



**HAL**  
open science

# Conception d'une machine pour le remplissage de la crème glacée

Charbel Feghali

► **To cite this version:**

Charbel Feghali. Conception d'une machine pour le remplissage de la crème glacée. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2013. dumas-01225062

**HAL Id: dumas-01225062**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01225062>**

Submitted on 5 Nov 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Projet de fin d'études

Pour obtenir le diplôme Ingénieur mécanique

Spécialisation : Mécanique des structures et des systèmes

**Réalisé par**

**Charbel FEGHALI**

**Conception d'une machine pour le remplissage de la crème  
glacée.**

Soutenu devant le Jury :

Président: Dr. Georges Venizelos

Membres : Dr. Tony Jabbour

Session : **Septembre 2013**

## **Remerciement**

*Ce travail, est le résultat de la combinaison des efforts qui ont attribué à accomplir son progression ; Encore les recherches et les consultations qui ont aidé, inspirer et supporter...*

*En effet c'est très difficile d'exprimer tout le bien que je pense de ceux qui m'ont assuré la connaissance, le support et l'inspiration.*

*Avant tout, le remerciement est à Dieu qui m'a aidé et m'a donné la potentialité, faciliter, simplifier les obstacles afin d'achever ce travail.*

*Un grand remerciement à mes parents et à tous les membres de la famille pour leur soutenance et leur encouragement.*

*Je remercie mes superviseurs surtout : Dr. Mohamad Abdel Wahab et le chef du département mécanique Dr. Tony Jabbour pour leur guidance en continue, leur efforts et leur supports. Ainsi je leur remercie pour leur patience pendant toute la durée du travail et encore les années d'études.*

*Un grand merci, aux docteurs du département de génie mécanique, en confirmant l'appréciation pour leurs efforts exercés pour procurer la connaissance non seulement pour achever mon projet mais aussi pour assurer les meilleures compétences à mon carrière.*

*Enfin, un grand remerciement à mes collègues, pour l'ambiance amicale et le support qu'ils ont offerts durant toutes les années d'études.*

## ***Résumé***

A nos jours, les procédés industriels s'évaluent de plus en plus avec l'amélioration des techniques de la technologie, en même le traitement des produits alimentaires. Jadis, les petites industries utilisent des machines semi automatiques, qui peuvent introduire des impuretés lors du transfert des semi produits d'une machine à une autre, dans le processus de la fabrication.

Dans ce travail, il s'agit de concevoir une machine qui prépare le mélange de la crème glacée et l'injecte dans des verres de capacités préprogrammées. Dans ce projet, on s'intéresse de dimensionner et de conceper le robot permettant le remplissage de la crème glacée qui est une partie de cette grande machine, à cause du temps réduit pour accomplir ce projet.

Description: Le mélange préparé, est prêt à être injecté, à partir d'un congélateur continu (voir procédés de fabrication). Il passe par l'injecteur spécialiste, qui permet de doser la quantité à débiter dans le verre correspondant.

-II s'agit d'un plateau de 1 mètre de diamètre, contenant 8 pistes afin d'accomplir les étapes nécessaires pour automatiser le remplissage de la crème dans les verres.

-Ce plateau est contrôlé par un moteur pas à pas, lui-même guidé par un automate programmable (PLC), qui spécifie la vitesse, donc le débit de cette machine.

-L'alimentation en verre et en couvercle se fait par un mécanisme spéciale, des manipulateurs et des actionneurs aident à accomplir ces taches.

-Le mécanisme de remplissage débute par l'alimentation en verre sur le plateau principale circulaire, par un vérin pneumatique et une ventouse; Après une rotation de 45 degré en temps préprogrammé, vient la deuxième étape qui est le dosage des granules, la troisième étape, c'est l'injection de la crème contenant une principale et trois autres secondaires en goûts différents. Jusqu'ici, s'achève le but et reste le serrage du couvercle.

-Le serrage s'effectue par une presse à piston pneumatique. La dernière étape, c'est l'évacuation, pour que les verres puissent être prêts pour l'assemblage en paquet si nécessaire.

Chaque actionneur est contrôlé par des capteurs, qui surveillent leur fonctionnement et assure un remplissage correct sans erreur.



