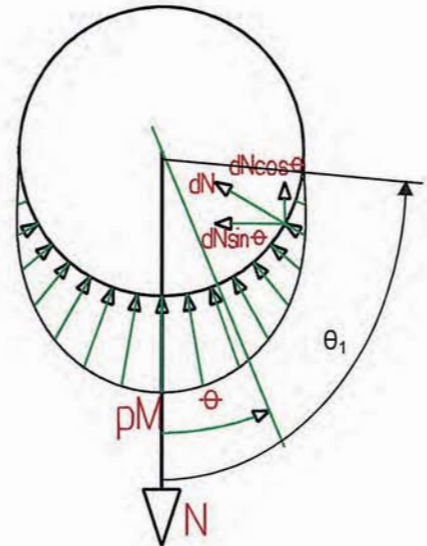
Angle de portée :  $2 \cdot \theta_1$

$$P(\theta) = P_M \cos^2 \theta$$

$$N = \int dN \cos \theta = \int P_M \cos^2 \theta \cdot r \cdot d\theta \cdot L \cdot \cos \theta$$

$$N = P_M \cdot r \cdot L \int_{-\theta_1}^{\theta_1} \cos^3 \theta$$

$$N = P_M \cdot r \cdot L \left[ \sin \theta - \frac{\sin^3 \theta}{3} \right]_{-\theta_1}^{\theta_1}$$

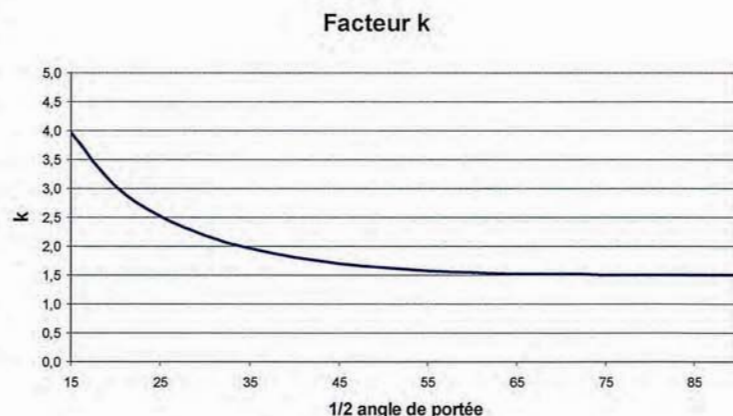


Soit exprimée en fonction de la pression diamétrale  $P_d = \frac{N}{Ld}$  :

$$P_M = P_d \frac{2}{\left[ \sin \theta - \frac{\sin^3 \theta}{3} \right]_{-\theta_1}^{\theta_1}} = k P_d$$

La pression maximale au contact est obtenue en multipliant la pression diamétrale par un facteur k. On peut rechercher la valeur de ce coefficient k en fonction de  $\theta_1$ , demi-angle de portée.

Le graphe ci-contre donne k pour un angle de portée variant entre  $30^\circ$  et  $180^\circ$ .



Angle de portée $2 \cdot \theta_1$	180	160	140	120	100	80	60	40	30
Facteur k	1,50	1,50	1,51	1,54	1,62	1,80	2,18	3,04	3,95



## DT5 : tableau des écarts fondamentaux et intervalles de tolérances

Tableau des écarts fondamentaux en  $\mu$  (Extrait)

$\Phi$	ARBRES										ALESAGES									
	Ecart sup. (Es)				Ecart inf. (Ei)						Ecart inf (Ei)			Ecart supérieur (Es)						
	e	f	g	h	k <sup>3</sup>	m	n	p	r	s	F	G	H	K <sup>1</sup>	M	P <sup>2</sup>	$\Delta$			
<3	-14	-6	-2	-0	+0	+2	+4	+6	+10	+14	+6	+2	+0	0	-2	-2	-6	0	0	0
>3	20	-10	-4	-0	+0	+4	+8	+12	+15	+19	+10	+4	+0	-1	-4	-4	-12	3	4	6
>6	-25	-13	-5	-0	+0	+6	+10	+15	+19	+23	+13	+5	+0	-1	-6	-6	-15	3	6	7
>10	-32	-16	-6	-0	+0	+7	+12	+18	+23	+28	+16	+6	+0	-1	-7	-7	-18	3	7	9
>18	-40	-20	-7	-0	+0	+8	+15	+22	+28	35	+20	+7	+0	-2	-8	-8	-22	4	8	12
>30	-50	-25	-9	-0	+0	+9	+17	+26	+34	+43	+25	+9	+0	-2	-9	-9	-26	5	9	14
>50	-60	-30	-10	-0	+0	+11	+20	+32	+41	+53	+30	+10	+0	-2	-11	-11	-32	6	11	16
>65									+43	+59										
>80	-72	-36	-12	-0	+0	+13	+23	+37	+51	+71	+36	+12	+0	-3	-13	-13	-37	7	13	19
>100									+54	+79										

- Pour les cases grisées, l'écart est la somme de la case et du delta
- la qualité Js(alésage) et js (arbre) réparti l'écart limite à +/- IT / 2

### Intervalles de tolérance fondamentaux : IT (en $\mu$ )

Qualité Diamètre	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<3	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
>3 à 6	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
>6 à 10	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
>10 à 18	11	18	27	43	70	110	185	270	430	700	1100
>18 à 30	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
>30 à 50	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
>50 à 80	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
>80 à 120	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200


<sup>1</sup> Les écarts valent 0 pour les qualités > 8

<sup>2</sup> La colonne serait grisée pour les qualités < 8

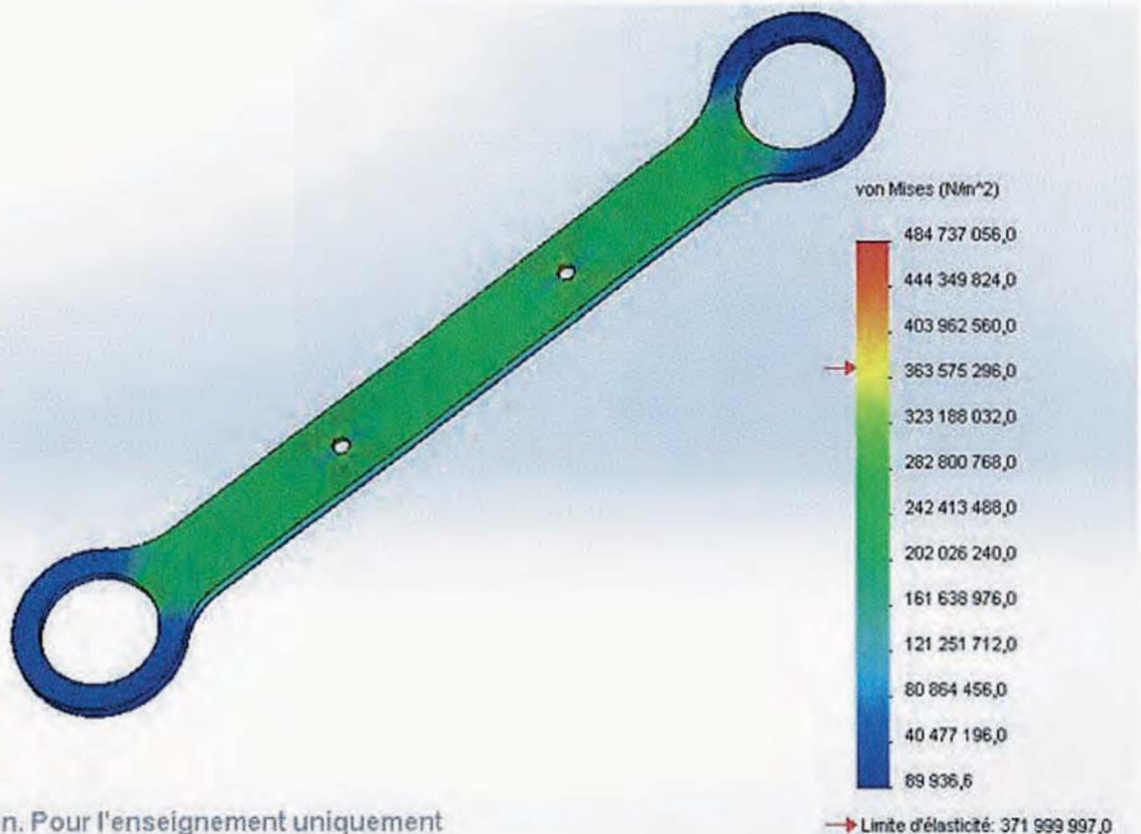
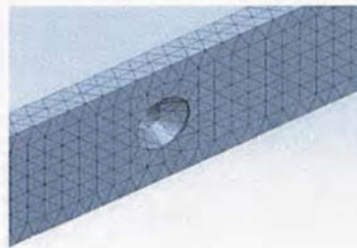
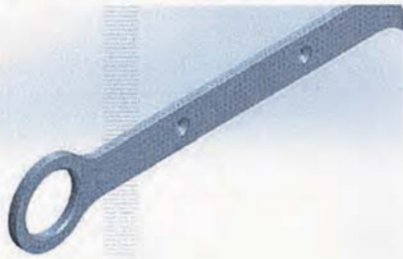
<sup>3</sup> Sauf pour qualités 4 à 7

