

SESSION DE 2007

Concours externe de
recrutement de professeurs agrégés

**Sections : Génie mécanique
Mécanique**

Analyse et conception de systèmes

Durée : 8 heures

Aucun document n'est autorisé.

Moyens de calculs autorisés : calculatrice 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. La calculatrice ne devra pas posséder de données scientifiques et techniques propres au génie mécanique.

Dès la distribution du sujet, le candidat s'assurera que l'exemplaire du dossier remis est complet.

Les documents réponses seront insérés à plat dans les copies, l'entête détachable placé en haut.

Détection d'une erreur éventuelle par le candidat :

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

Nota Bene :

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

Tournez la page S.V.P.

Le sujet comporte :

- une présentation de l'étude (pages 1 et 2)
- le texte de l'étude (pages numérotées de 3 à 14)
- le dossier technique, constitué des documents repérés document 1 à 12.
- le dossier réponse contenant trois documents.

Tournez la page S.V.P.

ENROULEUSE DE CÂBLE

La société **SETIC** est spécialisée dans la conception et la réalisation de machines destinées à la fabrication de *câbles hautes performances* utilisés dans le domaine des réseaux de transmission (télécommunication et informatique).

La forte demande sur le marché mondial et une concurrence sévère conduisent au développement de machines de câblerie toujours plus rapides, mais qui doivent rester capables de maîtriser les paramètres fonctionnels du câble.

Le processus de réalisation des câbles se décompose en trois grandes phases :

- ✓ La fabrication des **fils** : opérations de tréfilage et calibrage du fil de cuivre, dépôt par extrusion de diverses couches isolantes, marquage et conditionnement sur bobines (Figure 1).
- ✓ La réalisation des éléments fonctionnels internes des câbles : opérations de **pairage** (assemblage des fils en hélice, par paire), **d'assemblage** (assemblage en hélice des paires), et de conditionnement sur bobines (Figure 2).
- ✓ La réalisation des éléments fonctionnels externes : opérations de blindage, revêtement(s) externe(s), marquage,..., conditionnement sur bobines.

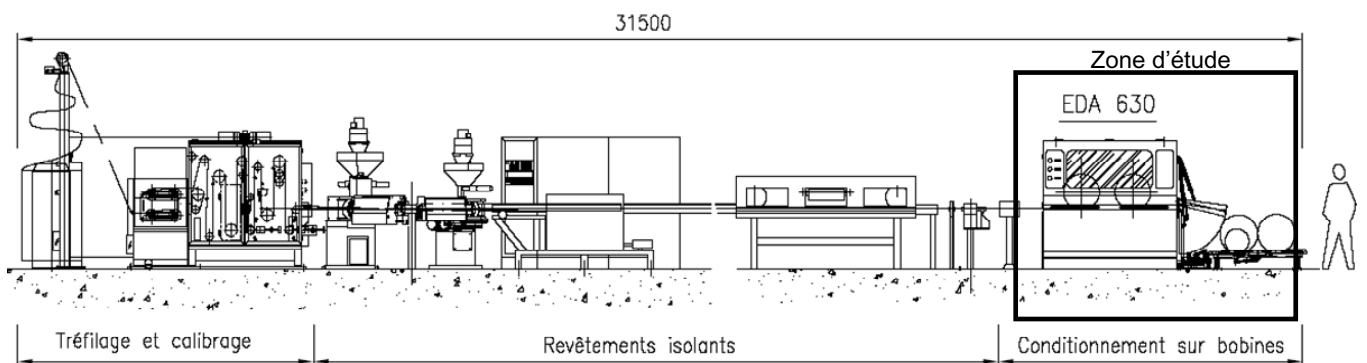


Figure 1 : Ligne de production du fil

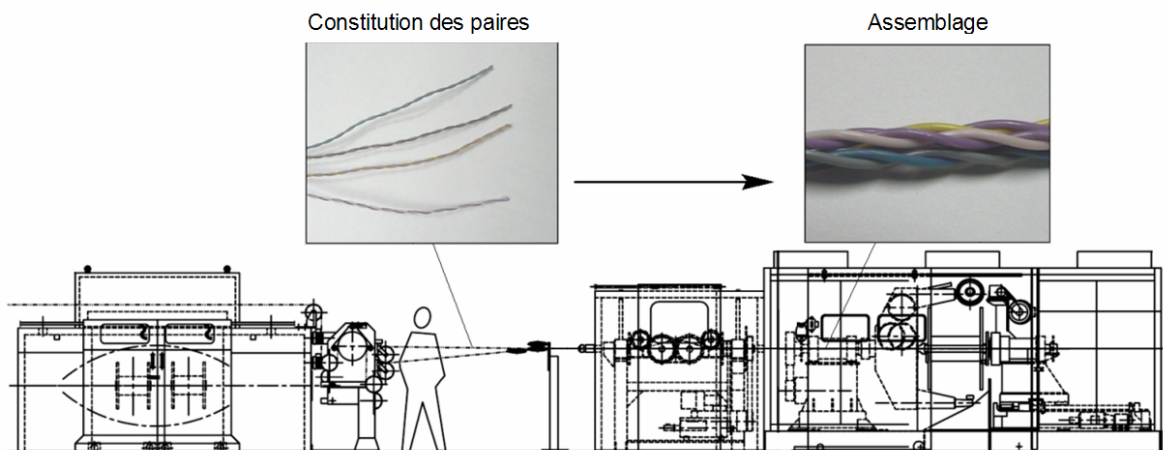


Figure 2 : Ligne de production du câble

L'étude proposée concerne l'enrouleuse **EDA 630** située en fin de ligne de fabrication du fil, destinée à le stocker sur des bobines.

RECOMMANDATIONS

L'étude est composée de 4 parties indépendantes.

Il est proposé au candidat de répartir son temps de travail sur les différentes parties de l'étude de la façon suivante :

✓ Lecture du sujet		1 heure
✓ Première partie :	Enroulement du fil	3 heures 1/2
✓ Deuxième partie :	Mécanisme de trancannage	1 heure
✓ Troisième partie :	Système de régulation de tension du fil	1 heure
✓ Quatrième partie :	Chargement - déchargement de la bobine	1 heure 1/2

Le candidat devra rendre :

- 4 copies séparées correspondant aux 4 parties du sujet ;
- les documents réponses, qui seront insérés dans la copie afférente à la partie traitée.

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE L'ENROULEUSE (figures 3 et 4)

Les informations ci-dessous sont extraites in extenso de la documentation du constructeur.



Figure 3

- ✓ **Utilisation** : dans les lignes d'extrusion à grande vitesse de fils isolés pour câbles LAN ou téléphoniques (lignes tandem), ainsi que dans toutes les applications d'isolation de conducteurs de petites sections. Elle permet d'assurer la continuité de production en assurant le basculement automatique du bobinage entre deux supports (bobines).
- ✓ **Avantages** :
 - Machine compacte :
 - armoire électrique intégrée
 - cabine de protection insonorisée monobloc
 - Système de chargement – déchargement :
 - du même côté, d'où gain de place
 - coté au choix pour faciliter l'insertion dans une ligne existante
 - Enrouleur de grande flexibilité :
 - prise de bobines diamètre extérieur de 400 à 630 mm
 - possibilité d'évolution vers d'autres tailles de bobines
 - Enfilage aisé :
 - pantin situé devant l'opérateur
 - Maintenance réduite :
 - moteurs à courant alternatif
 - commande par variateur de fréquence à contrôle vectoriel de flux
 - en option : moteur à courant continu
 - Protection du fil enroulé :
 - bobines équipées de capots de protection anti-fouettement

✓ **Caractéristiques techniques :**

- diamètre conducteur : de 0,4 à 1,5 mm
- diamètre de fil isolé : de 0,5 à 3 mm
- diamètre extérieur de bobine : de 400 à 630 mm
- diamètre intérieur de bobine : 200 mm mini
- largeur hors tout maxi de bobine : 475 mm
- alésage de bobine : 56 mm
- masse maxi de bobine : 200 kg
- vitesse linéaire maxi du fil : 2400 m/min
- fréquence de rotation maxi : 3200 tr/min
- vitesse de transfert mini : 600 m/min
- pas de trancannage : de 1 à 6 mm, réglable en continu
- butées de trancannage réglables électroniquement pendant la marche
- pantin de régulation :
 - diamètre des poulies : 200 mm
 - nombres de poulies : 5 + 4
 - gamme de tension : de 5 à 50 N
 - effort réglable par vérin pneumatique
- compteur mètreur numérique :
 - résolution : 10 m
 - précision : 0,3%

✓ **Caractéristiques du mécanisme interne :**

- Encombrement HxLxP : 1960 mm x 1780 mm x 1391 mm
- masse : 1984 kg

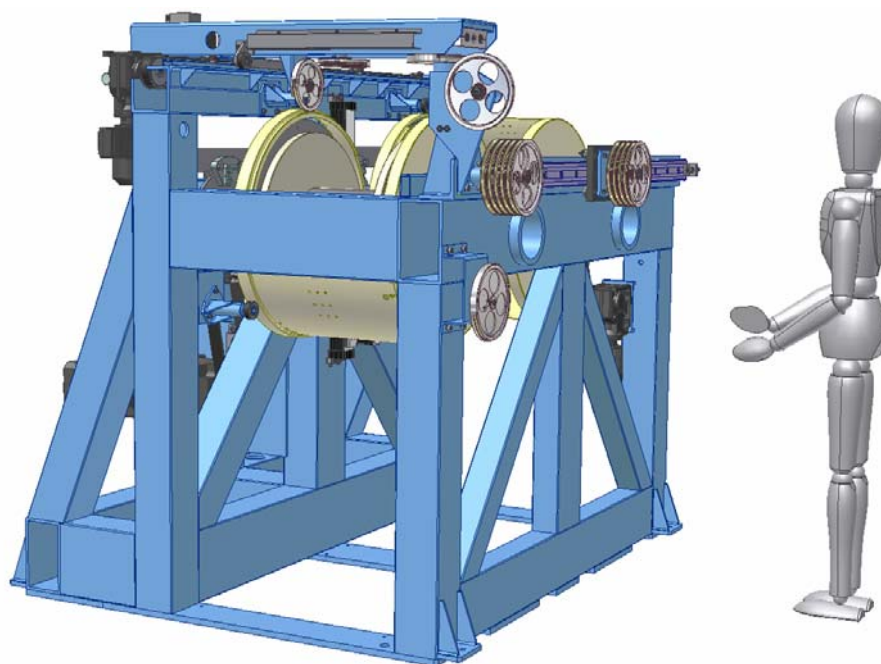


Figure 4 : Structure interne partielle de la machine

1 ENROULEMENT DU FIL

Le fil est constitué d'un conducteur en cuivre enrobé dans un isolant. Il est de section circulaire. Son diamètre est fonction de l'utilisation finale et peut varier entre 0,5 et 3 mm. Il est stocké par enroulement sur des bobines dont la contenance peut atteindre une longueur maxi $L_0 = 300 \times 10^3$ m.