## Table de matières :

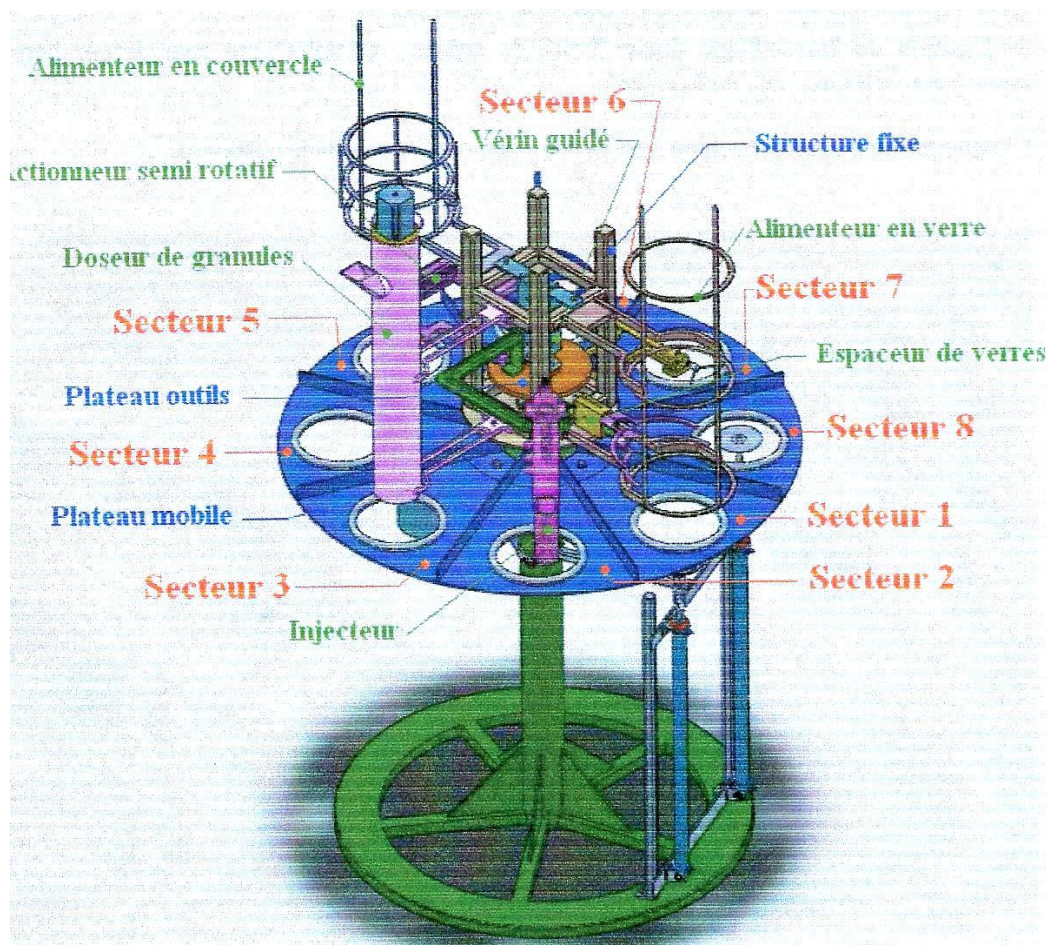
<i>Introduction générale</i> .....	4
<i>Chapitre 1 : L'histoire de la crème glacée</i> .....	7
<b>CHAPITRE II : PROCESSUS DE FABRICATION</b> .....	9
II.1-Matières premières de la crème glacée : .....	9
II.2-Processus de fabrication : .....	11
II.2.1-Mélanger : .....	11
II.2.2 –Pasteurisation : .....	12
II.2.3 –Homogénéisant : .....	13
II .2.4 –Pré réfrigération et refroidissement : .....	14
II -2.5 –Vieillessement : .....	14
II.2.6-Congélation (en continue) : .....	15
II.2.7-Durcissement de la crème glacée : .....	17
II .2.8 -Le stockage et la distribution : .....	18
II .2.9 -Le système de réfrigération : .....	19
II .2 10-Capacité de réfrigération : .....	20
II .2.11 - Stockage à froid.....	23
<b>CHAPITRE III</b> .....	24
<b>CONCEPTION DE LA MACHINE PARTIE EMBALLAGE</b> .....	24
III.1- Matériaux : .....	24
III. 1.1 – Caractéristique : .....	24
III.1.2- Composition : .....	24
III.1.3- Caractéristiques mécaniques (à température typique de la chambre) : .....	25
III.1.4- Propriétés physiques : .....	25
III.1.5- Résistance à la corrosion : .....	26
III.2- Caractéristique de la machine et dimensionnement des différents éléments : .....	28
III.2.1- Dimensions des verres ayant une forme conique avec la hauteur fixée = 10cm : .....	28
III.2.2 – Dimensions des secteurs support : .....	29
III.2.3- Dimensions du support tubulaire vertical : .....	31
<b>CHAPITRE IV      CALCUL DYNAMIQUE</b> .....	36

IV.1- calcul du couple moteur capable d'entraîner la plaque supportant les verres : .....	36
IV.2- Choix du moteur : .....	37
IV.3-Calcul de la fréquence propre : .....	38
IV.4-Caractéristiques du moteur : .....	39
IV.4.1 - Notions générales sur le moteur pas à pas ("stepper motor"): .....	39
IV.4.2 - Principe des moteurs pas à pas : .....	39
IV.4.3- Les caractéristiques statiques : .....	41
IV.4.4—Les caractéristiques dynamiques : .....	42
IV.4.5 - Description interne du moteur unipolaire à 2 phases:.....	46
IV.5- Calcul de la transmission par courroie : .....	49
IV.6-Caractéristiques de la courroie : .....	52
IV.7- Calcul du support portant le moteur : .....	55
IV.8- Fixation de la petite poulie : .....	56
IV.8.1- Vérification du bon fonctionnement aux charges axiales et radiales à l'arbre moteur : .....	56
IV .9-Optimisation du choix du moteur: .....	57
CHAPITRE V CHOIX DES ROULEMENTS .....	59
V.1- Caractéristiques des roulements à une rangée de bille à contact oblique : .....	61
V.2- Tolérances .....	61
V.2.1- Règles : .....	61
V.2. 2 - Montage arbre tournant : .....	62
V.2. 3 - Montage moyeu tournant : .....	62
V.2.4 - Dégagement interne, charge initiale : .....	62
V.2. 5 - Déviation d'alignement : .....	62
V.2.6- Conception des arrangements de roulement : .....	63
V. 2.7 - La charge minimale : .....	64
V.2.8- La charge dynamique équivalente de roulement : .....	65
V.2.9- La charge statique équivalente de roulement : .....	65
V.2.10 - Détermination des forces axiales : .....	65
V.2.11- Vérification des roulements en charges : .....	65
V.2.12- Durée de vie du roulement : .....	66
V.2.13- Fréquences de fonctionnement normales et dangereuses : .....	69
V.2.14- Vérification pour le taux de charge dynamique : .....	69

CHAPITRE VI .....	72
CONCEPTION DE LA PARTIE AU DESSUS .....	72
VI.1 - Dans la poste 1 .....	72
VI. 1.1- Choix du vérin : .....	72
VI. 1.2- Les accessoires : .....	73
VI.1.3- Ventouses .....	74
VI.1.4 -Choix de la ventouse d'après le catalogue FESTO : .....	75
VI. 1.5 -Générateur de vide ou "Venturi" .....	78
VI.1.6- Alimentation en verre : .....	80
VI.2- Dans la poste 2 : .....	81
VI.2.1-Calculs des dimensions de l'injecteur : .....	81
VI.2.2 - Calcul de la perte de charge qui affecte l'écoulement de la crème dans les tuyères : .....	83
VI.2.3 - Calcul du ressort : .....	84
VI .2. 4 - Calcul des dimensions du porteur d'injecteur : .....	85
VI.3 - Dans la poste 3 .....	86
VI.3.1 - Dimensions du doseur: .....	86
VI.2.3- Calcul de la puissance du moteur : .....	86
VI.3.3-Choix d'accouplement : .....	88
VI.3 4 - Vérification des dimensions de la structure portant le doseur: .....	89
VI.4- Dans la poste 5 : .....	90
VI.4.1 – Choix de l'actionneur : .....	90
VI.4.2 – Vérification de la structure portant le système d'actionneur. ....	91
VI.4.3 – Vérification des dimensions de l'alimenteur en couvercle.....	91
VI.5- Dans la poste 6: .....	92
VI.6 – Dans la poste 8 : .....	95
VI.6.1 – Choix du deuxième vérin : .....	95
VI.6.2 – Conception du porteur du Vérin : .....	97
VI.7 – Dans la poste 0 : .....	97
Conclusion : .....	99

## Introduction générale

Le système de remplissage de la crème glacée est utilisé pour le remplissage de la crème d'une façon automatisé, sans l'intervention humaine, ce système est contrôlé par un automate programmable industriel supportant son environnement agressif, qui contrôle, guide et assure la bonne démarche du travail. En plus cet automate permet la sélection du débit de cette machine, en même temps le bon dosage et le choix programmé du volume du remplissage.