## DT6 : résultat de la simulation par éléments finis d'une demi-bielle

Nom du déplacement imposé	Image du déplacement imposé	Détails du déplacement imposé
Pivot fixe-1		Entités : 1 face(s) Type : Pivot fixe

Nom du chargement	Image du chargement	Détails du chargement
Chargement de palier-1		Entités : 1 face(s) Force Valeurs : 3 760 N

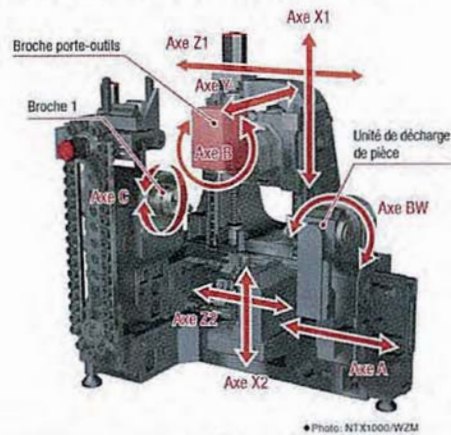
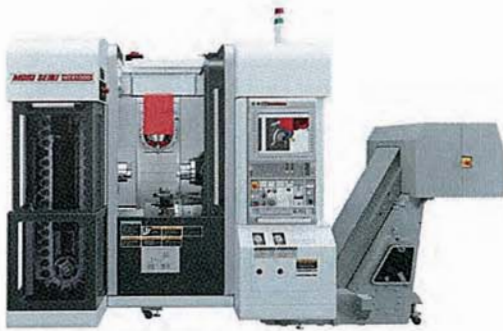
Type de maillage	Maillage volumique
Points de Jacobien	4 Points
Taille d'élément	1,67316 mm
Tolérance	0,0836579 mm
Qualité de maillage	Haute



Version Education. Pour l'enseignement uniquement

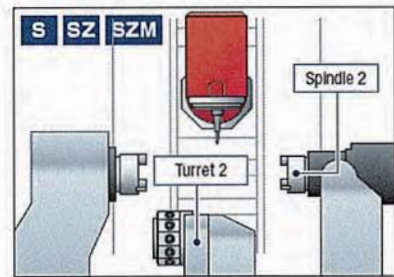
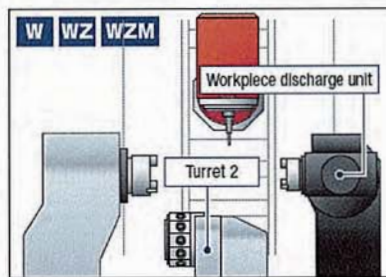
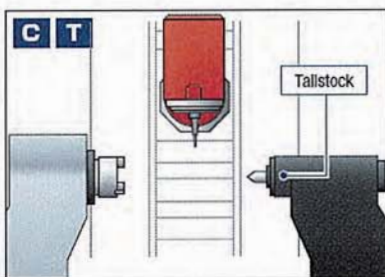


## DT7 : centre d'usinage mixte MORI SEIKI NT 1000 1/2



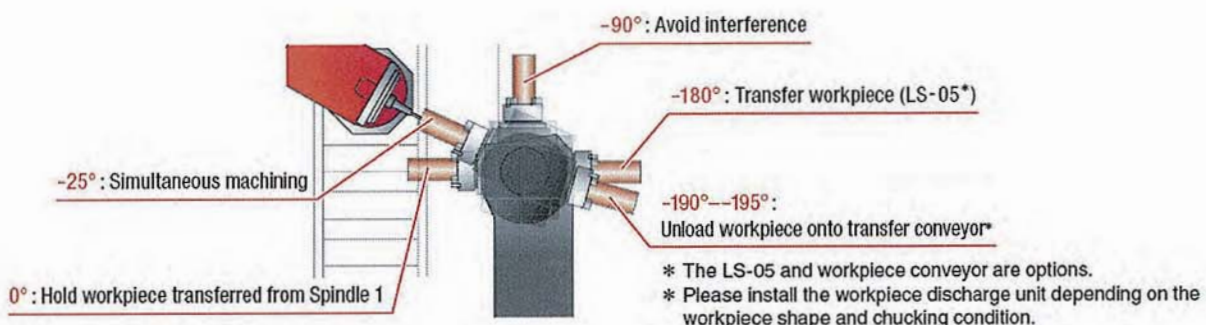
• Photo: NT1000/WZM

Diamètre de tournage (max. mm)	Ø 370
Longueur d'usinage maxi. (max. mm)	400
Passage en barre (mm)	Ø 52
Course (Axe X) (mm)	380
Course (Axe Y) (mm)	210
Course (Axe Z) (mm)	480
Vitesse rotation broche 1 et 2 (max. tour/min)	5 500
Vitesse rotation broche porte outils (max. tour/min)	12 000
Nombre maxi. d'outils	38
Avances rapides (mm/min)	X, Y: 40 000 Z: 50 000
Moteur de broche (kW)	11
Encombrement (mm)	2 425 × 2 705

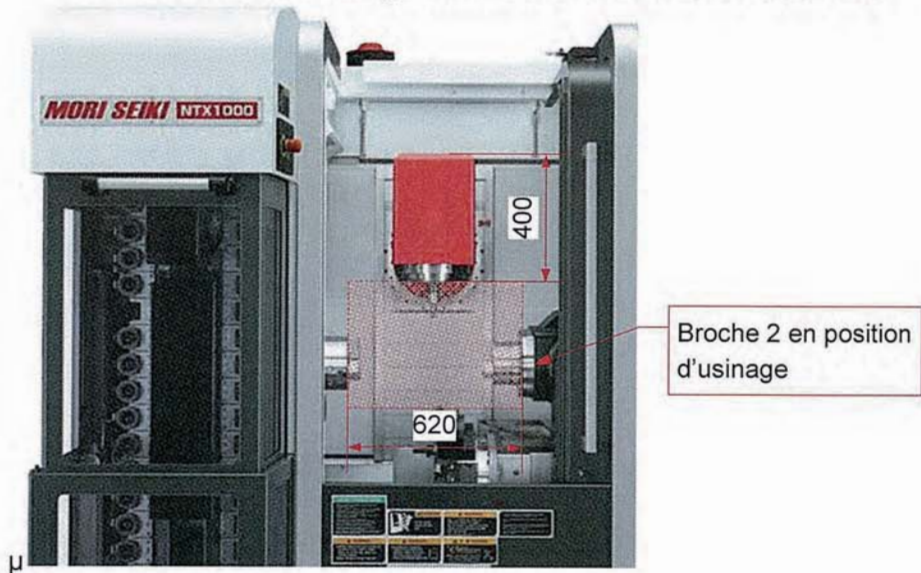


● : Standard features    × : Not available

Specifications	C	T	W	WZ	WZM	S	SZ	SZM
Tool spindle/ Spindle 1	●	●	●	●	●	●	●	●
Workpiece discharge unit	×	×	●	●	●	×	×	×
Spindle 2	×	×	×	×	×	●	●	●
Turret 2	×	×	×	●	●	×	●	●
Turret 2 (Milling)	×	×	×	×	●	×	×	●
Tallstock	×	●	×	×	×	×	×	×

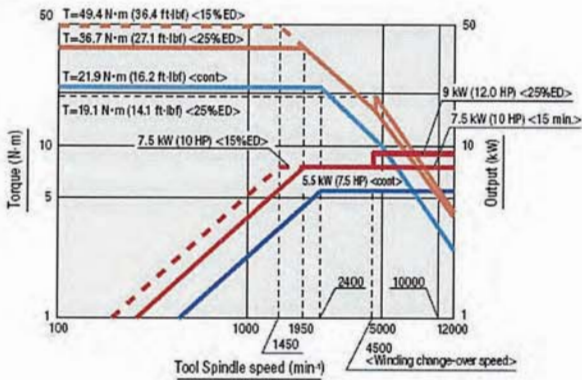


# DT7 : centre d'usinage mixte MORI SEIKI NT 1000 2/2



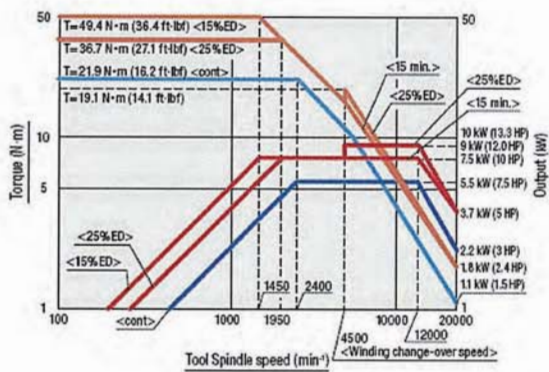
## Tool spindle (Standard)