1.1 STRUCTURE DE LA MACHINE

Les **document 1** et **document 2** définissent l'architecture d'ensemble de l'enrouleuse et les mécanismes assurant les différentes fonctions. Le **document 4** représente le diagramme FAST partiel du système d'enroulement. On peut distinguer essentiellement trois parties :

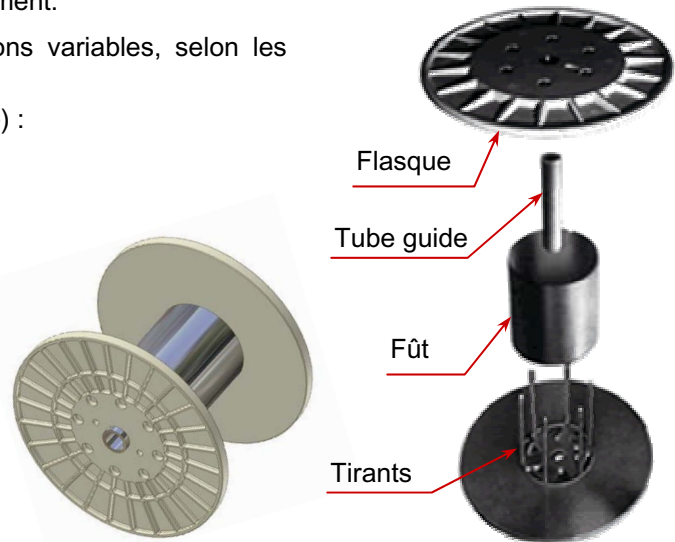
- La broche,
- Le mécanisme de trancannage,
- Le système de régulation de l'enroulement.

Le fil est enroulé sur des bobines de dimensions variables, selon les besoins de l'utilisateur.

Les bobines sont constituées (illustration ci-contre) :

- d'un fût en acier zingué ;
- de deux flasques obtenus par moulage à chaud de résine polyester renforcée de fibres de verre (Pré imprégné)
- d'un tube guide axe en PVC ou en acier ;
- de tirants en acier zingué.

Il existe un grand nombre de types de bobines standard. Le **document 3** présente les différents types de bobines utilisées parmi lesquelles les bobines de plus grande et de plus petite capacité prises en compte dans l'étude.



1.2 PHASE D'ENROULEMENT

L'enroulement est réalisé sous forme de nappes hélicoïdales à spires jointives, obtenues en combinant deux mouvements :

- la rotation de la bobine autour de son axe. Sa mise en position et son maintien sont réalisés par une broche constituée de deux sous ensembles coaxiaux, nommés poupée et contre poupée, par analogie avec les machines-outils. Un moteur électrique assure l'entraînement en rotation au niveau de la poupée, au moyen d'une transmission par poulies et courroie crantée ;
- le déplacement axial du fil, réalisé au moyen d'un mécanisme dit de « trancannage ». Il a pour fonction de réaliser un enroulement hélicoïdal régulier du fil sur la bobine, par un déplacement axial du point d'entrée du fil proportionnel à la rotation de la bobine ;

Le système de régulation de l'enroulement contrôle en continu la tension du fil (réglable entre 5 et 50 N), ainsi que la fréquence de rotation de la bobine, de façon à s'adapter à la vitesse d'entrée du fil sur l'enrouleuse, imposée par le poste de production qui la précède.

Ce mécanisme régulateur nommé « pantin » est constitué d'une réserve de fil passant sur un ensemble de poulies moulées, dont la mise en tension est assurée par un vérin (*pneumatique NORGREN RAIB050/700*).

La réserve de fil sur le pantin est suffisante pour effectuer le changement de bobine sans interrompre le fonctionnement de la ligne de production.

La vitesse de défilement du fil sur la ligne de production est théoriquement constante, réglable dans une plage de 800 à 2400 m/min.

1.3 OBJECTIF

On se propose de concevoir le sous-ensemble de la contre-poupée contribuant au maintien de la bobine et à son guidage en rotation par rapport au bâti de la machine.

La Figure 5 montre l'aspect de la bobine pendant la phase d'enroulement. **On admettra que chaque nappe de fil comporte le même nombre de spires.**

L'étude qui suit sera réalisée pour un fil de diamètre $d = 2$ mm et la bobine de plus grandes dimensions.

La Figure 5 définit les paramètres géométriques de la bobine :

- Diamètre extérieur : $D_{ext} = 630 \text{ mm}$
- Diamètre intérieur : $D_{int} = 250 \text{ mm}$
- Longueur de nappe : $h = 400 \text{ mm}$
- Masse de la bobine pleine : $M_b = 185 \text{ kg}$ ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)
- Moment d'inertie de la bobine pleine : $I_b = 12,8 \text{ kg m}^2$
- Moment d'inertie du rotor moteur : $I_m = 0,046 \text{ kg m}^2$
- Moment d'inertie de l'ensemble (poupée - contre-poupée) : $I_p = 0,11 \text{ kg m}^2$

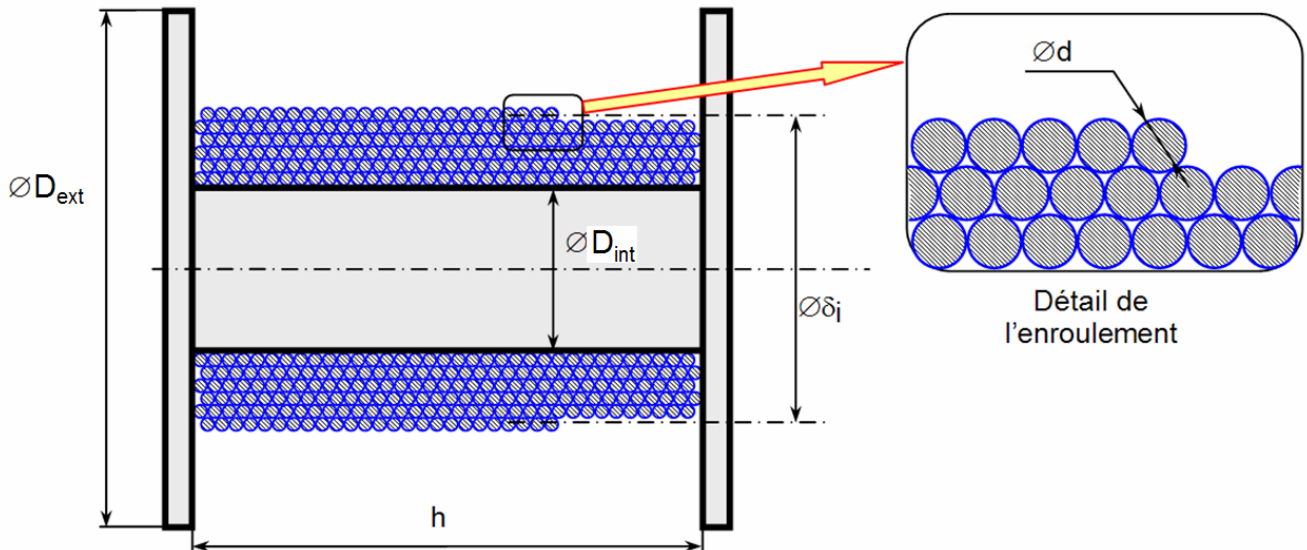


Figure 5

1.4 PHASE D'ENROULEMENT CONTINU

Dans cette partie, on suppose que la vitesse d'entrée du fil sur le poste d'enroulement est uniforme, égale à sa valeur nominale $V_0 = 2000 \text{ m/min}$.

Question 1

Donner les expressions littérales et les valeurs numériques :

- ✓ du nombre de tours n nécessaire à la réalisation d'une nappe de fil sur la bobine ;
- ✓ du diamètre moyen d'enroulement δ_i du fil sur la $i^{\text{ème}}$ nappe, les nappes successives étant numérotées de 1 à N (valeur numérique pour $N = 100$) ;
- ✓ de la longueur L_0 de fil stocké sur la bobine pour un nombre de nappes enroulées $N = 100$;
- ✓ de la durée nécessaire à la réalisation du bobinage de cette longueur L_0 de fil.

Question 2

- ✓ Préciser les valeurs mini et maxi de la fréquence de rotation de la bobine par rapport au bâti au cours du cycle d'enroulement, ainsi que les vitesses de translation correspondantes du mécanisme de trancannage ;
- ✓ représenter la courbe définissant la vitesse de rotation de la bobine en fonction du numéro i de nappe en cours d'enroulement, compris dans l'intervalle : $i \in [1..N = 100]$

La motorisation en rotation de la bobine est assurée par un moteur électrique VASCAT MAC QI 132-S dont les caractéristiques sont les suivantes.

Modèle	Puissance (kW)	Fr. de rotation (tr/min)	Courant (A)	Couple (Nm)	Inertie (kg.m ²)	Masse (kg)
MAC-QI 132 - S	4-44	360-4200	10-85	100	0.046	95

Le rapport de transmission $\frac{\omega_{bobine}}{\omega_{moteur}}$ pour un ensemble poulies et courroie crantée est noté $\rho = 1$.

Question 3

Définir, par des schémas cinématiques (**Document 5**), deux solutions de liaisons à installer entre la bobine et la poupée d'une part (L_1), entre la bobine et la contre-poupée d'autre part (L_2), de façon :

- ✓ à assurer le guidage en rotation de la bobine et son entraînement par le moteur ;
- ✓ à conférer à l'ensemble un comportement isostatique.

Question 4

- ✓ Quelle est la valeur de la puissance mécanique moyenne développée par le moteur électrique pendant la phase d'enroulement à régime stabilisé ?
- ✓ Quels sont les critères physiques à l'origine du choix d'un moteur d'une puissance très supérieure à celle déterminée ci-dessus ?

1.5 PHASE D'ARRÊT D'URGENCE

En cas d'incident de fonctionnement de la ligne de production, l'arrêt d'urgence doit provoquer l'immobilisation de la bobine en une durée inférieure à $T_f = 12$ s.

Cette fonction est assurée par l'action conjointe du moteur électrique exerçant un couple supposé constant $C_m = 100$ Nm, de sens opposé au sens de rotation, et par un frein à disque à commande pneumatique, de marque **ROUARD-STOCQ** agissant au niveau du mécanisme d'entraînement de la bobine (voir **Document 5**).

La Figure 6, extraite de la documentation du constructeur, définit les valeurs du couple de freinage en fonction de la pression d'alimentation et du diamètre "de friction" du disque, pour les modèles de freins RS25 et RS50.

Hypothèse : dans la suite de cette partie, on se place dans la situation la plus défavorable d'une bobine pleine animée initialement d'une vitesse de rotation de 1200 tr/min.