Cette machine est formé d'un plateau centrale mobile comportant huit secteurs indépendant, chacun se situe au-dessous d'un outil spécifique en base du temps afin que celui-ci puisse achever son travail.

Ce plateau est actionné par un moteur pas à pas, la puissance est transmise à l'aide de deux poulies et une courroie. Un plateau portant les outils est actionné par un vérin double effet guidé.

Les secteurs ont pour but, les uns après les autres :

1-Alimenter en verre la première piste à partir d'un alimenteur en verre et un vérin en bas équipé d'une ventouse.

2-Injection durant une période programmée, la crème glacée en quatre saveurs différentes, dans les verres correspondantes.

3-Dosage de granules en doses pré programmé en dépendance de l'utilisateur.

4-Piste non utilisée dans ce projet, mais peut être optionnelle pour l'arrosage du chocolat fondu par une soupape appropriée.

5-Alimentation en couvercle avec mis en place sur les verres correspondantes par un actionneur semi rotatif et une ventouse.

6-Fixation des couvercles par pression mécanique (clipsage).

7-Piste non utilisée dans ce projet, mais peut être utilisée optionnellement pour l'injection de la date par une tête imprimante spécialisée autonome.

8-Ejection de l'assemblage final « boîte de crème complète » qui sera dirigé vers un convoyeur fabriqué indépendamment.

Chaque partie de cette machine, est développée et dimensionnée chacune.





La figure en haut montre une vue virtuelle en vrai texture de la machine de remplissage.

Mais premièrement, il faut connaître l'histoire et les procédés de la fabrication de la crème afin de connaître les étapes de traitements qui peuvent être utiles pour la conception d'une machine assurant l'alimentation en mélange et le remplissage dans un projet en futur.

## Chapitre 1 : L'histoire de la crème glacée

Notre liaison amoureuse avec la crème glacée existe depuis des siècles. Les Grecs antiques, les Romains, et les juifs ont été connus par refroidissement des vins et des jus. Cette pratique est transformée en fruit glacé et, par la suite, les mélanges congelés de lait et de crème. Au premier siècle, l'empereur *Nero* a censément envoyé des messagers aux montagnes pour rassembler la neige de sorte que son personnel de cuisine ait pu faire des mets assaisonnés avec le fruit et le miel. Pendant douze siècles plus tard, *Marco Polo* a présenté à l'Europe un dessert surgelé de lait semblable au sorbet moderne qu'il avait apprécié en Extrême-Orient. Les Italiens étaient particulièrement friands de la confection surgelée qui par le seizième siècle s'appelait la crème glacée. En 1533, la jeune princesse italienne *Catherine de Medici* est allée en France en tant que jeune mariée du futur Roi Henry II, la crème glacée été incluse dans son trousseau des recettes pour les desserts surgelés. La première vente publique de la crème glacée s'est produite à Paris chez le Café Procope en 1670.

Les desserts surgelés étaient également populaires en Angleterre. Les invités au banquet de couronnement d'Henry V de l'Angleterre au quatorzième siècle ont apprécié un dessert appelé le "cremefrez". Par le dix-septième siècle, Charles a été servi la glace de crème de façon régulière. Les livres de cuisine anglais de Dix-huit siècles ont contenu des recettes pour la crème glacée assaisonnée avec des abricots, des violettes, des pétales roses, le chocolat, et le caramel. D'autres premiers assaisonnements macaron et rhum y inclus. En Amérique, *George Washington* et *Thomas Jefferson* étaient fanatiques de la crème glacée. *Dolley Madison* a été connu par le service de la crème glacée aux diners d'état de la Maison Blanche.

Puisque la glace était chère et la réfrigération n'avait pas été encore inventée, la crème glacée était encore considérée un festin pour le riche ou pour ceux dans des climats plus froids. (Dans une note écrite en 1794, Beethoven a décrit la crainte des Autrichiens qu'un hiver chaud hors de la saison, les empêcherait d'apprécier la crème glacée). En outre, le processus de faire la crème glacée prenait un volume encombrant et du temps. Un mélange des produits laitiers, des œufs, et des assaisonnements a été versé dans un pot et battu pendant que, simultanément, le pot a été secoué en haut et en bas dans une casserole de sel et de glace.

C'était vraiment les Américains dans l'année 1800 qui ont popularisé la crème glacée, la crème soda glacé, les boissons frappées aromatisées à base de lait et les semblables.

Actuellement la crème glacée est faite à l'aide d'une cuvette à l'intérieur d'une autre plus grande. La grande cuvette contient la glace salée et écrasée. La cuvette plus petite contient les ingrédients. Les ingrédients (crème, sucre, œufs et fruit) seraient mélangés ensemble et alors battus pour fouetter l'air dedans. Le mélange serait alors permis de se reposer et geler pendant un moment et alors il serait fouetté encore. Ce processus continuerait jusqu'à l'uniformité appropriée et la texture a été réalisée.

Le développement de la moisson de glace et de l'invention de la glacière (maison de la glace) isolée au dix-neuvième siècle a rendu la glace plus accessible au grand public. En 1846, *Nancy Johnson* a conçu un congélateur de la crème glacée, opéré à la manivelle qui a amélioré légèrement la production. La première fabrication documentée à temps plein d'abord de la crème glacée a eu lieu à Baltimore, le Maryland, en 1851 où un marchand de lait appelé *Jacob Fussell*, s'est trouvé avec un excédent de crème fraîche. En travaillant rapidement avant que la crème puisse s'acidifier, Fussell a fait une abondance de la crème glacée et l'a vendue à un escompte. La demande populaire l'a bientôt convaincu que la vente de la crème glacée était plus profitable que vendant de lait.

La première baratte continue a été faite par Clarence Vogt en 1926. Le premier cône de la crème glacée a été fait en 1896. D'autres barres de la crème glacée, produits à bâtons, etc. ont été développés dans les années 1920.