Spindle drive motor: 9/5.5 kW (12.0/7.5 HP) <25%ED/cont>  
Max. spindle speed: 12,000 min<sup>-1</sup>



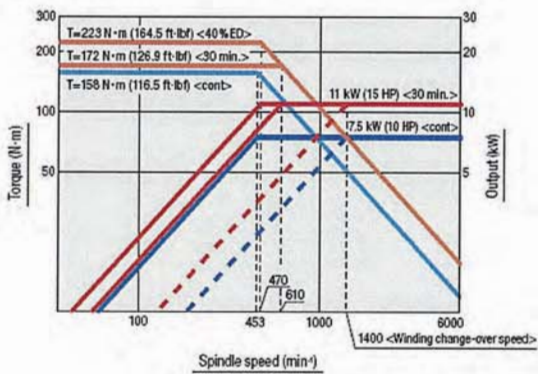
## Tool spindle (High-speed) OP

Spindle drive motor: 9/5.5 kW (12.0/7.5 HP) <25%ED/cont>  
Max. spindle speed: 20,000 min<sup>-1</sup>



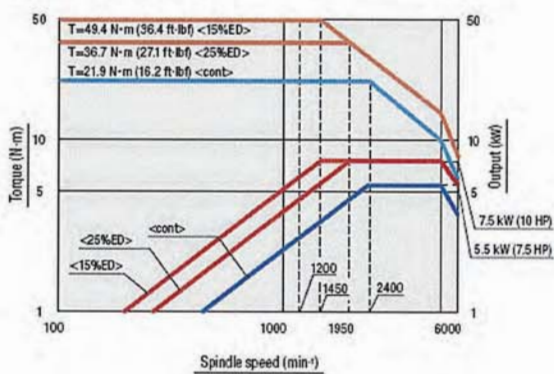
## Spindle 1

Spindle drive motor: 11/11/7.5 kW (15/15/10 HP) <40%ED/30 min./cont>  
Max. spindle speed: 6,000 min<sup>-1</sup>



## Spindle 2

Spindle drive motor: 7.5/5.5 kW (10/7.5 HP) <25%ED/cont>  
Max. spindle speed: 6,000 min<sup>-1</sup>





# DT8 : documents d'outillage de coupe (1/2)

## GEAR MILLING

### Plaquettes pour le Gear Milling

UT Style

UT Style

UT Style

**\* L2 est livré avec les plaquettes. Utilisez le LP pour le set-up de la machine.**

### Le concept VARDEX

Le tableau détaillé ci-dessous décrit le concept de VARDEX pour le Gear Milling.

Selon l'application demandée par le client, VARDEX va créer et livrer des plaquettes en concordance à un module/DP spécifique et seule ainsi que le nombre exacte de dents utilisés sur la pièce.

Exemple: Pour produire 2 engrenages avec des modules de 1.5 et 2, deux plaquettes différentes sont nécessaires.

### Plaquettes pour l'engrenage, le pignon et la crémaillère

Toutes les plaquettes sont spéciales selon l'application du client

Eventail d'engrenage	Gamme de pignon		Gamme de crémaillère		Plaque	Porte-outil
	Module	Pas	Module	Pas		
0.2-1.0	0.5-1.25	40/96, 40/80, 37/64, 24/48	0.2-1.0	26-128	IC L mm	Arête de coupe
					1/4"U	11 3
						GMES 25W32-50-2U 21SL, GMD125 D06-22-2U 21SL
						5, 9

### Porte-outil - Queue Weldon pour IC 1/4"U

3 arêtes de coupe

**\* Images seulement pour l'illustration, les valeurs réelles D2 et D1 sont livrées avec le porte-outil.**

### Pour engrenage, pignon et crémaillère

Taille de plaque coupe	Arête de coupe	Codification	Dimensions (mm)					Pièces détachées		
IC	L	U	L2	D	D1	D2	Z	Nombre de dents		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)				
1/4"U	3	GMES 25W32-50-2U 21SL	113	51	48	25	31	32	5	    

\* La valeur L2 est seulement pour référence pour le set-up de la machine utilisez LP (voir page 4)

## Nuances, vitesses de coupe Vc [m/min] et avances f [mm/dent] recommandées

Groupe de Matière	Vardex No.	Matière	Dureté Brinell HB	Vc [m/min]		Avance f [mm/dent]
				VBK		
<b>P</b>	1	Carbone faible (C<0.1-0.25%)	125	100-200	0.20-0.32	
	2	Acier non allié	150	100-180	0.20-0.32	
	3	Carbone moyen (C=0.25-0.55%)	170	100-170	0.15-0.23	
	4	Carbone haut (C=0.55-0.85%)	180	60-90	0.15-0.28	
	5	Non traité	275	80-150	0.15-0.28	
	6	Acier faiblement allié (contenus d'alliage <5%)	350	70-140	0.15-0.25	
	7	Acier fortement allié (contenus d'alliage >5%)	200	60-130	0.15-0.22	
	8	Tréfilé	325	70-110	0.13-0.21	
<b>M</b>	9	Acier ha tement allié (contenus d'alliage >5%)	200	100-170	0.15-0.22	
	10	Acier coulé	225	70-120	0.12-0.22	
	11	Forment allié (contenus d'alliage >9%)	200	100-170	0.15-0.22	
	12	Non traité	330	100-170	0.16-0.23	
	13	Acier inoxydable ferritique	180	70-140	0.15-0.25	
	14	Acier inoxydable austénitique	200	70-140	0.12-0.20	
	15	Trés austénitique	200	70-140	0.16-0.24	
	16	Non traité	330	70-140	0.12-0.20	
	17	Acier inoxydable & fonte ferritique	200	70-120	0.15-0.22	
	18	Acier inoxydable & fonte austénitique	330	70-120	0.12-0.20	
<b>K</b>	19	Fonte ma léable	130	60-120	0.16-0.24	
	20	Ferritique (copeaux courts)	290	60-120	0.15-0.22	
	21	Perlitique (copeaux longs)	180	60-130	0.15-0.22	
	22	A faible résistance	260	60-100	0.15-0.22	
	23	A haute résistance	160	60-125	0.10-0.20	
	24	Ferritique	260	50-90	0.15-0.22	
	25	Perlitique	60	100-250	0.30-0.50	
	26	Non Vieilli	100	100-180	0.28-0.50	
<b>N(K)</b>	27	Alliages aluminium forgé	75	150-400	0.28-0.50	
	28	Vieilli	90	150-280	0.25-0.40	
	29	Fondu & vieilli	130	80-150	0.28-0.50	
	30	Coulé	90	120-210	0.30-0.50	
	31	Alliages aluminium	100	120-210	0.28-0.50	
	32	Vieilli (à base de fer)	200	20-45	0.09-0.15	
	33	Vieilli (à base de Ni)	280	20-30	0.07-0.13	
	34	Vieilli (à base de Cr)	250	15-20	0.08-0.15	
<b>S(M)</b>	35	Acier ha tement allié (contenus d'alliage >5%)	400Hm	70-140	0.07-0.13	
	36	Acier ha tement allié (contenus d'alliage >5%)	1050Hm	20-50	0.07-0.13	
	37	Acier ha tement allié (contenus d'alliage >5%)	45-50HRC	15-45	0.05-0.12	
	38	Acier ha tement allié (contenus d'alliage >5%)	51-60HRC	15-40	0.05-0.12	
	39	Acier ha tement allié (contenus d'alliage >5%)				
	40	Acier ha tement allié (contenus d'alliage >5%)				
	41	Acier ha tement allié (contenus d'alliage >5%)				
	42	Acier ha tement allié (contenus d'alliage >5%)				
<b>H(K)</b>	43	Acier extra dur				
	44	Acier extra dur				
	45	Acier extra dur				
	46	Acier extra dur				
	47	Acier extra dur				
	48	Acier extra dur				
	49	Acier extra dur				
	50	Acier extra dur				

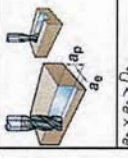
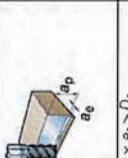
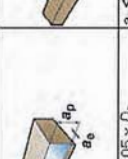


# DT8 : documents d'outillage de coupe (2/2)

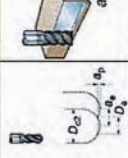
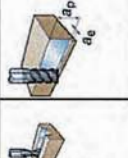


Nuances recommandées

ISO **P M K**

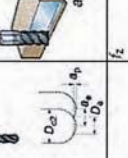
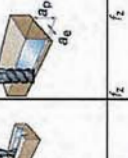
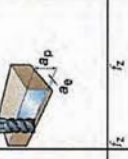