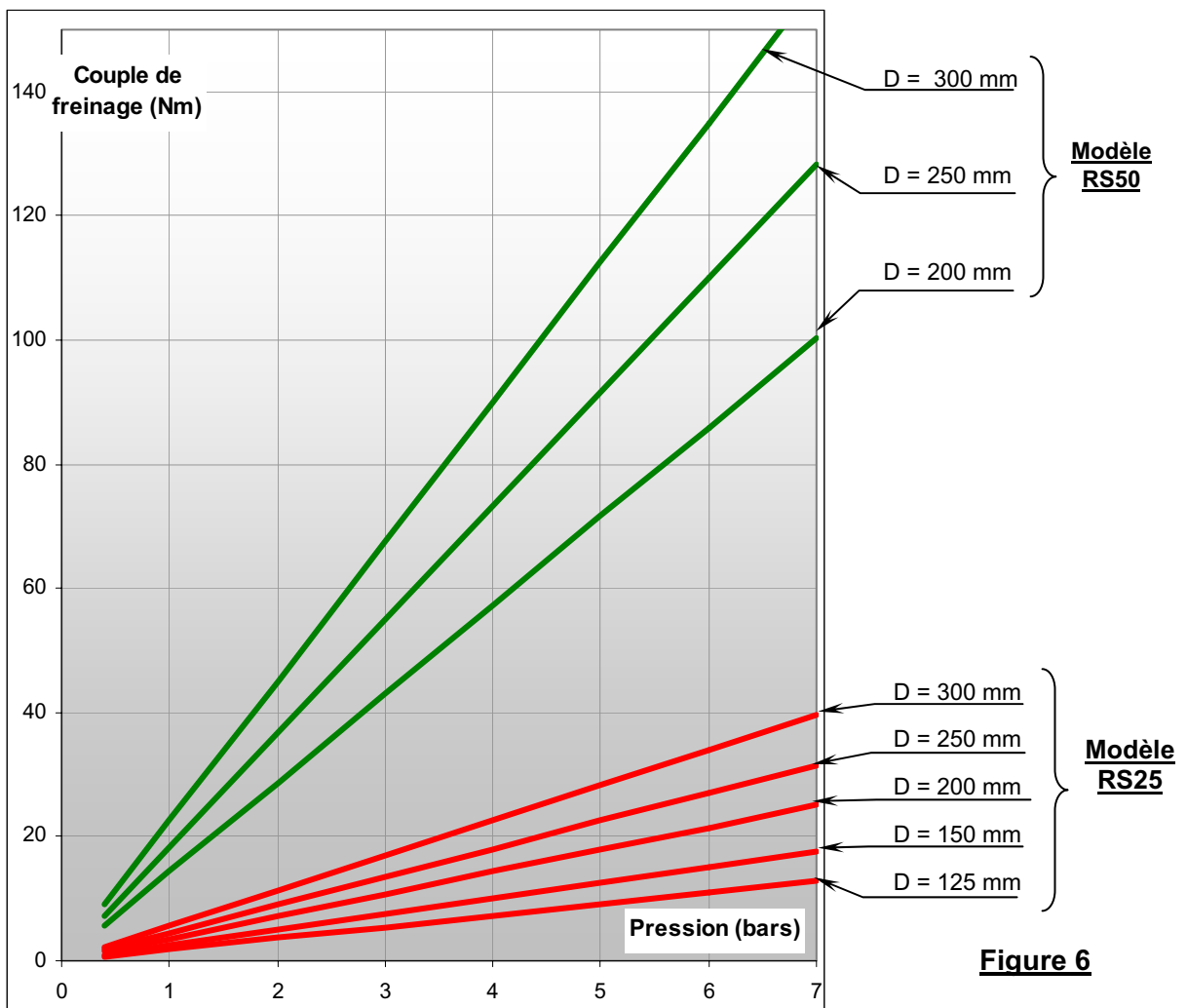


Figure 6

Question 5

- ✓ Après avoir précisé les hypothèses nécessaires, déterminer le moment du couple de freinage C_f nécessaire au respect de la durée de freinage imposée par le cahier des charges.
- ✓ Choisir, en les justifiant, la référence du frein et les valeurs du diamètre du disque et de la pression d'alimentation.

L'entraînement en rotation de la bobine est assuré par adhérence au niveau de sa liaison avec la broche. Une **Butée bobine 900-0014** élastique est interposée entre la broche et la face extérieure de la bobine. Sa géométrie est précisée sur le **document 3** et les **documents 5 à 7**. On note $f_0 = 0,6$ le coefficient d'adhérence entre butée et bobine.

La contre-poupée est équipée d'un vérin pneumatique chargé d'exercer un effort presseur F_p au niveau de ce contact.

Question 6

- ✓ Evaluer la poussée théorique du vérin nécessaire au ralentissement de la bobine lors d'un arrêt d'urgence, en excluant tout risque de glissement par rapport à la broche. Définir avec précision les hypothèses et dimensions nécessaires à cette étude.
- ✓ Proposer une valeur de la section utile du vérin exerçant l'effort presseur si la pression d'alimentation en air vaut $p_a = 0,5$ MPa.
Les dimensions utiles à l'application numérique seront relevées sur les documents 3 et 5.

Question 7

- ✓ Déterminer les actions dans la liaison pivot de la contre-poupée.
- ✓ Ces efforts sont-ils influencés par une éventuelle action de freinage ?

La **butée bobine 900-0014** est composée de deux pièces assemblées par collage (1 **disque centrage butée bobine** + 1 **couronne appui bobine**). Le matériau de la pièce interface de positionnement (**couronne appui bobine**) et d'entraînement de la bobine doit permettre de répondre aux contraintes suivantes du cahier des charges :

Fonction technique : Positionner la bobine axialement		
Critère	Niveau	Flexibilité
Répétabilité de positionnement	$\pm 0,2$ mm	F0 (non négociable)

Fonction technique : Entraîner la bobine en rotation		
Critère	Niveau	Flexibilité
Couple à transmettre	(cf. questions 5 à 7)	0 , +20%
Matière constituant les bobines	Acier (Tôles embouties) PMMA	F0
Caractéristiques dimensionnelles de la couronne interface	$\varnothing_{int} = 77$ mm, $\varnothing_{ext} = 200$ mm, $E_p = 24$ mm,	Tolerances générales ISO 2768 mK

Question 8

En prenant l'hypothèse d'un matériau isotrope, homogène, à température uniforme et constante :

- ✓ proposer les critères qui justifieront le choix du matériau constituant l'interface de la butée bobine avec la bobine, pour répondre au mieux aux contraintes du cahier des charges;
- ✓ déterminer alors les valeurs limites de ces critères (étayer la réponse par des justifications détaillées : hypothèses, phénomènes et lois physiques,...).

1.6 CONCEPTION DE LA CONTRE POUPEE

Document 2 : Schéma cinématique de l'enrouleuse.

Document 3 : Planche des différents types de bobine.

Document 5 : Schéma cinématique du guidage et maintien en position des bobines.

Le guidage en rotation de chaque bobine est assuré par une poupée et une contre poupée, qui garantissent une bonne rigidité du mécanisme pour limiter les vibrations.

Le centrage sur la poupée et la contre poupée est réalisé par des éléments d'adaptation spécifiques à chaque type de bobine. L'architecture de la machine doit garantir une bonne coaxialité de la poupée, de la contre poupée et de la bobine ($\varnothing 0,4$).

Le maintien en position ainsi que l'entraînement en rotation de chaque bobine, se fait par adhérence entre l'un des flancs et la **butée bobine 900-0014** de la poupée. Les guidages en rotation sont assurés par des roulements.

L'effort de maintien en position F_p de 6000 N, est créé par un vérin pneumatique fonctionnant sous une pression de service de 0.5 MPa.

Afin de répondre à la contrainte de montage de bobines de dimensions différentes, la contre poupée doit intégrer une fonction de réglage de gamme (**Document 5**).

Ce réglage définit deux positions axiales absolues verrouillées du mécanisme de guidage et d'application de l'effort (tolérance de mise en position de ± 1 mm).

Question 9

- ✓ A partir du schéma cinématique (**Document 5**), proposer deux solutions architecturales du mécanisme de contre poupée, sous la forme de croquis légendés et soignés.
- ✓ Critiquer les solutions au regard des contraintes du cahier des charges.

Question 10

- ✓ Sur **Document réponse 1** représenter la solution retenue (aux instruments). Les composants standard seront représentés proportionnés, et de dimensions réalistes.

2 MECANISME DE TRANCANNAGE

On se propose de dimensionner l'actionneur du mécanisme de trancannage.

Le mécanisme de trancannage est destiné à assurer un enroulement régulier du fil sur la bobine en générant un mouvement hélicoïdal du point d'entrée du fil sur la bobine. Ce mouvement est obtenu en combinant la rotation de la bobine et la translation du guide-fil par rapport au bâti.

Le mécanisme est constitué d'un moteur à courant continu de la gamme **Parvex (Document 8)**

Un ensemble vis écrou à billes INA LTE 3020 transforme la rotation du moteur en translation d'un chariot sur lequel est fixé le guide-fil (Figure 7).



Aperçu du mécanisme de trancannage



INA : Tables linéaires LTE30-2005-A
avec entraîn. par vis à billes

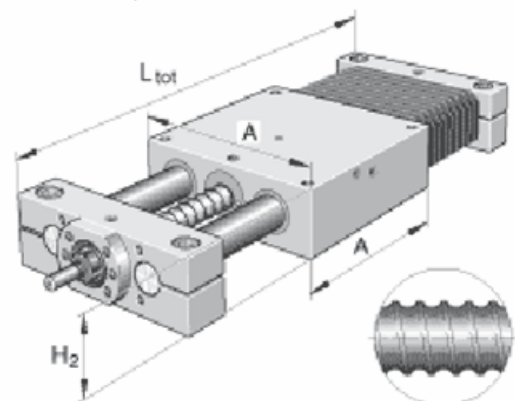


Figure 7

Lorsque l'enroulement arrive à proximité de la paroi latérale de la bobine, il est nécessaire de changer le sens du mouvement de translation du guide-fil.

Données spécifiques au mécanisme de trancannage :

- | | | | | |
|---|---|-------|---|--------------------------|
| ▪ Masse mobile en translation | : | M_t | = | 11,9 kg. |
| ▪ Moment d'inertie de la vis + accouplement / axe | : | J_t | = | 116 kg mm ² . |
| ▪ Pas de la vis | : | p_t | = | 5 mm |

Question 11

- ✓ Proposer une valeur de durée du changement de sens de la translation du guide- fil, ainsi qu'une loi de vitesse en fonction du temps au cours de cette phase.
- ✓ Evaluer l'action du moteur et les efforts dans le système vis écrou pendant la durée du changement de sens de translation du guide-fil.

Question 12

A partir de la documentation proposée par le constructeur **Parvex (Document 8)**, procéder au choix du moteur électrique le plus apte à assurer le mouvement de trancannage.

Vous paraît-il pertinent d'effectuer une analyse approfondie de la tenue du moteur vis-à-vis des effets thermiques ?

3 REGULATION DE TENSION

On se propose de définir la structure et les constituants du système de régulation de tension et de vitesse.

La bonne qualité de l'enroulement du fil sur la bobine nécessite une tension sensiblement constante et égale à $T_0 = 35$ N. En fonctionnement établi, le poste qui précède celui d'enroulement sur la ligne de production, assure une vitesse de défilement constante V_0 . Dans ces conditions, la tension T_0 est assurée en agissant sur le couple développé par le moteur de bobine, piloté à partir de l'information délivrée par un capteur d'effort installé sur une poulie de renvoi précédant l'entrée sur la bobine.

Le système de commande du moteur de broche permet de piloter sa vitesse de rotation. Mais du fait de l'inertie importante des éléments en rotation avec la bobine, seules les variations lentes de la vitesse de défilement du fil peuvent être corrigées en temps réel en agissant sur le couple moteur. Pour maintenir la tension du fil constante lors de variations plus rapides de la vitesse de défilement, un système de régulation - stockage de fil est installé en amont de la bobine d'enroulement (Cf. **Document 2**).

Ce système est constitué de 9 poulies folles, montées pour cinq d'entre elles (P_1, P_3, P_5, P_7 et P_9) sur un arbre fixe par rapport au bâti (moufle fixe), les quatre autres (P_2, P_4, P_6, P_8) étant montées sur un arbre lié à un coulisseau (1) mobile en translation par rapport au bâti (0) de la machine (moufle mobile). Le fil entre sur l'ensemble de régulation par la poulie (P_0), puis passe en boucle sur l'ensemble des poulies (P_1) à (P_9). Un vérin pneumatique gère la position du moufle mobile au moyen de la poulie (R_1) et d'un câble, de façon à maintenir la tension constante.

Question 13

- ✓ Sous la forme d'un schéma blocs, proposer un modèle du système réalisant la régulation de l'enroulement. Indiquer avec précision sur ce schéma les paramètres physiques intervenant dans la régulation.
- ✓ Proposer une liste des composants (capteurs, pré actionneurs et actionneurs), nécessaires au bon fonctionnement du système de régulation.