Cependant, la production était encore encombrante, et l'industrie s'est développée lentement jusqu'à ce que le mouvement d'industrialisation du début du 20ème siècle ait apporté le courant électrique, la puissance de vapeur, et la réfrigération mécanique. Par les années 20, les écoles agricoles offraient des cours sur la production de crème glacée. Des associations commerciales pour des membres de l'industrie ont été créées pour favoriser la consommation de la crème glacée et combattre les règlements fédéraux proposés qui appelleraient pour la vente de la crème glacée en poids plutôt que le volume, et la révélation des ingrédients.

La prohibition s'est avérée très profitable pour l'industrie de crème glacée. Les boissons alcoolisées niées, beaucoup de personnes ont mangé la crème glacée à la place.

Des brasseries ont été souvent converties en usines de crème glacée, bien qu'il soit probable que certaines des usines se dirigent simplement en ventes illégales de boisson alcoolisée. Bien que l'abrogation de la prohibition en 1933 et de la dépression suivante ait ralenti des ventes de crème glacée, l'industrie a continué pour se développer. L'industrie cinématographique était particulièrement instrumentale dans la promotion de la crème glacée et les scènes dépeignant des étoiles appréciant les mets surgelés étaient abondantes.

Les salons de la crème glacée ont pris naissance dans chaque ville et l'employé de salon, la soi-disant secousse de soude, développée en icône culturelle.

Après la deuxième guerre mondiale, avec les matières premières facilement disponibles encore, l'industrie de la crème glacée a produit plus de 20 quantités (19 1) de crème glacée pour chacun américain par an. Pendant les années 50, la concurrence a pris naissance entre le salon de la crème glacée et le drugstore qui vend la crème glacée empaqueté. Pendant ce temps, il y a lieu l'utilisation d'ingrédients de qualité réduite a augmenté. Beaucoup de producteurs ajoutaient des pourcentages très bas de graisse de beurre et de grandes quantités de pompage d'air dans la crème glacée pour compléter le carton.

Les années 70 ont vu le développement des fabricants gastronomes de crème glacée avec une emphase sur les ingrédients naturel. Les gens sont également devenus intéressés à faire la crème glacée à la maison. Les restaurants classieux offrent la crème glacée faite à la maison, sur leurs listes de dessert.



## CHAPITRE II : PROCESSUS DE FABRICATION

### II.1-Matières premières de la crème glacée :

La crème glacée est un produit congelé obtenu à partir du lait de la vache ou du buffle ou à partir de la crème, et/ou d'autres produits laitiers.

La crème glacée contient:

- 12% matière grasse du lait.
- 10% lait solide non gros.
- 14% sucre.
- 0.35% stabilisateur.
- 63% eau.
- 70 à 100 % approximativement "overrun"(air introduit).
- Stabilisateurs et émulsifiants n'excédant pas 0.55 par le poids
- Le produit ne contiendra pas moins de 10.0 % de matière grasse du lait, 3.5 % de protéine et 36 % de solides totaux.

Être annoncé et vendu sous le nom de crème glacée, le produit doit rencontrer l'installation minimum de normes. En vertu de loi existante, la teneur en graisse de la crème glacée doit être la graisse de beurre dérivée du lait. Pourtant les desserts surgelés emploient la graisse végétale au lieu de la matière grasse, et bien qu'elles rencontrent le tous des conditions de la graisse et des solides, ne peuvent pas être vendues sous le nom de crème glacée.

Les matières premières, la composition, le corps et la texture, la saveur, la couleur, le traitement et le stockage déterminent la qualité de la crème glacée.

Les cristaux de glace qui sont formés pendant la congélation devraient être plus petits que 40 microns et uniforme dans la taille pour rendre la sensation lisse de la crème glacée. Les grands cristaux donnent à la crème glacée une texture graveleuse.

La meilleure qualité des solides du lait sans matières grasses pour l'usage dans la crème glacée viennent du lait entier frais ; peau fraîche, crème douce fraîche, ou poudre séchée au vaporisateur faite à partir du lait entier ou de la peau frais. Les solides non gros ajoutent la force aux lamelles pour permettre un plus grand contrôle d' "overrun". Quelques composants de ce groupe de solides lient des quantités de l'eau avec un traitement soigneux. Ceci aide au contrôle de la taille de cristal de glace pendant la congélation et le durcissement. La taille de cristal de glace est une propriété importante de la texture du produit.

Aujourd'hui, la crème glacée est faite à partir d'un mélange des produits laitier (crème, lait condensée, graisse de beurre), sucre, assaisonnements, et additifs fédéralement approuvés. Des œufs sont ajoutés pour quelques assaisonnements, en particulier la vanille française. Les larges directives permettent aux producteurs d'employer des ingrédients s'étendant de la crème sucrée au

lait en poudre sans matières grasses, du sucre de canne aux solides de sirop de maïs, des œufs frais aux œufs en poudre. Les règlements fédéraux stipulent que chaque paquet de la crème glacée doit contenir au moins 10% de la graisse de beurre.

La source principale d'adoucissement de la crème glacée est le Sucre de canne raffiné. Il peut être ajouté directement durant la formulation du mélange. Le mélange de la crème glacée contient normalement des additions des sucres entre 10% à 16%, habituellement autour de 14%. L'addition du sucre réduit le point de congélation du mélange. Jusqu'à une certaine limite ceci peut améliorer le corps et la texture, mais le sucre excessif empêchera le produit de se geler ou de se durcir en juste aux températures normalement utilisées.

Ceci peut résulter comme conséquence, un produit mou et détrempe avec "overrun" réduit.

Les additifs, qui agissent comme émulsifiants et stabilisateurs, sont employés pour empêcher le choc de la chaleur et la formation des cristaux de glace pendant le procédé de production. Les additifs les plus communs sont la gomme de guar, extraite à partir du buisson de guar, et carraghénane, dérivé du varech de mer ou de la mousse d'Irlande.

- Les stabilisateurs sont utilisés pour améliorer le corps et la texture de la crème glacée. Un stabilisateur augmente l'eau de l'hydratation dans le mélange de la crème glacée. Il empêche ou retarde la formation de cristal de glace pendant la congélation et le durcissement.
- L'émulsifiant agit à réduire la tension superficielle entre la grosse phase de l'eau pour produire une vue plus sec du produit de congélateur. Les émulsifiants sont employés dans la fabrication de la crème glacée pour fabriquer un produit plus riche avec une texture plus douce et un corps plus raide et pour réduire également le temps pour fouetter le mélange.