ISO **N**

ISO	MC	CMC	HB	HRC	 $a_p \times a_p > D_c$		 $a_p \leq 0.05 \times D_c$		 $a_p \leq 0.05 \times D_c$ or $D_{c2}$ $a_p \leq 0.05 \times D_c$ or $D_{c2}$	
					$V_c$ m/min	$V_f$ pieds/min	$V_c$ m/min	$V_f$ pieds/min		$V_c$ m/min
P	P1.1.Z.AN	01.1	125	155	510	200	375	1230	690	2280
	P1.2.Z.AN	01.2	150	135	440	185	340	1120	630	2070
	P1.3.Z.AN	01.4	200	120	390	140	255	840	470	1540
	P2.5.Z.HT	02.2	250	100	330	130	245	800	450	1480
	P2.5.Z.HT	02.2	300	90	300	120	220	720	410	1350
	P3.0.Z.HT	03.22	400	75	250	95	180	590	335	1100
	P3.0.Z.HT	03.22	450	65	210	85	160	520	300	960
	P5.0.Z.AN	05.11	200	60	200	90	165	540	300	960
	M1.0.Z.AQ	05.21	200	60	200	75	145	480	270	890
	M3.1.Z.AQ	05.51	230	45	150	55	110	360	200	660
K	K3.3.C.UT	09.2	200	135	440	180	330	1080	610	2000
	K2.1.C.UT	08.1	180	100	330	130	240	790	440	1440
N	N1.3.C.AG	30.22	90	1000	3280	1100	1250	4100	1300	4270
	S2.0.Z.AG	20.22	350	50	165	60	195	100	330	150
S	S4.3.Z.AG	23.22	350	70	230	80	260	160	525	300
	H1.3.Z.HA	04.1	50	55	180	80	260	160	525	300
H	H1.3.Z.HA	04.1	55	-	180	55	180	180	180	180
	H1.3.Z.HA	04.1	80	-	130	40	130	130	130	130

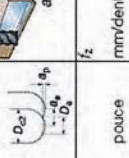


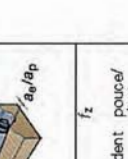
Avances recommandées

ISO	MC	CMC	HB	HRC	 $a_p \times a_p > D_c$	 $a_p \leq 0.05 \times D_c$	 $a_p \leq 0.05 \times D_c$ or $D_{c2}$ $a_p \leq 0.05 \times D_c$ or $D_{c2}$	 $a_p \leq 0.05 \times D_c$ or $D_{c2}$ $a_p \leq 0.05 \times D_c$ or $D_{c2}$		
									$V_c$ m/min	$V_f$ pieds/min
P	P1.1.Z.AN	01.1	125	155	510	200	375	1230	690	2280
	P1.2.Z.AN	01.2	150	135	440	185	340	1120	630	2070
	P1.3.Z.AN	01.4	200	120	390	140	255	840	470	1540
	P2.5.Z.HT	02.2	250	100	330	130	245	800	450	1480
	P2.5.Z.HT	02.2	300	90	300	120	220	720	410	1350
	P3.0.Z.HT	03.22	400	75	250	95	180	590	335	1100
	P3.0.Z.HT	03.22	450	65	210	85	160	520	300	960
	P5.0.Z.AN	05.11	200	60	200	90	165	540	300	960
	M1.0.Z.AQ	05.21	200	60	200	75	145	480	270	890
	M3.1.Z.AQ	05.51	230	45	150	55	110	360	200	660
K	K3.3.C.UT	09.2	200	135	440	180	330	1080	610	2000
	K2.1.C.UT	08.1	180	100	330	130	240	790	440	1440
N	N1.3.C.AG	30.22	90	1000	3280	1100	1250	4100	1300	4270
	S2.0.Z.AG	20.22	350	50	165	60	195	100	330	150
S	S4.3.Z.AG	23.22	350	70	230	80	260	160	525	300
	H1.3.Z.HA	04.1	50	55	180	80	260	160	525	300
H	H1.3.Z.HA	04.1	55	-	180	55	180	180	180	180
	H1.3.Z.HA	04.1	80	-	130	40	130	130	130	130

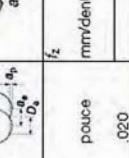
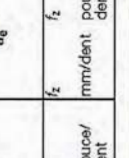
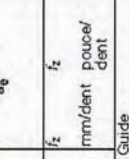
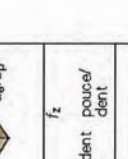
Avances recommandées

ISO	MC	CMC	HB	HRC	 $a_p \times a_p > D_c$	 $a_p \leq 0.05 \times D_c$	 $a_p \leq 0.05 \times D_c$ or $D_{c2}$ $a_p \leq 0.05 \times D_c$ or $D_{c2}$	 $a_p \leq 0.05 \times D_c$ or $D_{c2}$ $a_p \leq 0.05 \times D_c$ or $D_{c2}$		
									$V_c$ m/min	$V_f$ pieds/min
P	P1.1.Z.AN	01.1	125	155	510	200	375	1230	690	2280
	P1.2.Z.AN	01.2	150	135	440	185	340	1120	630	2070
	P1.3.Z.AN	01.4	200	120	390	140	255	840	470	1540
	P2.5.Z.HT	02.2	250	100	330	130	245	800	450	1480
	P2.5.Z.HT	02.2	300	90	300	120	220	720	410	1350
	P3.0.Z.HT	03.22	400	75	250	95	180	590	335	1100
	P3.0.Z.HT	03.22	450	65	210	85	160	520	300	960
	P5.0.Z.AN	05.11	200	60	200	90	165	540	300	960
	M1.0.Z.AQ	05.21	200	60	200	75	145	480	270	890
	M3.1.Z.AQ	05.51	230	45	150	55	110	360	200	660
K	K3.3.C.UT	09.2	200	135	440	180	330	1080	610	2000
	K2.1.C.UT	08.1	180	100	330	130	240	790	440	1440
N	N1.3.C.AG	30.22	90	1000	3280	1100	1250	4100	1300	4270
	S2.0.Z.AG	20.22	350	50	165	60	195	100	330	150
S	S4.3.Z.AG	23.22	350	70	230	80	260	160	525	300
	H1.3.Z.HA	04.1	50	55	180	80	260	160	525	300
H	H1.3.Z.HA	04.1	55	-	180	55	180	180	180	180
	H1.3.Z.HA	04.1	80	-	130	40	130	130	130	130

Avances recommandées

ISO	MC	CMC	HB	HRC	 $a_p \times a_p > D_c$	 $a_p \leq 0.05 \times D_c$	 $a_p \leq 0.05 \times D_c$ or $D_{c2}$ $a_p \leq 0.05 \times D_c$ or $D_{c2}$	 $a_p \leq 0.05 \times D_c$ or $D_{c2}$ $a_p \leq 0.05 \times D_c$ or $D_{c2}$		
									$V_c$ m/min	$V_f$ pieds/min
P	P1.1.Z.AN	01.1	125	155	510	200	375	1230	690	2280
	P1.2.Z.AN	01.2	150	135	440	185	340	1120	630	2070
	P1.3.Z.AN	01.4	200	120	390	140	255	840	470	1540
	P2.5.Z.HT	02.2	250	100	330	130	245	800	450	1480
	P2.5.Z.HT	02.2	300	90	300	120	220	720	410	1350
	P3.0.Z.HT	03.22	400	75	250	95	180	590	335	1100
	P3.0.Z.HT	03.22	450	65	210	85	160	520	300	960
	P5.0.Z.AN	05.11	200	60	200	90	165	540	300	960
	M1.0.Z.AQ	05.21	200	60	200	75	145	480	270	890
	M3.1.Z.AQ	05.51	230	45	150	55	110	360	200	660
K	K3.3.C.UT	09.2	200	135	440	180	330	1080	610	2000
	K2.1.C.UT	08.1	180	100	330	130	240	790	440	1440
N	N1.3.C.AG	30.22	90	1000	3280	1100	1250	4100	1300	4270
	S2.0.Z.AG	20.22	350	50	165	60	195	100	330	150
S	S4.3.Z.AG	23.22	350	70	230	80	260	160	525	300
	H1.3.Z.HA	04.1	50	55	180	80	260	160	525	300
H	H1.3.Z.HA	04.1	55	-	180	55	180	180	180	180
	H1.3.Z.HA	04.1	80	-	130	40	130	130	130	130