Question 14

- ✓ On se place dans la situation d'une variation brusque et de courte durée de la vitesse de défilement du fil à la sortie du poste amont. Décrire, sans calcul, le fonctionnement du système de régulation de tension du fil, en appuyant l'analyse sur des schémas, graphiques....
- ✓ Reprendre l'analyse précédente dans le cas d'une variation brusque de la vitesse, mais de durée prolongée.

4 PHASE DE CHARGEMENT - DECHARGEMENT DE LA BOBINE

On se propose d'analyser les conditions d'engagement de la bobine sur la poupée et la contre poupée lors du chargement.

La mise en place de la bobine sur le poste d'enroulement se déroule en 3 phases successives :

- la bobine vide est amenée à proximité du poste par gravité, grâce à la pente de la rampe de chargement, et transférée sur l'élévateur par un mécanisme à vérins hydrauliques ;
- L'élévateur déplace verticalement la bobine jusqu'à ce que son axe soit sensiblement aligné avec celui de la poupée et de la contre-poupée ;
- La bobine est fixée de façon automatique sur la poupée et la contre-poupée, puis l'élévateur revient à sa position inférieure.

L'élévateur est constitué (Cf. **Document 9**) :

- d'un **chariot 900-2400** constitué d'une platine et de deux tubes de guidage en acier ;
- d'une fourche mécano-soudée **interface bobine 900-2403**, essentiellement constituée de deux tubes de diamètres extérieur d_{ext} et intérieur d_{int} ,

Le groupe **chariot + fourche** est guidé en translation sur deux **colonnes 900-2401** en acier, fixées au bâti à leurs deux extrémités, par un ensemble de 4 douilles à billes **Star R0670-230-40** (Cf. **Document 10**). Dimensions des colonnes : longueur $L = 1280$ mm, diamètre $d = 30$ mm, (repères (1) et (1')).

La motorisation est assurée par un **moto-réducteur SEW** (0,25 kW ; $N = 16$ tr/min) agissant par l'intermédiaire d'une **roue à chaîne** et d'une **chaîne à rouleaux**.

Objectif :

L'attachement de la bobine sur la poupée et la contre-poupée nécessite sa mise en position précise par l'élévateur suivant la direction verticale. La possibilité d'utiliser des bobines de dimensions et masses différentes introduit une "écart" de mise en position dû aux déformations des éléments constituant l'élévateur.

On se propose, dans cette partie d'évaluer les déformations de l'élévateur.

Question 15

Proposer un modèle d'étude de l'ensemble de l'élévateur destiné à l'analyse de ses déformations : schéma(s), liaisons entre les éléments, paramétrage, hypothèses...

Préciser les propriétés de mobilité et d'hyperstaticité de ce modèle.

Mettre en place les efforts appliqués à l'élévateur lors du chargement d'une bobine.

La figure 8 propose un modèle paramétré de l'ensemble **chariot + fourche** (2) et de la **bobine** (3).

Donnée spécifique à l'élévateur :

- Module d'Young du matériau des colonnes et de la fourche : $E = 2 \times 10^5$ MPa
- Paramètres relatifs à la fourche : $\lambda = 110$ mm $2a = 150$ mm
- Diamètres des tubes : $d_{ext} = 50$ mm $d_{int} = 36$ mm
- Paramètres relatifs à la bobine : $L = 460$ mm $D = 630$ mm Masse $M = 32$ kg

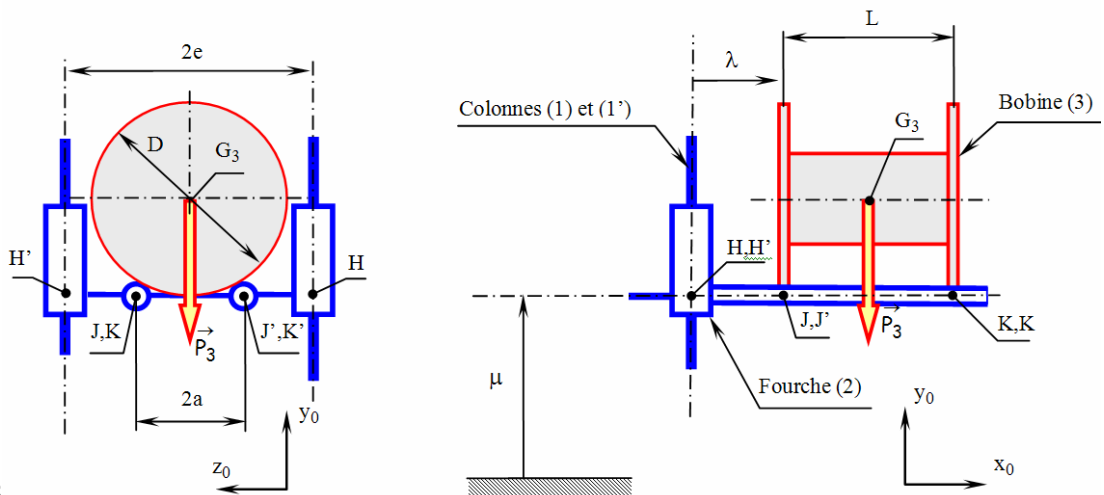


Figure 8

Question 16

Pour un déplacement donné μ du chariot, la position de référence de la bobine est définie en l'absence de déformations de l'élévateur. Caractériser, par rapport à cette référence, l'écart de position de la bobine dû aux seules déformations de la fourche.

AN : Calculer la valeur numérique de l'écart précédemment défini.

Quelle que soit la réponse établie à la question précédente, on suppose que l'écart de position de la bobine, dû à la déformation de la fourche seule, peut être représenté par le torseur des petits déplacements suivant :

$$\{D_{\text{Bobine}}\}_{G_3} = \begin{Bmatrix} \vec{R}_b = -2,3 \times 10^{-3} \vec{z}_0 \\ \vec{d}_b(G_3) = -0,93 \vec{y}_0 \end{Bmatrix} \quad (\text{Composantes en radians et mm})$$

Une étude analogue permet de caractériser le déplacement du chariot (2) par rapport au bâti, dû aux déformations des colonnes seules, soit le torseur :

$$\{D_{\text{Chariot}}\}_H = \begin{Bmatrix} \vec{R}_c = -3,1 \times 10^{-3} \vec{z}_0 \\ \vec{d}_c(H) = -0,14 \vec{x}_0 \end{Bmatrix} \quad (\text{Composantes en radians et mm})$$

Question 17

Evaluer, par rapport à sa référence, l'écart de position de la bobine résultant de la prise en compte des déformations de la fourche et des colonnes.

Vous paraît-il de nature à compromettre la mise en place de la bobine sur la poupée et la contre poupée ?

Objectif :

L'élévateur de la bobine est un mécanisme que l'on retrouve sur de nombreux types de machines qui interviennent dans la fabrication de fils et de câbles. La remise en cause du procédé d'obtention du **chariot 900-2400**, nécessite la rédaction d'un cahier des charges qui inclut le schéma de cotation associé à la spécification géométrique des surfaces fonctionnelles de guidage et de liaison.

On se propose, dans cette dernière partie, de construire ce document du cahier des charges.

Question 18

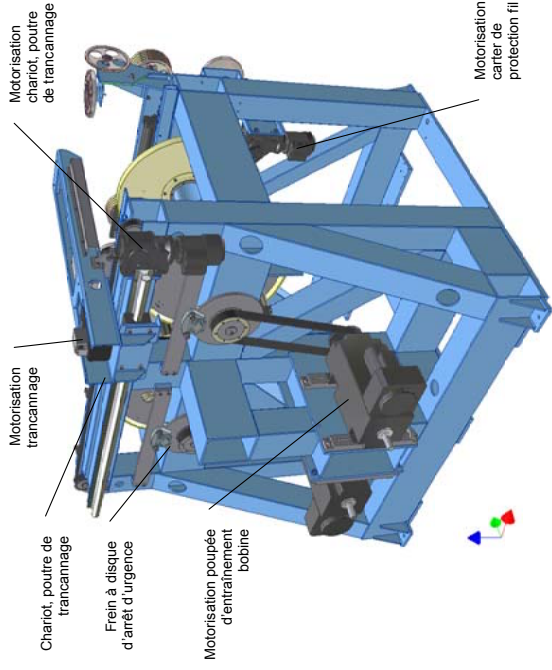
Le comportement satisfaisant du guidage de la fourche sur deux colonnes liées au bâti induit des contraintes géométriques sur les différentes pièces de l'assemblage.

Les **documents 9 à 11** définissent la géométrie des pièces constituant le mécanisme d'élévation.

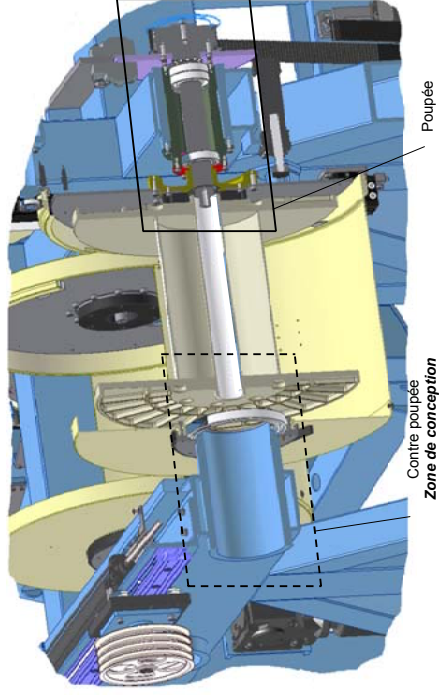
Le travail d'analyse et de spécification se centre sur le **chariot 900-2400**.

- ✓ Sur le **document réponse 2** tracer sur chacune des vues relativement aux silhouettes, les surfaces fonctionnelles de guidage et de liaison avec les composants voisins.
- ✓ Repérer ces surfaces conformément à la terminologie proposée au bas du **document réponse 3**.
- ✓ Compléter le **document réponse 3**, préparatoire à l'écriture du schéma de cotation et nécessaire à la mise en place d'une traçabilité de l'analyse conduite.
- ✓ Reporter sur le **document réponse 2** les spécifications géométriques et dimensionnelles qui découlent de l'analyse conduite sur le **document réponse 3**.