Les saveurs de crème glacée sont venues de loin de la vanille standard, de la fraise, et du chocolat. Dans les années 70, l'association internationale des fabricants de la crème glacée avait enregistré plus de 400 saveurs différentes de crème glacée. Dans un choix jamais- en expansion de combinaisons, les purées et les extraits de fruit, la poudre de cacao, cacahuète, les morceaux de biscuit, et la pâte de biscuit sont mélangés dans le mélange de crème glacée.

L'air est fouetté plus ou moins intensivement dans la crème glacée pendant la congélation. L'air doit être propre. Si l'air comprimé est employé, il doit être exempt de l'huile et doit être filtré. L'air est ajouté à la crème glacée pour améliorer sa capacité d'absorber des assaisonnements et de faciliter le service et de produire le meilleur corps et texture.

Sans air, la crème glacée devient lourde et détrempe (mouillé). D'autre part, trop d'air a comme conséquence sur la crème glacée de devenir neigeuse et sèche. Le gouvernement fédéral permet à la crème glacée de contenir pas moins de 100% de son volume en air, connu dans l'industrie comme "overrun". Les bulles d'air dans la crème glacée devraient être plus petits que 100 microns. Un "overrun" de 100% double le volume.

Les fabricants de la crème glacée de haute qualité (parfois connue sous le nom gastronome de la crème glacée) emploient les produits laitiers entiers frais, un bas pourcentage d'air (approximativement 20%), la graisse de beurre entre 16-20%, et peu d'additifs en tant que possibles.

## II.2-Processus de fabrication :

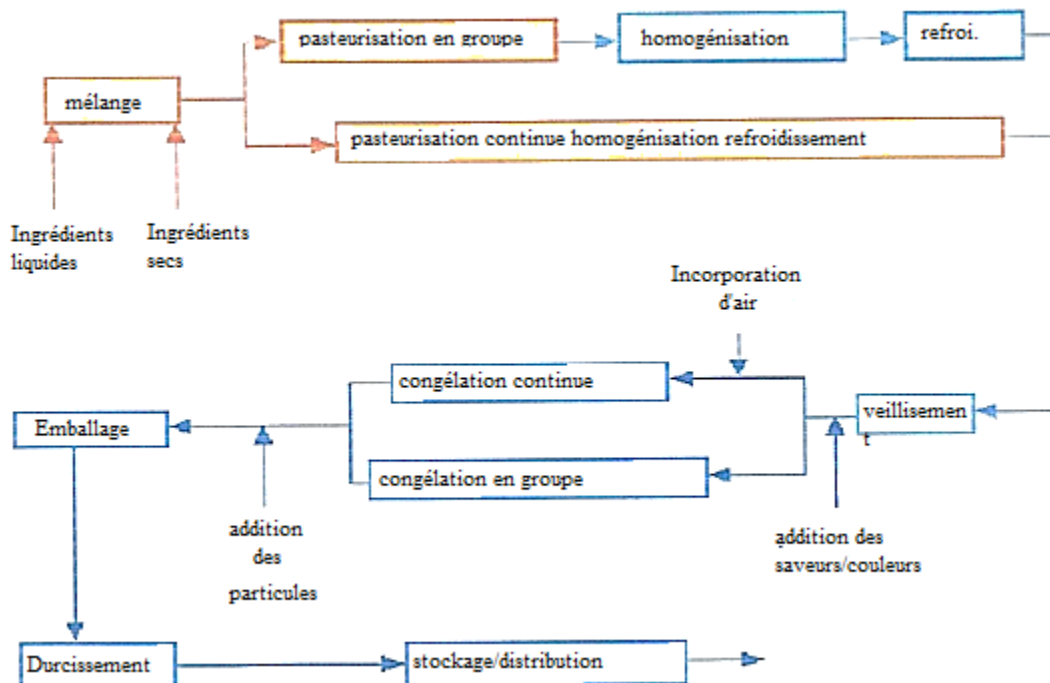


Figure II.2 : Schématisation du processus de fabrication de la crème glacée.

### II.2.1-Mélanger :

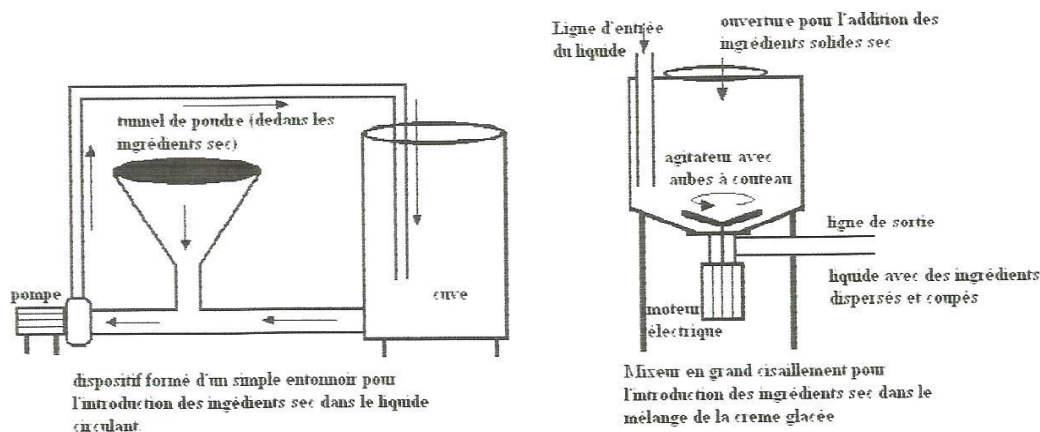


Figure II.2.1 : Dispositifs pour mélanger les ingrédients de nature différents.

La formulation d'un mélange de crème glacée comporte premièrement une décision quant à la composition du produit final. Les matières premières sèches, à l'exception de la saveur et les

couleurs, sont mélangées ensemble séparément. Celles-ci incluent le lait en poudre, le sucre, les stabilisateurs et probablement d'autres éléments. Les matières premières liquides comprenant le lait. Le lait écrémé, le lait condensé et la crème sont mélangées ensemble et chauffées à 35, 40 degrés C. Le mélange de la matière première sèche est alors soigneusement arrosé dans le mélange des matières premières liquides pendant l'agitation du liquide. Le mélange exige de l'agitation rapide pour incorporer les poudres, et souvent des mélangeurs à grande vitesse sont utilisés.