Avances recommandées

ISO	MC	CMC	HB	HRC	 $a_p \times a_p > D_c$	 $a_p \leq 0.05 \times D_c$	 $a_p \leq 0.05 \times D_c$ or $D_{c2}$ $a_p \leq 0.05 \times D_c$ or $D_{c2}$	 $a_p \leq 0.05 \times D_c$ or $D_{c2}$ $a_p \leq 0.05 \times D_c$ or $D_{c2}$		
									$V_c$ m/min	$V_f$ pieds/min
P	P1.1.Z.AN	01.1	125	155	510	200	375	1230	690	2280
	P1.2.Z.AN	01.2	150	135	440	185	340	1120	630	2070
	P1.3.Z.AN	01.4	200	120	390	140	255	840	470	1540
	P2.5.Z.HT	02.2	250	100	330	130	245	800	450	1480
	P2.5.Z.HT	02.2	300	90	300	120	220	720	410	1350
	P3.0.Z.HT	03.22	400	75	250	95	180	590	335	1100
	P3.0.Z.HT	03.22	450	65	210	85	160	520	300	960
	P5.0.Z.AN	05.11	200	60	200	90	165	540	300	960
	M1.0.Z.AQ	05.21	200	60	200	75	145	480	270	890
	M3.1.Z.AQ	05.51	230	45	150	55	110	360	200	660
K	K3.3.C.UT	09.2	200	135	440	180	330	1080	610	2000
	K2.1.C.UT	08.1	180	100	330	130	240	790	440	1440
N	N1.3.C.AG	30.22	90	1000	3280	1100	1250	4100	1300	4270
	S2.0.Z.AG	20.22	350	50	165	60	195	100	330	150
S	S4.3.Z.AG	23.22	350	70	230	80	260	160	525	300
	H1.3.Z.HA	04.1	50	55	180	80	260	160	525	300
H	H1.3.Z.HA	04.1	55	-	180	55	180	180	180	180
	H1.3.Z.HA	04.1	80	-						

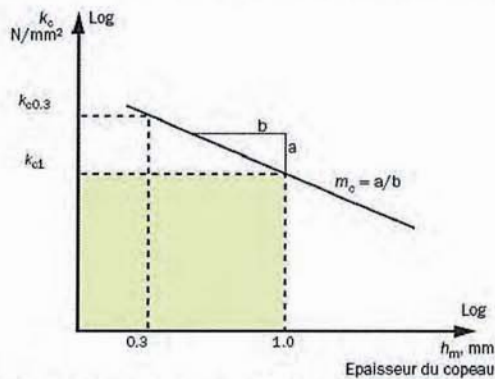


## DT9 : méthode de calcul de puissance de coupe

Pour calculer la puissance, le couple et la force de coupe, on utilise la force de coupe spécifique,  $k_{c1}$ . Ce paramètre représente la force,  $F_c$ , exercée dans la direction de la coupe (voir diagramme) nécessaire pour couper un copeau de 1 mm<sup>2</sup> de section avec une épaisseur de 1 mm. La valeur de  $k_{c1}$  est différente pour chacun des six principaux groupes de matières. Elle varie aussi en fonction des sous-groupes.

La valeur de  $k_{c1}$  est basée sur une plaquette neutre avec un angle de coupe  $\gamma_0 = 0^\circ$ ; cette valeur peut être ajustée en fonction d'autres paramètres. Par exemple, si l'angle de coupe est positif, la valeur réelle de  $k_c$  décroît. On la calcule avec la formule suivante:

$$\text{Force de coup spécifique } (k_c) \text{ en } (N/mm^2) : K_c = K_{c1} \cdot h_m^{-m_c} \cdot \left(1 - \frac{\gamma_0}{100}\right)$$



Si l'épaisseur réelle du copeau,  $h_m$ , est, par exemple, de 0,3 mm, la valeur de  $k_c$  sera plus élevée (voir diagramme). Une fois la valeur de  $k_c$  obtenue, on peut calculer la puissance requise :

$$\text{Puissance nette requise } P_c \text{ en kW} : P_c = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f \cdot K_c}{60 \cdot 10^6}$$

Code CMC	Groupe de matières	Sous-groupe de matières	Procédé de fabrication	Traitement thermique	dureté	Force de coupe spécifique, $k_{c1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$m_c$	
N1.1.Z.UT	alliages à base aluminium	1 Commercialement pur	Z	UT non traité	30 HB	350	0.25	
N1.2.Z.UT		2	Z coulé	UT non traité	60 HB	400	0.25	
N1.2.Z.AG		2	Z	AG vieilli	100 HB	650	0.25	
N1.2.S.UT		2	alliages AlSi, Si ≤1%	S fritté	UT non traité	75 HB	410	0.25
N1.2.C.NS		2		C	NS non précisé	80 HB	410	0.25
N1.3.C.UT		3	alliages coulés AlSi, Si ≤1% et <13%	C coulé	UT non traité	75 HB	600	0.25
N1.3.C.AG		3		C	AG vieilli	90 HB	700	0.25
N1.4.C.NS		4	alliages coulés AlSi, Si ≥13%	C	NS non précisé	130 HB	700	0.25
N2.0.C.UT		2 alliages à base magnésium	0 groupe principal	C coulé	UT non traité	70 HB		
N3.1.U.UT		alliages à base cuivre	1 alliages de cuivre sans plomb, y compris cuivre électrolytique	U non précisé	UT non traité	100 HB	1350	0.25
N3.2C.UT	2 laiton au plomb et bronzes (Pb ≤1%)		C coulé	UT non traité	90 HB	550	0.25	
N3.3.S.UT	2		S fritté	UT non traité	35 HB			
N3.3.U.UT	3 alliages de décolletage à base cuivre (Pb >1%)		U non précisé	UT non traité	110 HB	550	0.25	
N3.4.C.UT	4 bronzes haute résistance (>225HB)		C coulé	UT non traité	300 HB			
N4.0.C.UT	4 alliages à base zinc	0 groupe principal	C coulé	UT non traité	70 HB			

# DT10 : caractéristiques résine Translux D180 (1/2)



## TRANSLUX D 180 RESINE EPOXY TRANSPARENTE

### APPLICATIONS

Résine destinée à la réalisation de moules modèles ou de pièces transparentes.

### CARACTERISTIQUES

- Grande transparence
- Réactivité ajustable en fonction de l'épaisseur
- Tenue en température

PROPRIETES PHYSIQUES				
Composition		RESINE	DURCISSEUR	MELANGE
Proportion de mélange en poids		100	45	
Proportion de mélange en volume à 25°C		100	53	
Accélérateur en poids variable*		0 - 3		
Aspect		liquide	liquide	liquide
Couleur		incolore	incolore	incolore
Viscosité à 25°C (mPa.s)	BROOKFIELD LVT	2.700	75	640
Densité des parts avant mélange à 25°C	ISO 1675 : 1985	1,16	0,98	-
Densité du mélange polymérisé à 23°C	ISO 2781 : 1996	-	-	1,10
Pot life à 25°C sur 500 g (heures)				
- 1% d'accélérateur /résine	Gel Timer TECAM			9
- 2% d'accélérateur /résine				5
- 3% d'accélérateur /résine				3

\* Le pourcentage d'accélérateur se définit par rapport à la résine

PROPRIETES MECANIKES ET THERMIQUES A 23°C			
Valeurs obtenues après stabilisation à température ambiante et polymérisation pendant 24 heures à 60°C (sans jaunissement)			
Dureté	ISO 868 : 2003	Shore D1	84
Contrainte maximale en traction	ISO 527 : 1993	MPa	57
Module de flexion	ISO 178 : 2001	MPa	2.500
Contrainte maximale en flexion	ISO 178 : 2001	MPa	95
Contrainte maximale en compression	ISO 604 : 2002	MPa	70
Température de transition vitreuse	ISO 11359 : 2002	°C	65
Valeurs maximales obtenues après stabilisation à température ambiante et polymérisation complète (6 heures à 50°C, 12 heures à 80°C) avec risques de jaunissement			
Dureté	ISO 868 : 2003	Shore D1	85
Température de transition vitreuse	ISO 11359 : 2002	°C	65

Page 1/2 – TDS08F0069\_tdsi – 11 juillet 2011

**AXSON TECHNOLOGIES**  
Head Office France  
+33 1 34 40 54 60  
axson.fr  
axson.fr

**GERMANY**  
+49 60 74 40 71 10  
vde@afr.axson.de  
axson.de

**ITALY**  
+39 02 90 70 23 36  
axson@axson.it  
axson.it

**SPAIN & PORTUGAL**  
+34 93 225 16 20  
axson@axson.es  
axson.es

**U.K.**  
+44 1 626 66 00 62  
axson@axson.co.uk  
axson.com

**SLOVAKIA**  
+421 37 642 25 26  
axson@axson-cz.sk  
axson-cz.sk

**NORTH AMERICA**  
+1 517 663 8191  
axson@axson-tech.us  
axson-tech.us

**MEXICO**  
+52 55 52 64 49 22  
axson@axson.mx  
axson.com.mx

**JAPAN**  
+81 564 26 25 91  
axson@axson.jp  
axson.jp

**CHINA**  
+86 21 59 66 30 37  
axson@axson.cn  
axson.cn

**INDIA**  
+91 20 25560710  
info@axson.com  
axson.com

**MIDDLE EAST**  
+971 7 2632227  
info.middleeast@axson.com  
axson.com





# TRANSLUX D 180

RESINE EPOXY TRANSPARENTE

## MISE EN OEUVRE

La température d'utilisation de la résine doit être comprise entre 30°C et 35°C afin de faciliter le mélange et le débullage sous vide. L'emploi d'un Jiffy mixer lors du mélange nécessitera un débullage sous agitation lente. Taux d'accélérateur en fonction des épaisseurs de coulée, permettant de limiter le jaunissement et la déformation dans un moule ne diffusant pas de calories :

- de 1 mm à 10 mm : 3 % uniquement sur la résine
- de 10 mm à 20 mm : 2 % uniquement sur la résine
- de 20 mm à 30 mm : 1 % uniquement sur la résine
- de 30 mm à 40 mm : 0 % uniquement sur la résine

Laisser le système polymériser 24 à 48 heures à température ambiante (hors poussière) suivant les épaisseurs de coulée, puis effectuer un traitement thermique de 24 heures à 60°C avant démoulage.