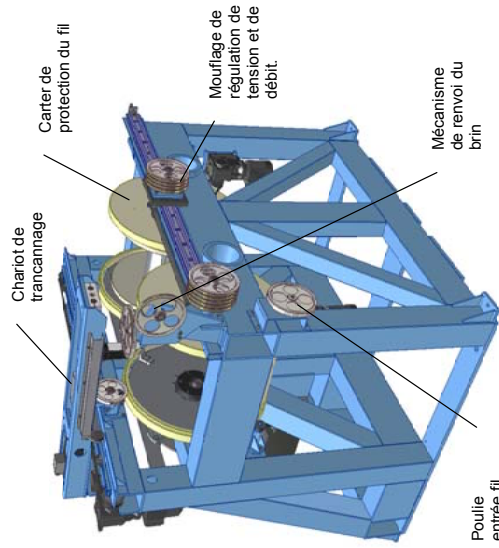
Dossier technique



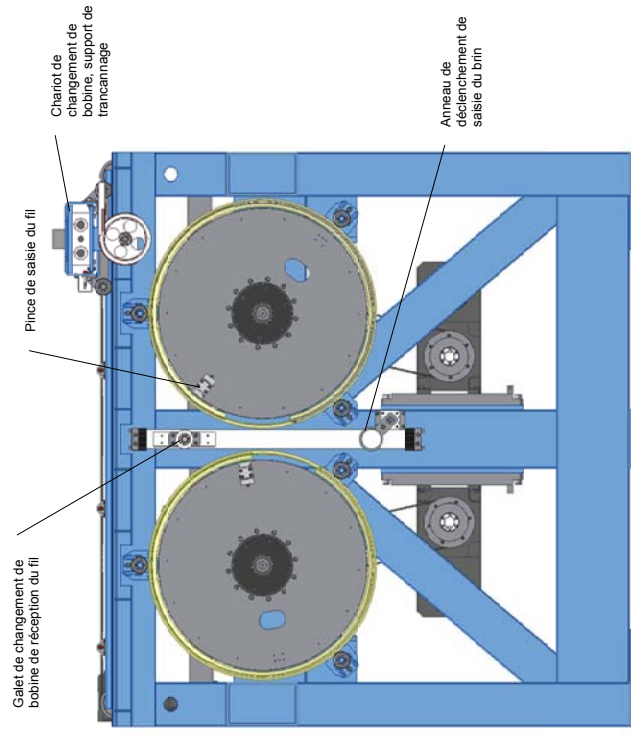
Implantation des motorisations



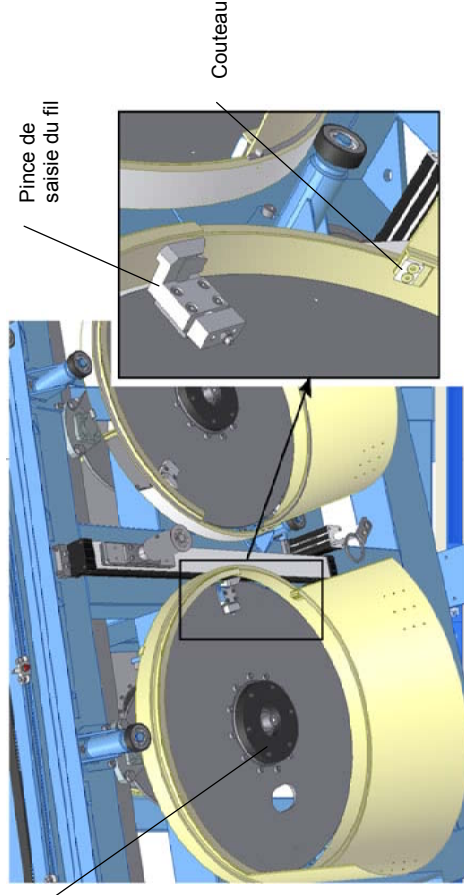
Broche droite de l'enrouleuse (contre poupée, poupée)



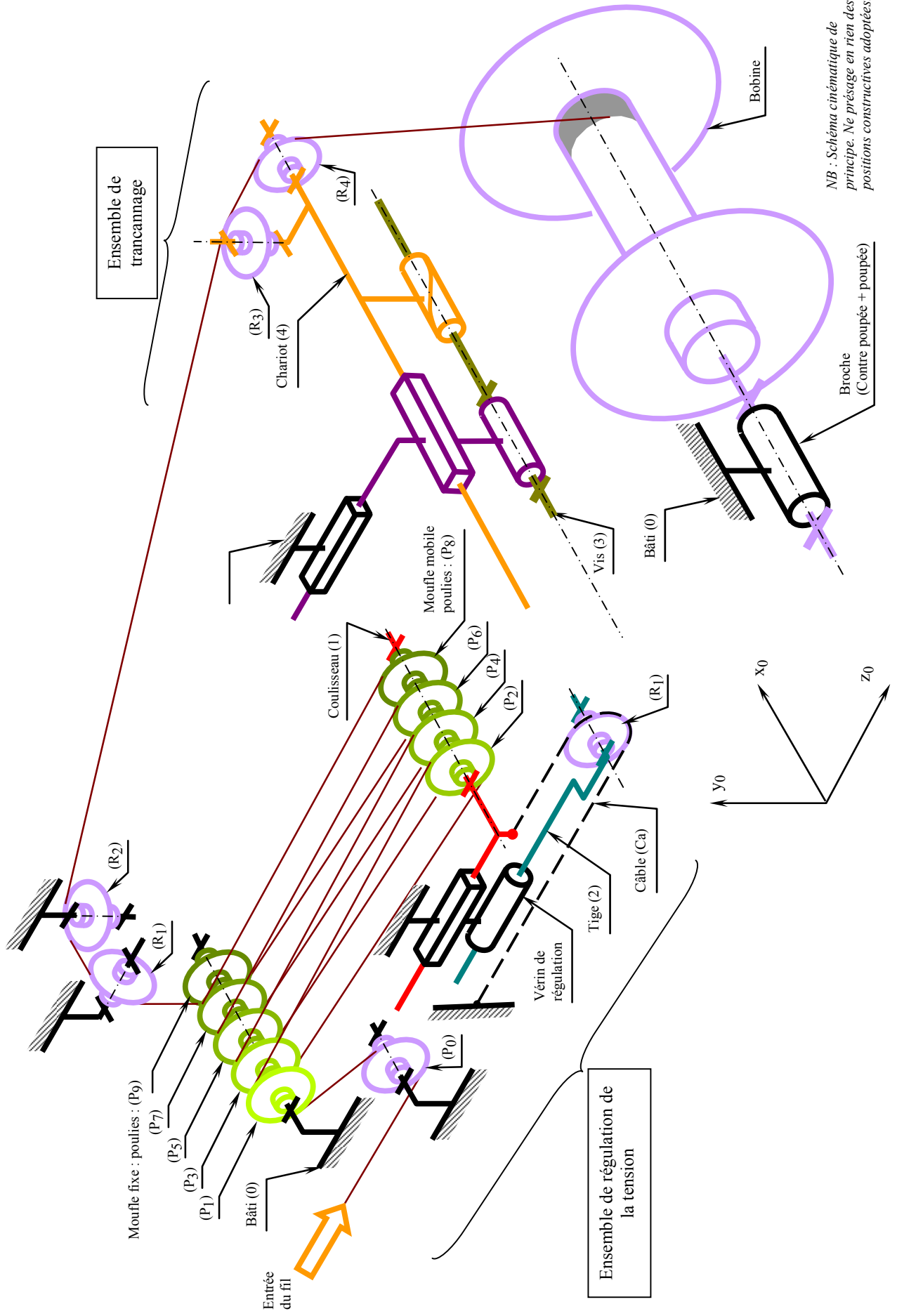
Structure de l'ensemble



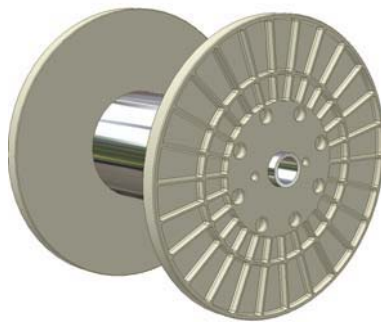
Mécanisme de changement automatique de bobine de réception



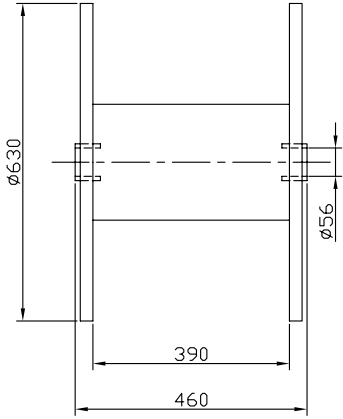
Saisie et coupe du fil



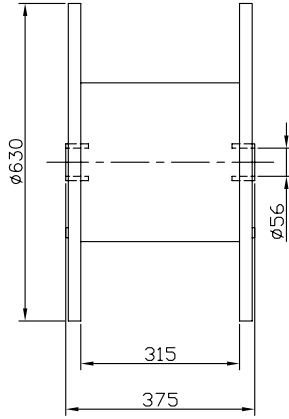
NB : Schéma cinématique de principe. Ne présege en rien des positions constructives adoptées.