La température recommandée ci-dessus pour le mélange liquide assure la dissolution relativement rapide et le mélange des deux groupes de composants est convenable. Le mélange doit être chauffé jusqu'à 55, 60 degrés. C pour dissoudre la majeure partie du stabilisateur et de l'émulsifiant.

### II.2.2 - Pasteurisation :

Le mélange est pasteurisé pour détruire toutes les organisations pathogènes qui pourraient être présentes et abaisser le recensement des bactéries afin d'augmenter la qualité de conservation du mélange, se conformer probablement aux normes de recensement des bactéries, et fournir une température appropriée pour l'homogénéisation efficace. En plus de cette fonction très importante, la pasteurisation réduit également le nombre d'organisations de détérioration telles que des psychrotrophies, et aide à hydrater certains des composants (protéines, stabilisateurs). Une température de pasteurisation de 63 degrés. C maintenu pendant 30 minutes est entièrement convenable. La pratique générale est d'employer les températures de 60 à 63 degrés. C et rarement aussi haut que 80 degrés C. Le mélange devrait être homogénéisé à la température de pasteurisation.

Beaucoup de grandes usines de la crème glacée emploient maintenant les méthodes de pasteurisation continues généralement connues sous le nom de pasteurisation HTST, qui comportent l'utilisation d'un échangeur de chaleur de type à plaque pour chauffer et refroidir le mélange.

Les deux méthodes : Pasteurisateurs en lots et continues (HTST) sont employés.

Les pasteurisateurs en lots mènent à plus de dénaturation de la protéine de petit lait. Les gens sentent que cela donne un meilleur corps à la crème glacée. Dans un système de pasteurisation en lots, le mélange des montants appropriés d'ingrédient est fait dans des grandes cuves revêtues, équipées de quelques moyens du chauffage, habituellement vapeur ou eau chaude. Le produit est alors chauffé dans la cuve au moins à 69 C (155 F) et tenu pendant 30 minutes pour répondre à des exigences légales pour la pasteurisation, nécessaires pour la destruction des bactéries pathogènes. De diverses combinaisons de la température et du temps peuvent être employées. Le traitement thermique doit être assez grave pour assurer la destruction des microbes pathogènes et pour ramener le recensement des bactéries à un maximum de 100.000 par gramme. Après pasteurisation, le mélange est homogénéisé au moyen de hautes pressions et puis est passé à travers un certain type d'échangeur de chaleur (à plaque ou double ou triple tube) afin de refroidir le mélange aux températures frigorifiées (4 C). Des réservoirs en lots sont habituellement actionnés en tandem, de sorte que les uns se tiennent tandis que les autres se préparent. Les temporisateurs et les valves automatiques assurent le temps approprié tenant a été utilisé.

La pasteurisation continue est habituellement effectuée suivant hautes températures et court temps d'échange de chaleur (HTST) sur le mélange des ingrédients dans un grand réservoir

d'alimentation, isolé. Du préchauffage, à 30 ; 40 C, est nécessaire pour la solubilisation des composants. Le système de HTST est équipé d'une section de chauffage, d'une section de refroidissement, et d'une section de régénération.

Les sections de refroidissement des pressions du mélange HTST de crème glacée sont habituellement plus grandes que des pressions du lait HTST. En raison du préchauffage du mélange, la régénération est perdue et le mélange écrivait la section de refroidissement reste sensiblement chaud.

### II.2.3 -Homogénéisant :

Le mélange est aussi homogénéisé qui forme l'émulsion de graisse par la décomposition ou réduisant la taille des globules de graisse qui sont trouvés en lait ou crème au moins d'un  $\mu$  m. L'homogénéisation à deux étages est habituellement préférée pour le mélange de la crème glacée. Le fait de grouper ou grouper en masse compacte de la graisse, est réduit, en produisant de ce fait un diluant, mélange plus rapidement fouetté. La fusion est également améliorée. Ceci est normalement fait pendant ou juste après la pasteurisation avant que le mélange soit refroidi à une pression totale qui peut s'étendre de 140 à 250 bars. Pour la crème glacée plaine, l'homogénéisation à 140 bar et 65 degrés est rapportée pour donner des capacités plus hautes pour fouetter qu'à d'autres pressions mais à la même température.

L'homogénéisation de la première étape est effectuée à environ 2/3 et 3/4 de toute la pression utilisée. L'homogénéisation de la deuxième étape est effectuée dans la gamme restante.

Le but de l'homogénéisation : est de disperser la graisse en état très finement divisé de sorte qu'elle ne batte pas dehors pendant la congélation. En lait et crème, la plupart des graisses sont sous forme de globules aussi grands que 10 ou 12 microns de diamètre ou plus grands, particulièrement s'il y a eu une certaine chose fortuite de barattage pendant la manipulation. Dans un mélange correctement homogénéisé il devrait y avoir très peu de globules plus de deux microns de diamètre.

L'homogénéisation fournit les fonctions suivantes dans la fabrication de la crème glacée :

- Réduit la taille des globules de graisse.
- Augmente la superficie.
- Forme la membrane
- Rend possible l'utilisation du beurre, de la crème congelée, etc.

En aidant à former la structure des graisses, elle a également les effets indirects suivants :

- Fait une crème glacée plus lisse.
- Donne une plus grande richesse et goût apparents.
- Meilleure stabilité d'air.
- Augmentation de la résistance à la fusion.

L'homogénéisation du mélange devrait avoir lieu à la température de pasteurisation.

La haute température produit une rupture plus efficace des globules de graisse à n'importe quelle pression indiquée et réduit également la groupement des graisses en masse compacte et la

tendance à former une couche épaisse, corps lourd des mélanges. On ne peut recommander une pression unique qui donne des résultats satisfaisants dans toutes les conditions. Plus sont hauts les gros et solides totaux dans le mélange, plus la pression devrait être inférieure.