## PRECAUTIONS D'EMPLOI

En cas de cristallisation de la résine ou de l'accélérateur lors du stockage, un étuvage à 40 - 45°C permettra de retrouver l'état liquide.

Pour éviter un jaunissement ou une déformation des pièces à réaliser, les paramètres suivants doivent être scrupuleusement respectés :

- La température de dé cristallisation de la résine ne doit pas être supérieure à 45°C.
- Le traitement thermique ne doit pas s'effectuer à une température supérieure à 60°C.
- Le taux d'accélérateur ne doit pas excéder 3 %.
- Le temps de stabilisation à température ambiante doit être respecté avant le traitement thermique.

Il est indispensable lors de la manipulation d'observer strictement les mesures d'hygiène de travail appropriées :

- locaux ventilés,
- port de gants, de lunettes et de vêtements de protection.

Pour plus d'informations, se reporter à la fiche de données de sécurité.

## CONDITIONS DE STOCKAGE

Ce produit peut être conservé 12 mois à l'abri de l'humidité à une température comprise entre 18 et 25°C dans les emballages d'origine non entamés.

## CONDITIONNEMENT

RESINE	DURCISSEUR	ACCELERATEUR
6 x 0,500 kg	6 x 0,225 kg	1 x 0,090 kg
1 x 5 kg	1 x 2,25 kg	
1 x 25 kg	1 x 11,25 kg	

## GARANTIE

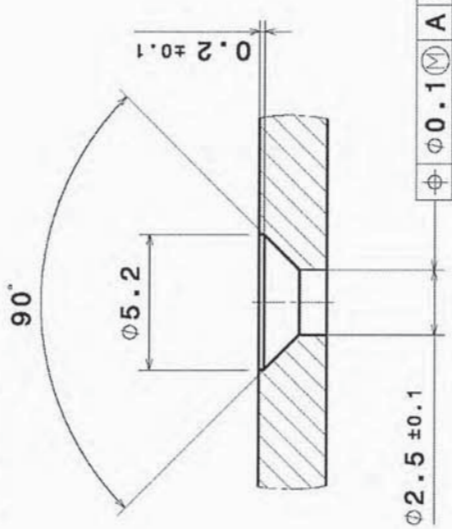
Les renseignements de notre fiche technique sont fondés sur nos connaissances actuelles et sur le résultat d'essais effectués dans des conditions précises et ne sont en aucun cas destinés à établir une spécification. Il appartient à l'utilisateur de procéder à des tests complets sous sa propre responsabilité, en vue de déterminer l'adéquation, l'efficacité et la sûreté des produits AXSON pour l'application envisagée. AXSON refuse clairement toute garantie concernant notamment la compatibilité d'un produit avec une application que ce soit. AXSON rejette expressément toute responsabilité en cas de dommage ou d'incident qui résulteraient de l'utilisation de ses produits. Les conditions de garantie sont régies par nos conditions générales de vente.

<b>AXSON TECHNOLOGIES</b> Head Office France +33 1 34 40 34 60 <a href="mailto:axson@axson.fr">axson@axson.fr</a> <a href="http://axson.fr">axson.fr</a>	<b>GERMANY</b> +49 60 74 40 71 10 <a href="mailto:axson@axson.de">axson@axson.de</a> <a href="http://axson.de">axson.de</a>	<b>SPAIN &amp; PORTUGAL</b> +34 93 225 16 20 <a href="mailto:axson@axson.es">axson@axson.es</a> <a href="http://axson.es">axson.es</a>	<b>SLOVAKIA</b> +421 37 642 25 26 <a href="mailto:office@axson-slovakia.sk">office@axson-slovakia.sk</a> <a href="mailto:axson@axson.sk">axson@axson.sk</a>	<b>NORTH AMERICA</b> +1 517 663 8131 <a href="mailto:info@axson-technical.com">info@axson-technical.com</a> <a href="mailto:axson@axson.us">axson@axson.us</a> <a href="http://axson-tech.us">axson-tech.us</a>	<b>JAPAN</b> +81 564 26 25 91 <a href="mailto:axson@axson.jp">axson@axson.jp</a> <a href="http://axson.jp">axson.jp</a>	<b>INDIA</b> +91 20 25660710 <a href="mailto:info.india@axson.com">info.india@axson.com</a> <a href="http://axson.com">axson.com</a>
	<b>ITALY</b> +39 02 86 70 23 36 <a href="mailto:axson@axson.it">axson@axson.it</a> <a href="http://axson.it">axson.it</a>	<b>U.K.</b> +44 1 636 66 00 62 <a href="mailto:axson@axson.co.uk">axson@axson.co.uk</a> <a href="http://axson.com">axson.com</a>	<b>MEXICO</b> +52 55 52 64 63 22 <a href="mailto:axson@axsonmex.net.mx">axson@axsonmex.net.mx</a> <a href="http://axson.com.mx">axson.com.mx</a>	<b>CHINA</b> +86 21 58 68 30 37 <a href="mailto:china@axson.cn">china@axson.cn</a> <a href="http://axson.cn">axson.cn</a>	<b>MIDDLE EAST</b> +971 7 2622277 <a href="mailto:info.middleeast@axson.com">info.middleeast@axson.com</a> <a href="http://axson.com">axson.com</a>	

DT11 : mise en plan (1/3)

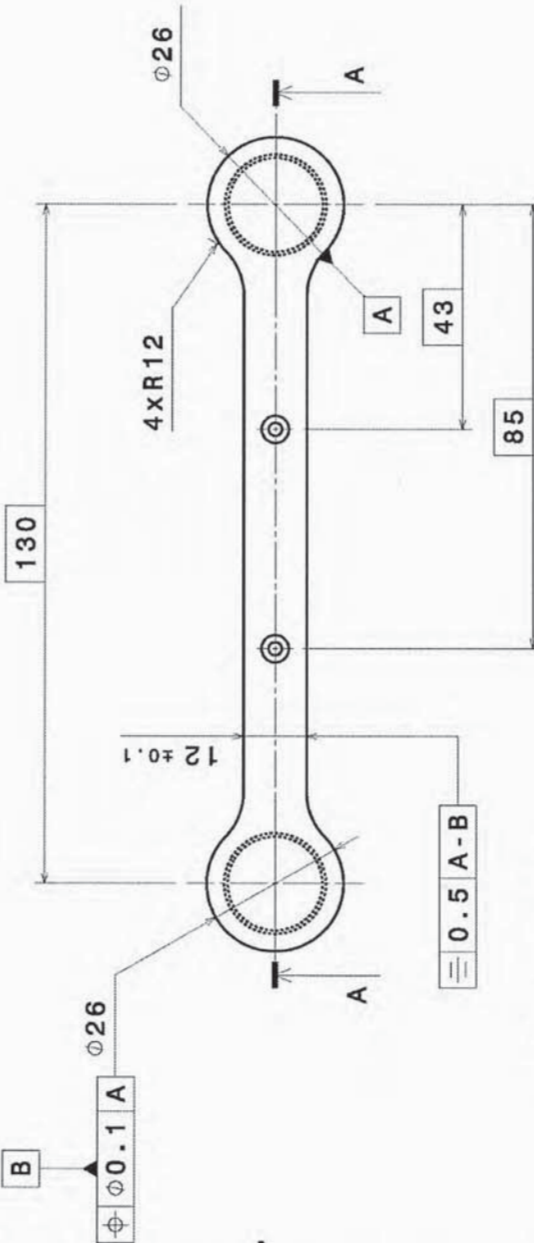
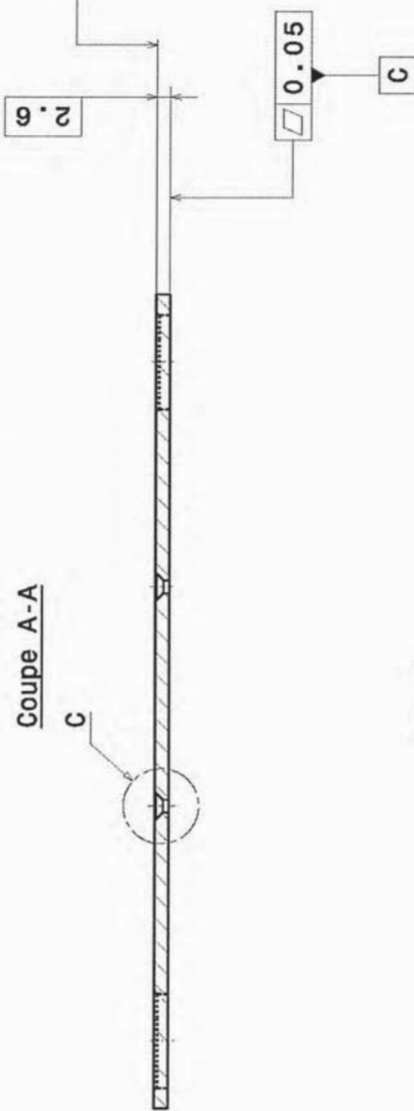
Coupe A-A