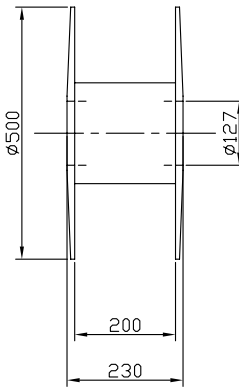
ø630x390x460xø56



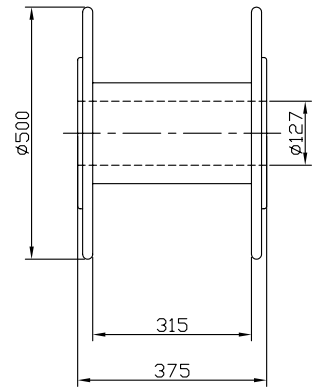
ø630x315x375xø56



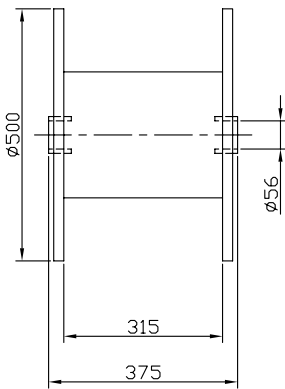
ø500x200x230xø127



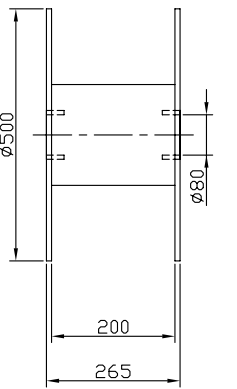
ø500x315x375xø127



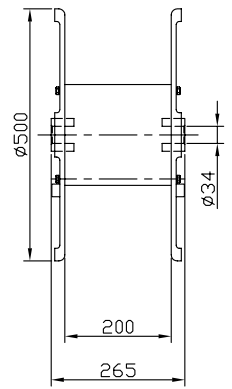
ø500x315x375xø56



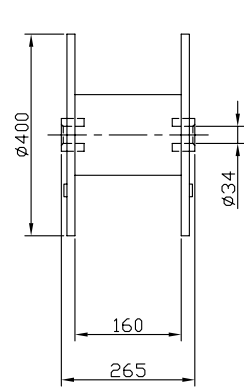
ø500x200x265xø80



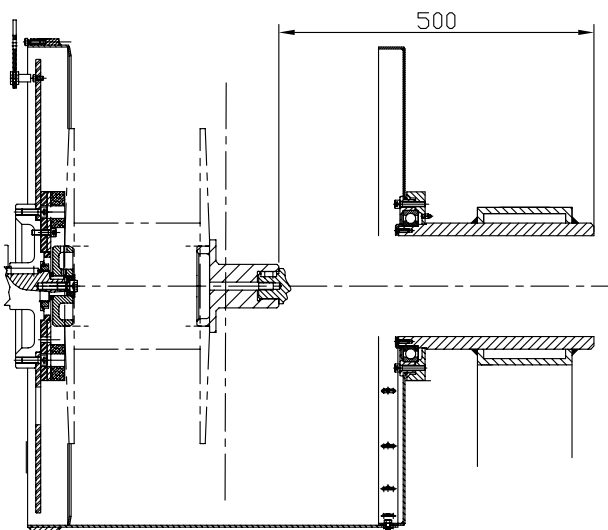
ø500x200x265xø34



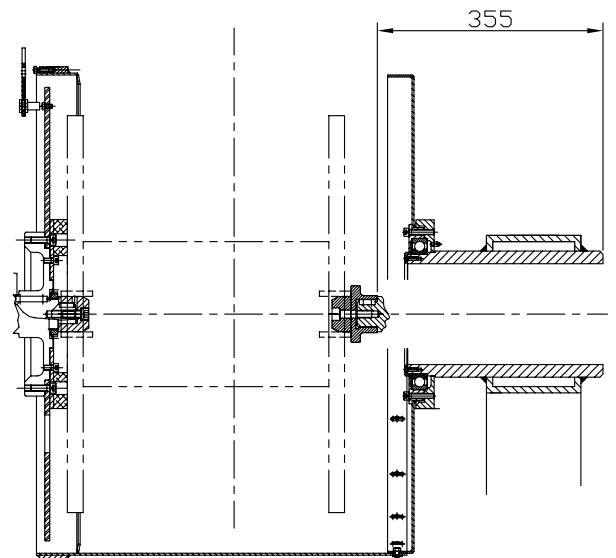
ø400x160x265xø34

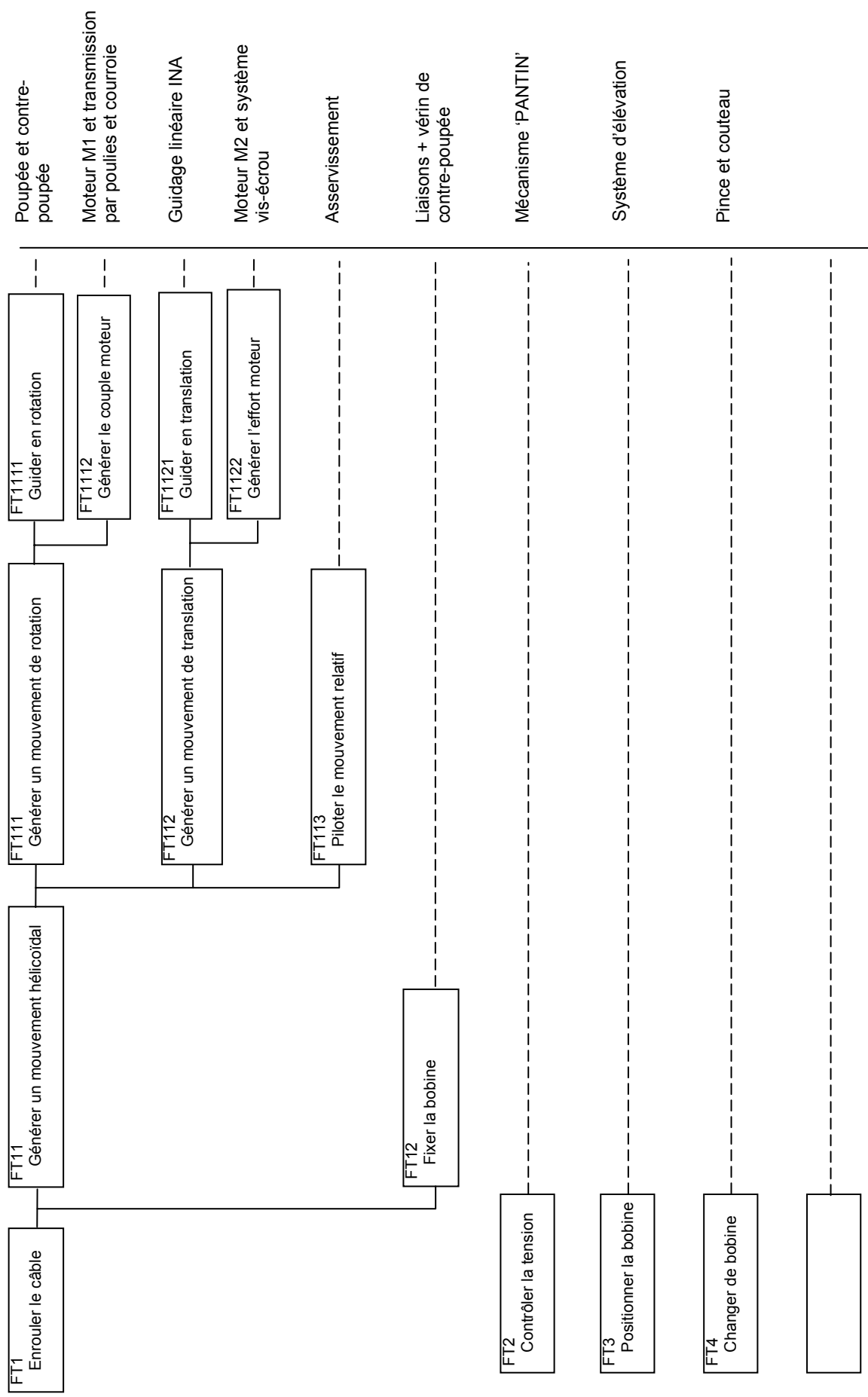


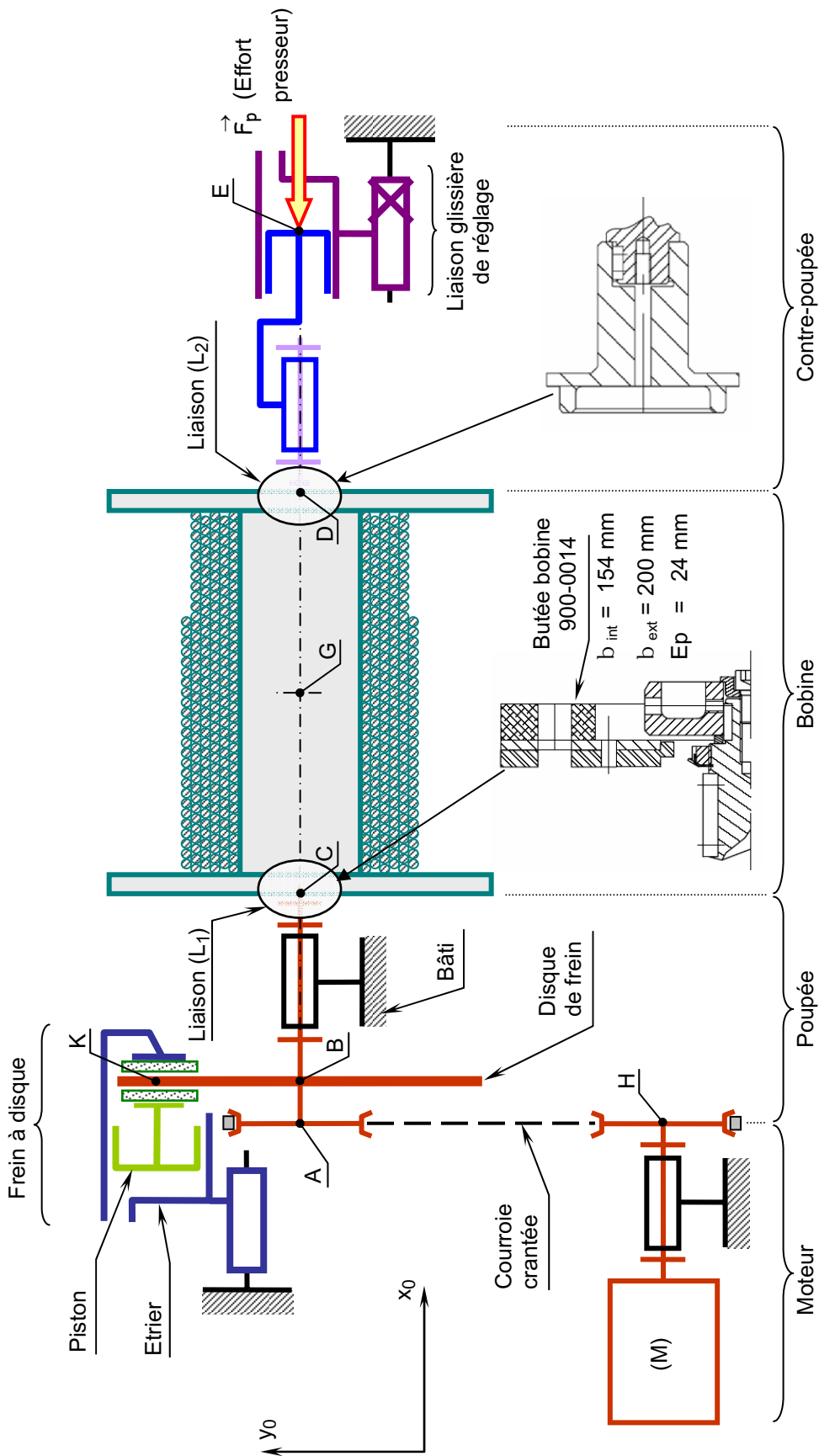
Position de verrouillage extrême
bobines de largeur 230 à 315



Position de verrouillage 2
bobines de largeur 375 à 460



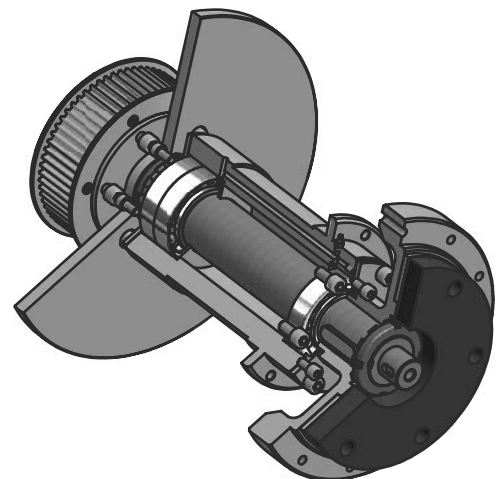
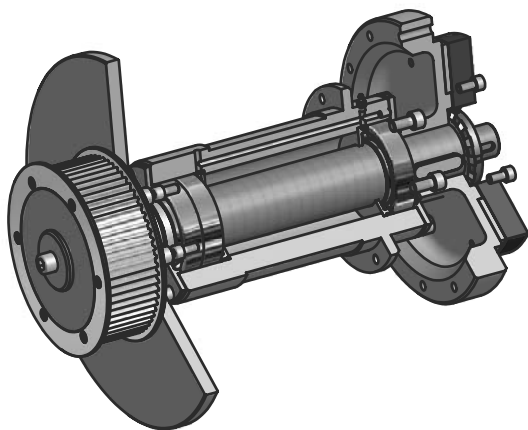