#### II .2.4 -Pré réfrigération et refroidissement :

La méthode de refroidissement final du mélange de la crème glacée après la pasteurisation dépend de l'équipement étant employé et de la température finale de mélange désirée. Il est souhaitable d'avoir aussi froid que possible à une plus grande capacité et à moins de charge de réfrigération sur le congélateur de la crème glacée. Les usines emploient généralement un système de cuve pour la pasteurisation de type échangeur de chaleur à plaque pour pré réfrigérer et le refroidissement final. La section de pré réfrigération refroidira le mélange de la crème glacée à environ 8 degrés C. qui est plus chaud que la température de l'eau entrante. Tandis que la section finale de refroidissement refroidira le mélange à environ 4 degrés C. plus chaude que la température de l'eau refroidissant entrante. La température finale d'emploi de l'eau refroidissant sera environ 5 degrés. C. L'effet de chauffage de régénération et de refroidissement peut être obtenu en grand échangeur de chaleur de type à plaque large. Une température finale de mélange de (-1) à 1 degré C peut être obtenue en utilisant la saumure (eau salée). Pour de grandes usines de crème glacée, ou la basse température de mélange est désirée, et ou le type équipement de pasteurisation à plaque est employé, il peut être souhaitable d'utiliser des équipements séparés pour se refroidir profondément. Là où les usines ont une large capacité de tenir le mélange de la crème glacée ainsi le mélange peut s'est tenu durant la nuit, une partie du refroidissement final de mélange peut être faite dans les réservoirs au moyen de surfaces frigorifiées établies dans les réservoirs. En utilisant le mélange frigorifié tenant des réservoirs. Le taux moyen de refroidissement peut être estimé à 1 degré C/h.

#### II -2.5 -Vieillessement :

Après cela, le mélange est alors vieilli pendant au moins quatre heures et habituellement durant la nuit. Ceci permet le temps pour la graisse de se refroidir et se cristalliser, et pour les protéines et les polysaccharides à s'hydrater entièrement. Le vieillissement fournit les fonctions suivantes:

-Améliore les qualités de fouettement du mélange, du corps et la texture de la crème glacée. Elle se fait tellement par :

- Fournir le temps pour la cristallisation de la graisse, ainsi la graisse peut partiellement se combiner.
- En permettant un temps pour l'hydratation totale de protéine et de stabilisateur et une augmentation légère de la viscosité résultante.
- En permettant un temps pour la remise en ordre des membranes et l'interaction entre protéine/émulsifiant, comme émulsifiants, déplacent les protéines de la surface de

globule de graisse, qui permettent la réduction de la stabilisation des globules de graisse et la bonne coalescence partielle.

Le vieillissement est exécuté dans des réservoirs de stockage, les silos, etc. isolés ou frigorifiés. La température de mélange devrait être maintenue aussi bas comme possible sans geler, au ou en-dessous 5 C. Un temps de vieillissement durant la nuit est probable pour donner les meilleurs résultats dans les conditions de l'entreprise moyennes. Un mélange "vert" ou lion vieilli habituellement est rapidement détecté au congélateur.

### II.2.6-Congélation (en continue) :

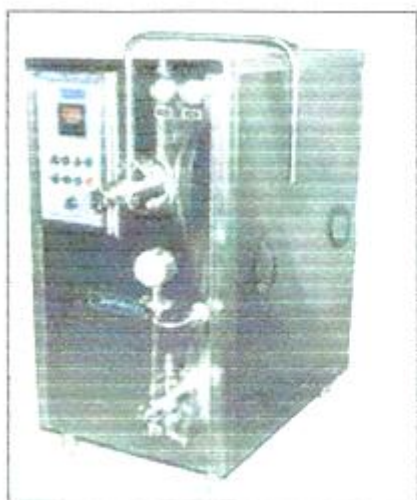


Photo1: Congélateur continue pour la crème glacée



photo2: congélateur discrete pour la crème glacée

Figure II.2.6.1 : Images des deux types de congélateurs.

Après le traitement du mélange, le mélange est ajouté dans un réservoir de saveur où toutes les saveurs de liquide, purées de fruit, ou couleurs sont ajoutées. Le mélange écrit alors le procédé de congélation dynamique qui gèle en même temps une partie de l'eau et fouette l'air dans le mélange gelé.

Le congélateur de "baril" est une surface éraflée, échangeur de chaleur tubulaire, qui est revêtu avec un réfrigérant tel que l'ammoniaque ou le fréon. Le mélange est pompé vers ce congélateur et il sort de l'autre extrémité pendant 30 secondes, (ou 10 à 15 minutes dans le cas des congélateurs en lots) avec environ 50% de son eau congelée. Là des lames tournent à l'intérieur du baril qui maintiennent la glace éraflée en outre de la surface du congélateur et également des 'gicleur' à l'intérieur de la machine qui aident à fouetter le mélange et à incorporer l'air.



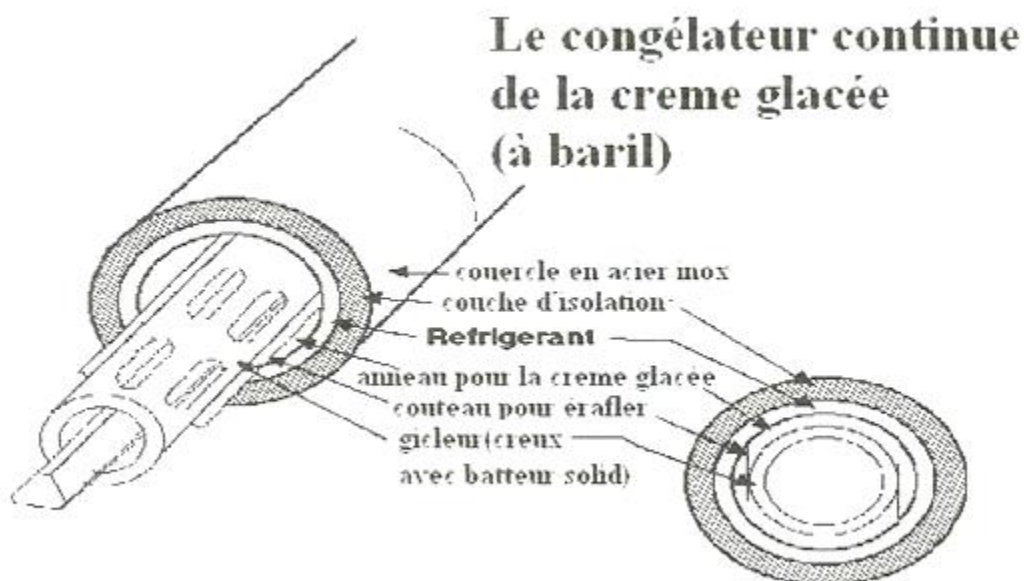


Figure II.2.2.6.2 : Les constituants du congélateur à baril.