C

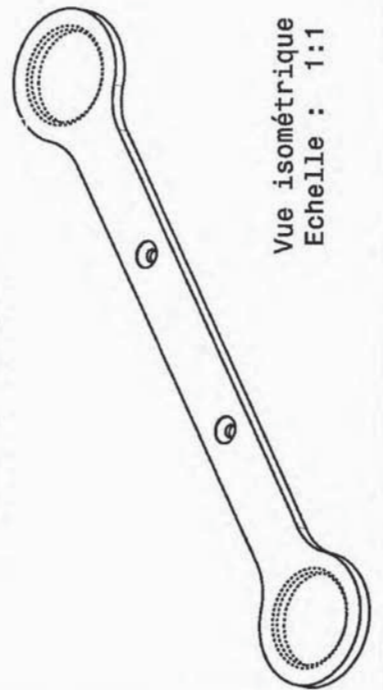


Détail C  
Echelle : 5:1

POUR LES DEUX TROUS



RÉDUCTION



Vue isométrique  
Echelle : 1:1

TOLERANCEMENT SUIVANT / TOLERANCING ACCORDING TO : ISO 8015  
TOLERANCES GENERALES SUIVANT / GENERAL TOLERANCES ACCORDING TO : ISO 2768-mK

MATIERE/MATERIAL 2618A - selon Air 9048 fiche 640	TRAITEMENT/TRATMENT Rm = 410 MPa	PROTECTION/COATING	SURFACE TEXTURE ETAT DE SURFACE ARRETES 0.3 0.1 -0.1 -0.3 ISO 1327/2002
ETABLI PAR DRAWN BY	NOM/NAME	DATE	ISO 1327/2002
LIBELLE BIELLE LONGUEUR 130		AGREGATION SCIENCES INDUSTRIELLES	
DENOMINATION LINKING ROD LENGTH 130		MASS WEIGHT 0.013kg	FEUILLE SHEET 1/1
REF EXTERNE EXTERNAL REF	FORMAT SIZE A3	ECHELLE SCALE 1:1	NUMERO DU DOCUMENT DRAWING NUMBER
		TYPE	PART
			VERS



# DT11 : mise en plan (2/3)

CONNECTEUR Type:  
67352-72/005



Vue isométrique  
Isometric view  
Echelle: 1:2  
Scale: 1:2

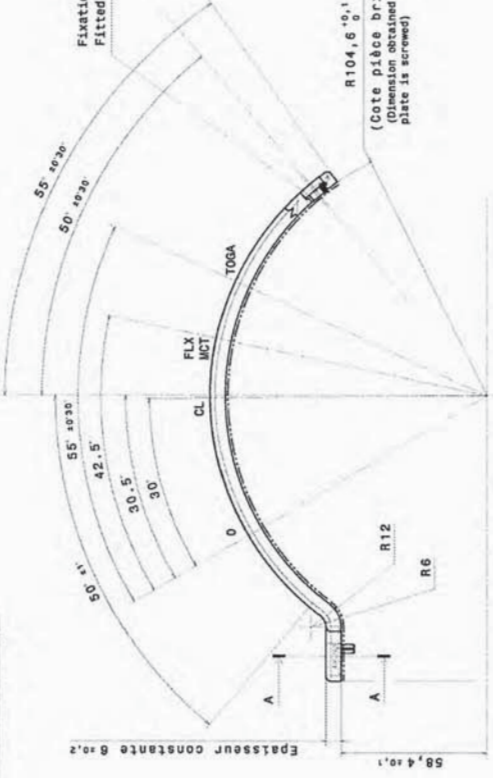


CENTRE DU CONNECTEUR  
CONNECTOR AXIS



Zone pour code barre 2D  
AREA "2D BAR CODE"

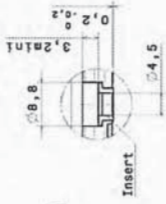
Zone pour identification  
Area "identification marking"



Fixation par 4 VIS CZX M4-8 A4-70 PASS. ISO14580  
Fitted on TCA from using 4 screws CZX M4-8 A4-70 PASS. ISO14580

A-A  
Echelle: 2:1  
Scale: 2:1

2 LAMAGES IDENTIQUES  
2 IDENTICAL COUNTER BORE

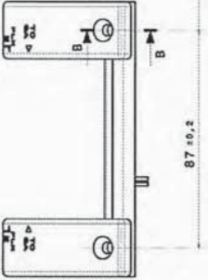


B-B  
Echelle: 2:1  
Scale: 2:1

2 LAMAGES IDENTIQUES  
2 IDENTICAL COUNTER BORE

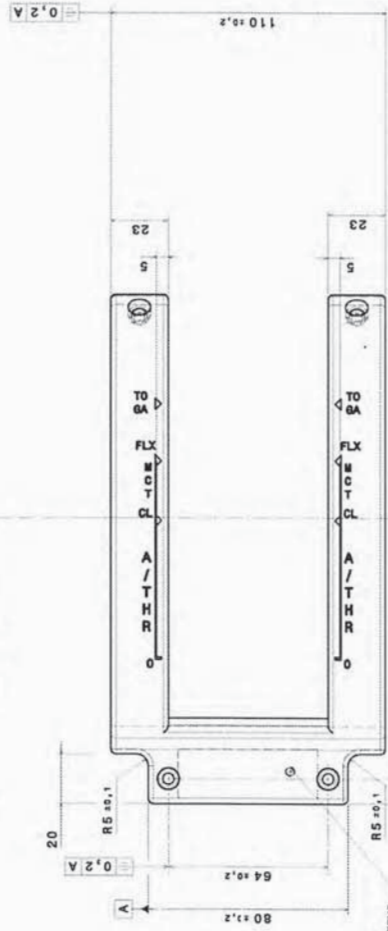


Vue auxiliaire C  
Echelle: 2:1  
Auxiliary view C  
Scale: 1:2



FINITION:  
Sur faces extérieures  
Sauf faces ASNA 3887-5316 +  
BLEU GRIS ASNA 3887-5316 +  
verniss mat transparents incolores anti-UV

MARQUAGE:  
Suivant norme DIN1451 - TEIL4  
Blanc mat suivant norme FED-STD-5959 Référence : 37875  
3.2mm ±0.1  
4.0mm ±0.1 pour "A/THR"  
Epaisseur des trait 0.5mm ±0.1  
Rayons non cotés R=2  
Round edges without dimensions: R=2  
Masse : 90 grammes maximum  
Mass: 90 grams maximum