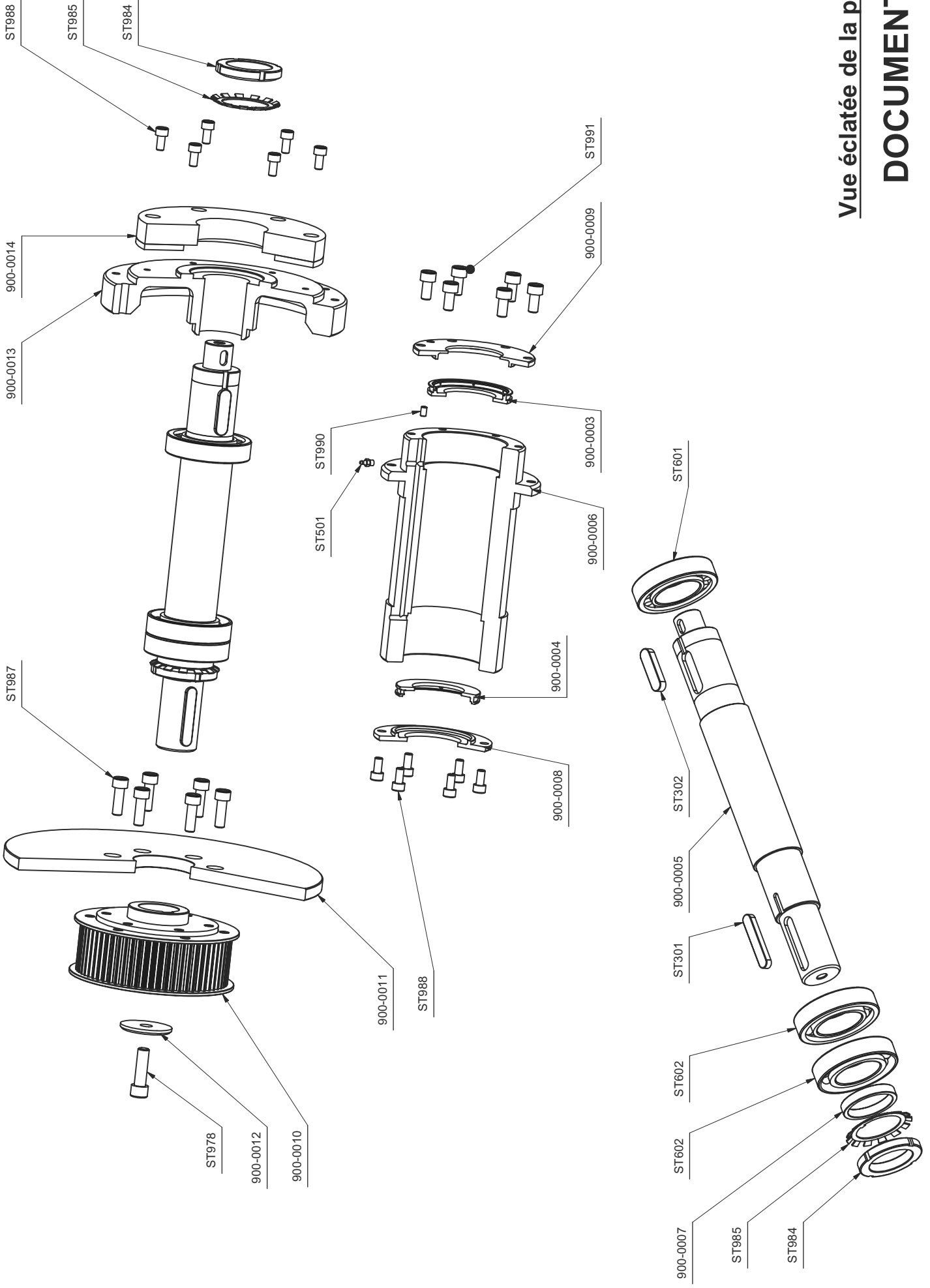
ST991	6	Vis CHC - NF E 25-125 M10 x 20	-	
ST990	2	Vis HC - NF E 27-180 M6 x 10	-	
ST989	1	Boulon à tête hexagonale - ISO 4017 - M6 x 12	-	
ST988	12	Vis CHC - NF E 25-125 - M8 x 16	-	
ST987	18	Vis CHC - NF E 25-125 - M10 x 30	-	
ST985	2	Rondelle frein NF E 22-310 - MB 10	-	
ST984	2	Ecrou à encoches KM10 - M50 x 1.5	-	
ST978	1	Vis CHC NF E 25-125 - M12 x 40	-	
ST935	1	Vis sans tête à six pans creux, DIN 913 - M6 x 30	-	
ST934	1	Ecrou hexagonal M6, DIN 934 - M6	-	
ST933	4	Vis à tête cylindrique, NF E 25-125 - M6 x 20	-	
ST602	2	Roulement xxxx 50 x 90 x 20	-	
ST601	1	Roulement yyyy 50 x 90 x 20	-	
ST501	1	Graisseur standard droit - M6 x 100	--	
ST302	1	Clavette parallèle NF E 22-177 - A, 14 x 9 x 50	-	
ST301	1	Clavette parallèle - NF E 22-177 - A, 12 x 8 x 60	-	
900-0014	1	Butée Bobine		
900-0013	1	Support plateau accrochage fil	C 35	
900-0012	1	Rondelle de blocage de la poulie	E335	
900-0011	1	Disque de frein	C 40	
900-0010	1	Poulie support disque de frein		
900-0009	1	Flasque avant pointe motrice	C 35	
900-0008	1	Flasque arrière pointe motrice	C 35	
900-0007	1	Rondelle de blocage	C 35	
900-0006	1	Fourreau pointe motrice	C 35	
900-0005	1	Axe pointe motrice	36 Ni Cr Mo 16	
900-0004	1	Entretoise roulement contact oblique	C 35	
900-0003	1	Entretoise roulement à rouleaux cylindriques	C 35	
Réf.	Nbre	Désignation	Matière	Observations

Nomenclature

Détail et nomenclature de la poupée



DOCUMENT 6



SERVOMOTEURS AC

BRUSHLESS

NX

0.45 à 64N.m



Description

La série NX est la nouvelle gamme de servomoteurs SSD Drives Parvex. De construction robuste et compacte, les servomoteurs brushless NX se caractérisent par une conception innovante 10 pôles pour une qualité de mouvement élevée et une densité de couple importante.

Avec un large choix de couple et de vitesse et une approche économique, la série NX est une solution idéale pour les applications servosystème.

RÉSEAU 230V ET 400V

CONSTRUCTION ROBUSTE ET COMPACTE

CONCEPTION 10 PÔLES

OPTION FREIN

PROTECTION IP64 (EN OPTION IP65)

QUALITÉ DE MOUVEMENT ET HAUTE DYNAMIQUE

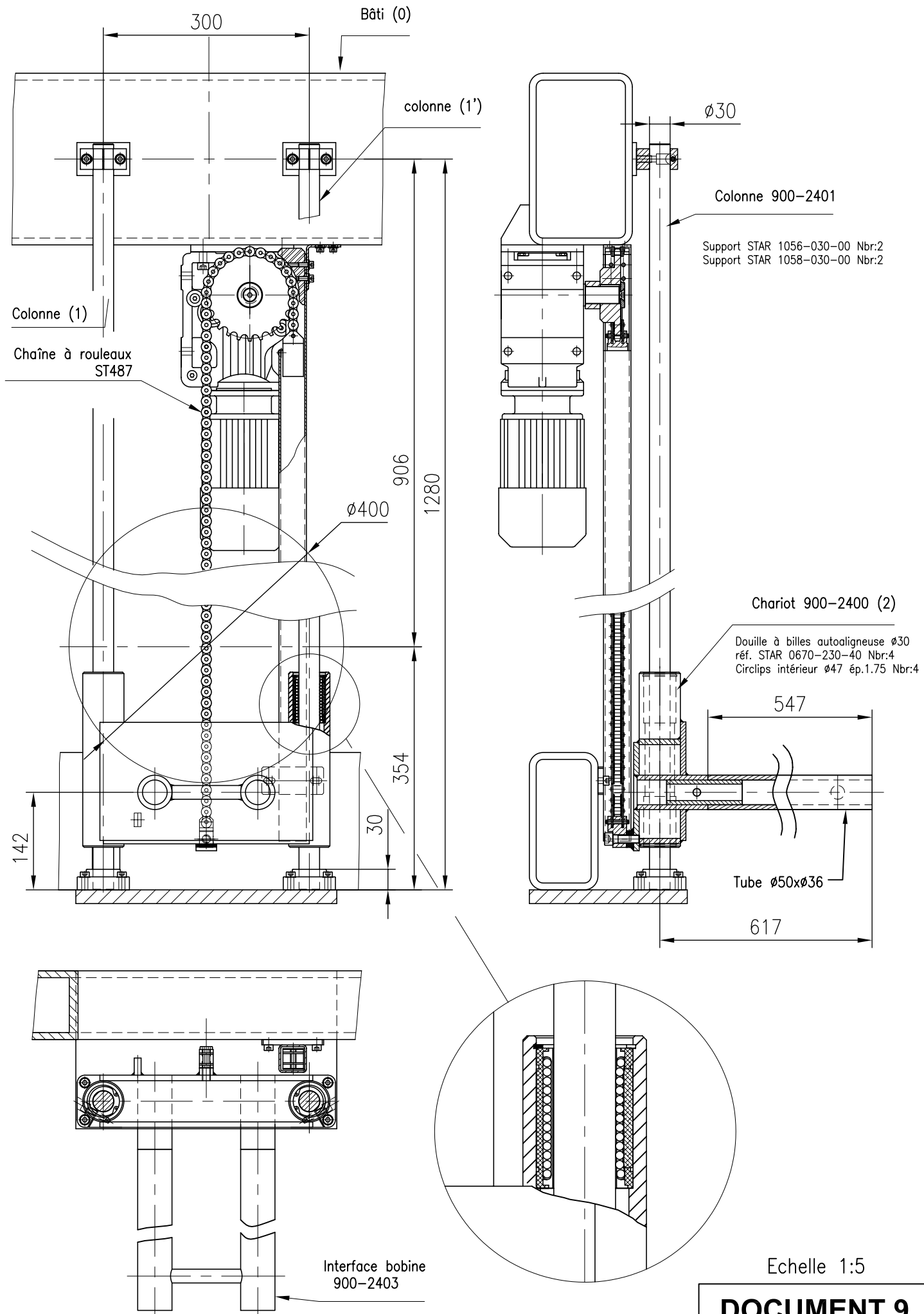
ROTOR AIMANTS TERRE RARE À CONCENTRATION DE FLUX

RESOLVER EN STANDARD, EN OPTION CODEUR ABSOLU

ÉCONOMIQUE POSIVEX®, CODEUR HIPERFACE®...

CONNECTEURS ORIENTABLES (NON-ORIENTABLES SUR NX1)

Référence	Couple M_0 en rotation lente (N.m)	Vitesse nominale (tr/min)	Inertie ($\text{kg.m}^2.10^{-5}$)	Masse (kg)
NX110EAP	0,45	6000	1,3	0,8
NX205EAV	0,45	5000	2,1	0,8
NX205EAS	0,45	7500	2,1	0,8
NX210EAT	1	4000	3,8	1,3
NX210EAP	1	6000	3,8	1,3
NX310EAP	2	2300	7,9	2,0
NX310EAK	2	4000	7,9	2,0
NX420EAP	4	2300	29	3,7
NX420EAJ	4	4000	29	3,7
NX430EAJ	5,5	3200	42,6	3,7
NX430EAF	5,5	4000	42,6	4,6
NX620EAR	8	2200	98	6,9
NX620EAJ	8	4000	98	6,9
NX630EAR	12	1450	147	8,8
NX630EAK	12	2800	147	8,8
NX630EAG	12	4000	147	8,8
NX820EAL	16	3600	320	13
NX840EAJ	28	2200	620	20
NX860EAD	41	2600	920	27
NX860VAG	64	2000	920	27

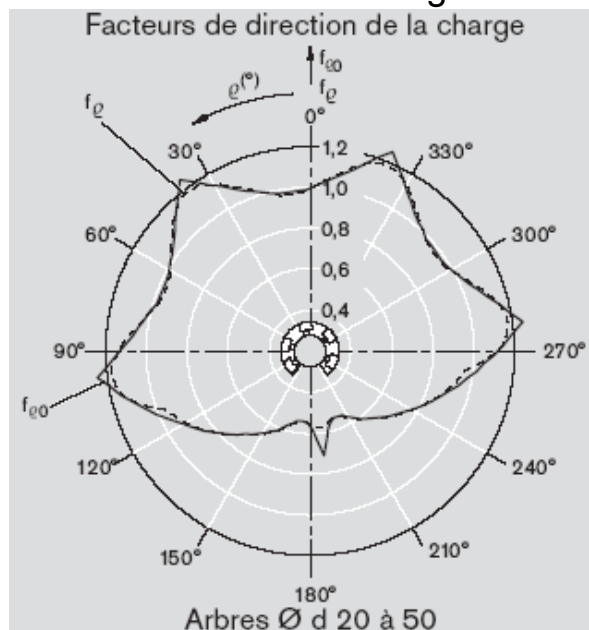


Douille à billes Super avec compensation des défauts d'alignement

Douilles à billes Super, R0670 fermées
Douilles à billes Super, R0671 ouvertes
Avec un racleur intégré : R0671 1.. 40
Avec un racleur intégré : R0670 1.. 40