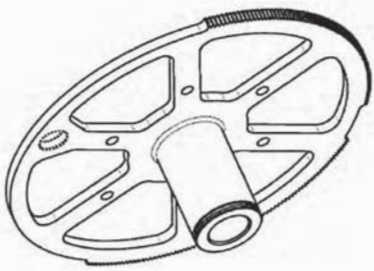
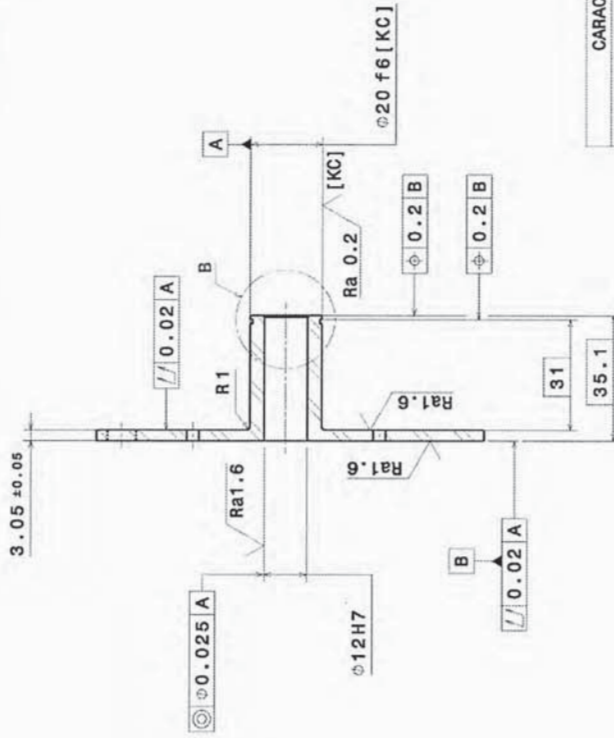
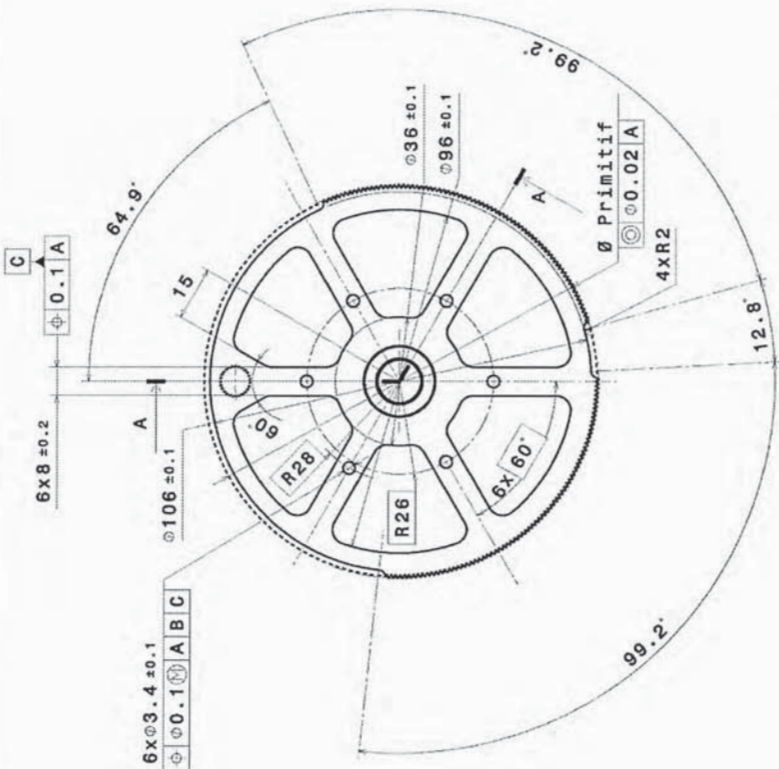


## RÉDUCTION

MARQUER D'UNE CROIX  
L'EMPLACEMENT DU CONNECTEUR  
CONNECTOR LOCATION  
SYMBOLIZED BY A CROSS

TELECOMBENT SUYVAT / TELECOMBENT ACCORDING TO : ISO 8015	
PROJET / PROJECT	INDUSTRIELLES DE L'INGENIEUR
AGREGATION / AGGREGATION	INDUSTRIELLES DE L'INGENIEUR
PLATINE ECLAIRANTE TCA-AS80	
INSTRUMENTATION TCA-LIGHTED PLATE ICC	
DATE / DATE	1 / 1
REVISIONS	
APPRUEVÉ / APPROVED	A1

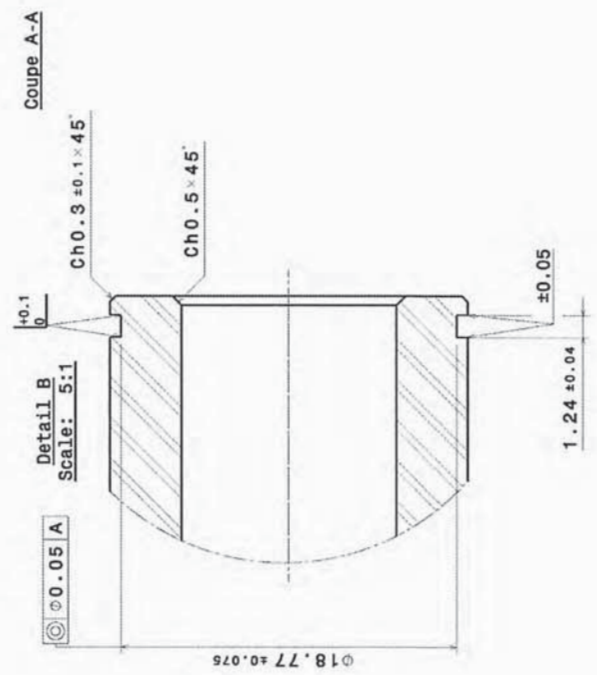
# DT11 : mise en plan (3/3)



Vue isométrique  
Echelle: 1:1

CARACTERISTIQUES DE TAILLAGE	
CLASSE DE PRECISION (ISO 1328)	6
TYPE D'ENGRENAGE	DENTURE DROITE
MODULE	0.4
NOMBRE DE DENTS	273
DEPORT	0
SAILLIE	0.4
CREUX	0.5
HAUTEUR DE TETE	0.9
DIAMETRE PRIMITIF	109.2±0.025
DIAMETRE EXTERIEUR	110
DIAMETRE DE PIED	108.2
ANGLE DE PRESSION	20°
RUGOSITE DES FLANCS	0.8

NOTA: - 2 indications de [KC] en "C9"



## RÉDUCTION

TOLERANCEMENT SUIVANT / TOLERANCING ACCORDING TO: ISO 8015  
TOLERANCES GENERALES SUIVANT / GENERAL TOLERANCES ACCORDING TO: ISO 2768-mK

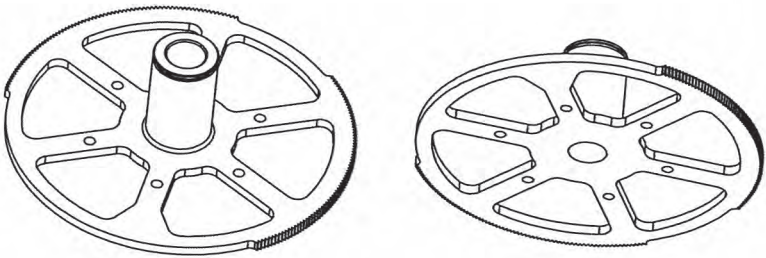
MATIERE/MATERIAL	EN AW-7050	T7451	PROTECTOR/PROTECTOR	ISO 2768-mK
SECON MATERIALE	Seicon AMS 4050	Rm > 500MPa	DATE	
DESIGNER				
LIBELLE	AGREGATION SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGENIEUR			
	ROUE MILIEU POTENTIOMETRE			
	273 DTS LV1			
DENOMINATION	MIDDLE SENSOR GEAR			
	273 TEETH LV1			
MASS	0.053kg	SCALE	1:1	SHEET
FORMAT	A2	NUMBER OF DOCUMENT		PART
REF. EXT. DE		DRAWING NUMBER		YES










<b>AGRÉGATION SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR</b>		<b>AVANT PROJET D'ÉTUDE DE FABRICATION PAR ENLÈVEMENT DE MATIÈRE</b>			
Ensemble	TCA V1	Phase / Sous-phase	Machines	Opérations d'usinage	Croquis
Élément	ROUE MILEU POTENTIOMÈTRE				
Matériau	EN-AW 7050				
Traitement	T7451				
Repérage des surfaces / entités d'usinage					
					





DR3 : analyse de spécification

Tolérancement normalisé		ANALYSE D'UNE SPECIFICATION PAR ZONE DE TOLERANCE			
		Éléments non idéaux (Réels)	Éléments idéaux (Modèles)	Zone de tolérance	
<b>Symbole de la spécification</b>  <b>Type de spécification</b> <input type="checkbox"/> Forme <input type="checkbox"/> Orientation <input type="checkbox"/> Position <input type="checkbox"/> Battement ..... <b>Condition de conformité</b> L'élément tolérancé doit se situer entièrement dans la zone de tolérance	<b>Élément(s) tolérancé(s)</b>  <input type="checkbox"/> Unique <input type="checkbox"/> Groupe	<b>Élément(s) de référence</b>  <input type="checkbox"/> Unique <input type="checkbox"/> Multiple	<b>Référence spécifiée</b>  <input type="checkbox"/> Simple <input type="checkbox"/> Commune <input type="checkbox"/> Système	<input type="checkbox"/> Simple <input type="checkbox"/> Composé	<b>Contraintes :</b> Orientation et/ou position par rapport à la référence spécifiée

DR4 : schéma d'outillage de coulée sous vide du corps de la platine éclairante