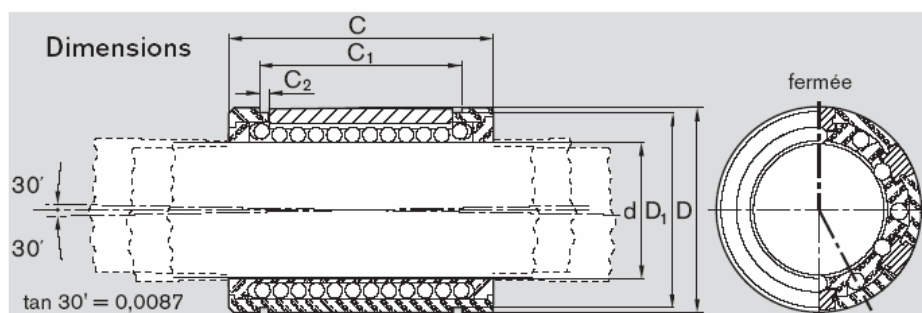
Conception :

- cage de guidage et manchon en polyamide
- pistes segmentaires en acier traité à gorges de roulement rectifiées
- billes en acier à roulements
- compensation des défauts d'alignement jusqu'à 30'
- sans racleur
- avec racleurs intégrés / séparés



Arbre Ø d [mm]	Références		Poids [kg]
	sans racleur	avec deux racleurs intégrés	
10	R0670 010 00	R0670 210 40	0,017
12	R0670 012 00	R0670 212 40	0,023
16	R0670 016 00	R0670 216 40	0,028
20	R0670 020 00	R0670 220 40	0,061
25	R0670 025 00	R0670 225 40	0,122
30	R0670 030 00	R0670 230 40	0,185
40	R0670 040 00	R0670 240 40	0,360
50	R0670 050 00	R0670 250 40	0,580

Avec un racleur intégré : R0670 1.. 40



Ød	Dimensions [mm]					Nombre de rangées de billes	Jeu radial [µm]						Capacités de charge [N]				
	D	C	C ₁	C ₂	D ₁		Arbre / Alésage						dyn. C		stat. C ₀		
	h13	H13					h7/H7	h7/JS7	h6/JS6	h6/K6	h7/K7	h7/M7	h6/M6	min	max	min	max
20	32	45	31,2	1,6	30,5	6	+49	+37	+28	+23	+29	+24	+16	2020	2470	1050	1340
							+13	0	+1	-4	-6	-12	-11				
25	40	58	43,7	1,85	38,5	6	+49	+37	+28	+23	+29	+24	+16	3950	4820	2180	2790
							+13	0	+1	-4	-6	-12	-11				
30	47	68	51,7	1,85	44,5	6	+49	+37	+28	+23	+29	+24	+16	4800	5860	2790	3570
							+13	0	+1	-4	-6	-12	-11				
40	62	80	60,3	2,15	58,5	6	+57	+42	+31	+25	+30	+27	+16	8240	10070	4350	5570
							+14	-1	+1	-4	-8	-16	-13				

Brides d'arbres R1058

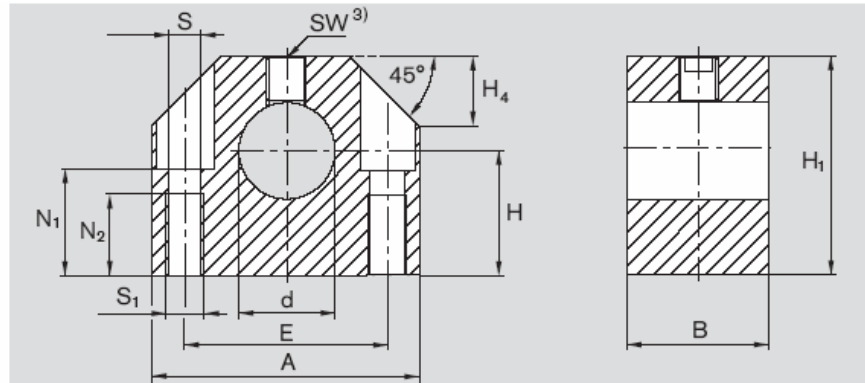
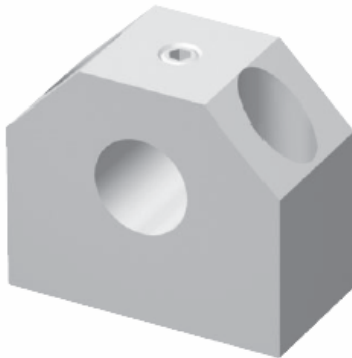
Matériau :

- aluminium

Conception :

- hauteur de construction particulièrement réduite adaptée pour les Linear Sets avec douilles à billes eLINE
- serrage par le haut permettant une meilleure accessibilité
- sécurité supérieure grâce à des vis de blocage à diamètre de filetage supérieur
- tarudage pour fixation par le bas
- trous traversants pour fixation par le haut

Arbre Ø d [mm]	Références	Poids [kg]
25	R1056 025 00	0,41
30	R1056 030 00	0,75
40	R1056 040 00	1,65
50	R1056 050 00	2,60



Dimensions (mm)													Couple de serrage (Nm)
Ø d	d H8	H¹) ±0,01	H₁	A	B	E ±0,15	S²)	S₁	N₁	N₂	H₄	A/F³)	
25	25	31	54	62	28	44	8,4	M10	26	22	17	4,0	16
30	30	34	60	67	30	49	8,4	M10	29	22	19	4,0	16
40	40	42	76	87	40	66	10,5	M12	38	26	24	5,0	30

Brides d'arbres, R1056

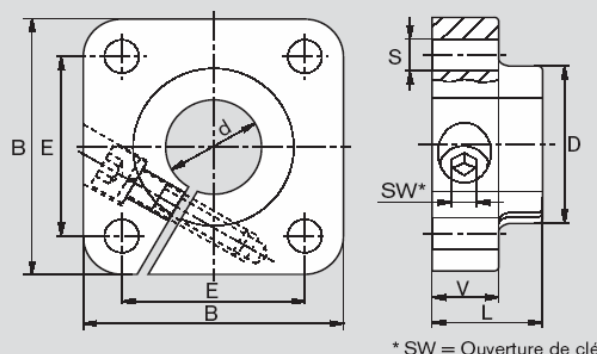
Matériau :

- fonte grise

Conception :

- comparativement au montage des arbres dans les alésages client, les brides d'arbres à bride permettent d'aligner les arbres et empêchent la surcharge des douilles à billes due à un écart de parallélisme
- vis de serrage latérale

Arbre Ø d [mm]	Références	Poids [kg]
25	R1056 025 00	0,41
30	R1056 030 00	0,75
40	R1056 040 00	1,65
50	R1056 050 00	2,60

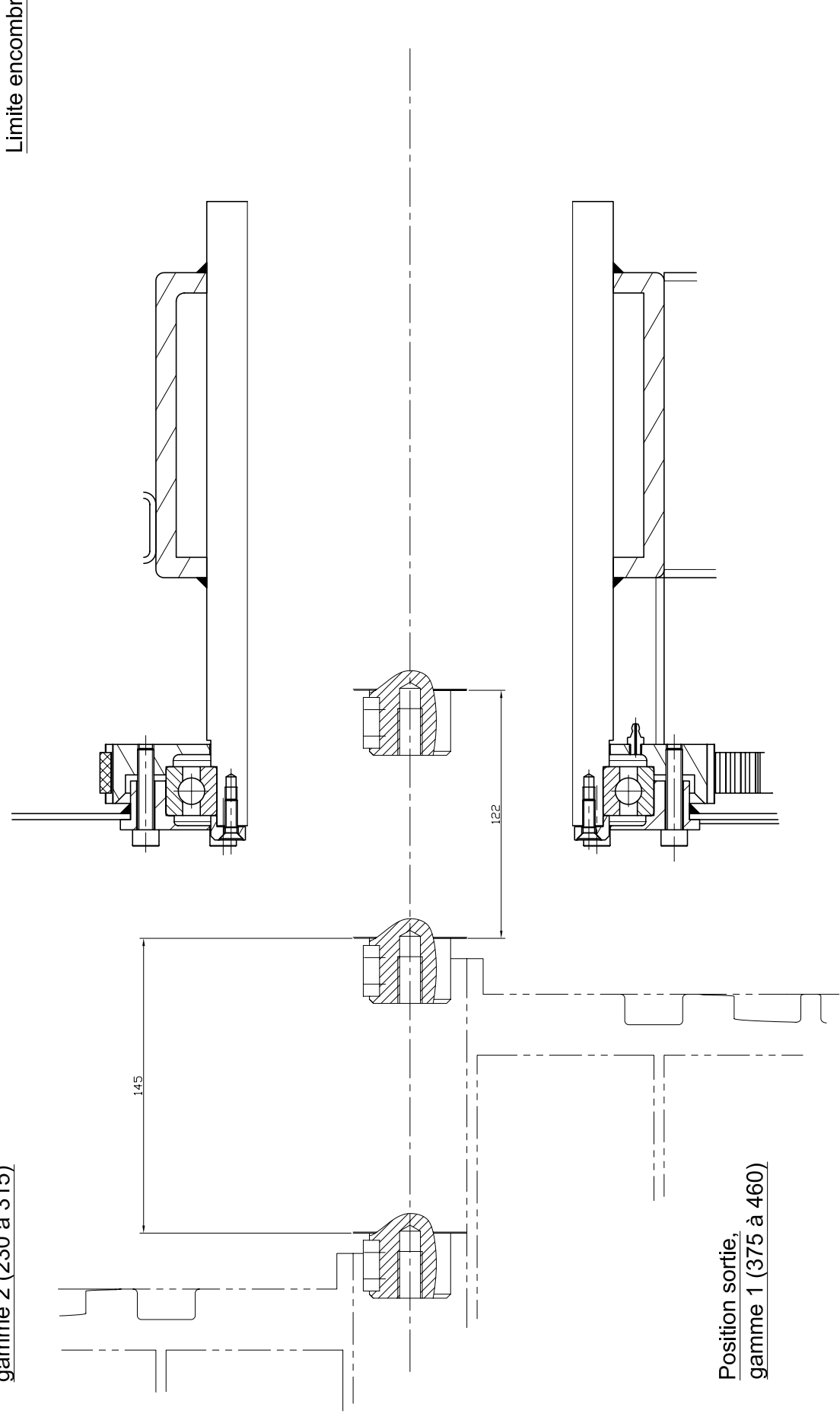


Dimensions [mm]									
Ø d	d (H7)	B¹)	L¹)	D¹)	E	S (H13)	V¹)	SW*	
25	25	60	25	42,0	42±0,15	6,6	16	5	
30	30	76	30	49,5	54±0,25	9,0	19	6	
40	40	96	40	65,0	68±0,25	11,0	26	8	
50	50	106	50	75,0	75±0,25	11,0	36	8	

Dossier réponse

Architecture poupée mobile

Position sortie,
gamme 2 (230 à 315)



Limite encombrement frontal

Position sortie,
gamme 1 (375 à 460)