La crème glacée contient une quantité considérable d'air, jusqu'à la moitié de son volume.

Ceci donne au produit sa légèreté caractéristique. Sans air, la crème glacée serait semblable à un cube congelé en glace. La contenance en air se nomme "**overrun**" (dépassement), qui peut être calculé mathématiquement.

Pendant que la crème glacée est tirée avec environ la moitié de son eau congelée, des matières particulières telle que des fruits, écrous, sucrerie, biscuits, ou celui qui vous aimez, est ajouté au liquide semi-congelée contenant des particules non soluble qui a une uniformité semblable à la crème glacée doux- servent. En fait, presque la seule chose qui différencie la crème glacée congelée dure du doux-servent, sont le fait que doux servent est rangé dans des cônes en ce moment dans le processus plutôt que dans des paquets pour le durcissement suivant.

Les congélateurs en lots se rangent en site dans les emplacements de 2 à 40 litres de crème glacée par groupe et le groupe peut prendre 15-20 minutes pour se congeler. Les congélateurs en lots plus grands que les 40 litres de taille sont maintenant utilisés intensivement, en partie en raison de la capacité horaire limitée et en raison de la main-d'œuvre nécessaire pour l'opération.

Les congélateurs continus sont un développement plus récent et la gamme est des tailles de 150-3000 litres par heure de crème glacée en sortie. Le type de machine montré en Figure 11 .2.6.1/ photo"1" est employé presque exclusivement aux usines commerciales de la crème glacée, ou de grandes capacités sont exigées. En opération, le mélange de la crème glacée est pompé en continue au cylindre de congélateur par une pompe de déplacement positif. L'air est fourni par un compresseur d'air séparé ou dedans introduit avec le mélange par la pompe de mélange. Le mélange de la crème glacée et de l'air entre en arrière du congélateur. La crème glacée partiellement congelée est éraflée dehors de la surface intérieure et s'avance vers la sortie du



cylindre pour qu'elle se décharge. En raison de la présence d'air dans le mélange et l'action d'agitation par le gicleur, l'air est enfermé dans la crème glacée congelée et donne le overrun. La variation de la température de glace qui se décharge peut être obtenue en réglant la température de vaporisateur autour du cylindre de congélateur à l'aide d'une valve de régulation de pression d'aspiration. La température moyenne de décharge de la crème glacée d'un congélateur continu est environ (-) de 5 degrés. C. En fonctionnant à la température d'évaporation du réfrigérant environ (-) 30 degrés, à cette température, seulement 40% de toute l'eau disponible dans le mélange de crème glacée est congelée. Le mélange assaisonné sort du congélateur continu et puis passe par un conducteur de fruit, qui mélange automatiquement des cacahuètes ou les fruits dans la crème glacée.

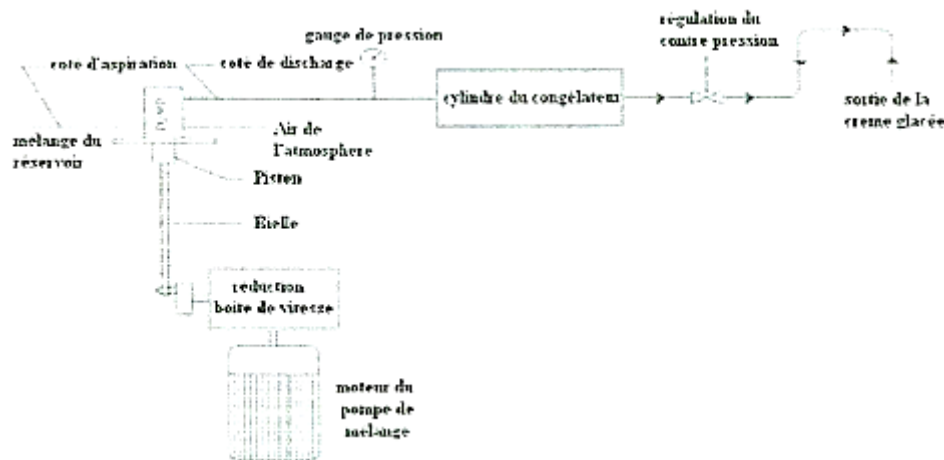


Figure II.2.2.6.3 : Diagramme de débit de la crème glacée dans le congélateur.

### II.2.7-Durcissement de la crème glacée :

Après que la crème glacée laisse le congélateur, elle est dans un état de semi-solide et doit être encore frigorifiée pour devenir assez solide pour le stockage et la distribution. La température idéale servant la crème glacée est environ (-) 13 degrés et est considéré dur à (-18degré. C).

Après que les substances particulières aient été ajoutées, la crème glacée est emballée et est placée dans un congélateur à air forcé à  $-30^{\circ}$  à  $-40^{\circ}$  C où la majeure partie du reste de l'eau est gelée. Au-dessous environ de  $-25^{\circ}$  C, la crème glacée est stable pendant des périodes indéfinies sans danger de la croissance des cristaux de glace ; cependant, au-dessus de cette température, la croissance des cristaux de glace est possible et le taux de croissance en cristal dépend de la température du stockage. Ceci limite la durée de conservation de la crème glacée.

Il est nécessaire de geler la teneur en eau restante rapidement, de sorte que les cristaux de glace formés soient petits.

Les chambres de durcissement sont équipées de la circulation à air forcé en utilisant des unités de refroidissement. Les récipients de crème glacée sont arrangés ainsi l'air circulera autour d'eux. Il est souhaitable de maintenir une vitesse d'air dans la gamme de 500-700 m/min.

Les systèmes durcissant incluent des cabinets, chambre de durcissement, tunnels de durcissement débarquant des congélateurs contact à plaque. La conception de tunnel peut être droite avec chariot ou convoyeur de forme spirale. Le type du tunnel durcissant en spirale reçoit typiquement le produit mou au fond et décharge le produit durci au-dessus.

Les vitesses de fonctionnement peuvent être changées pour assortir la vitesse et le temps de fabrication requis pour durcir le produit.

Le taux de transfert thermique dans les processus de congélation est affecté par la différence de la température, la superficie exposée et le coefficient de transfert thermique ( $Q=U \cdot A \cdot \Delta T$ ). Ainsi, les facteurs affectant le durcissement sont ceux qui affectent ce taux de transfert thermique :

- La température du congélateur à air forcé - plus la température est froide, plus le durcissement est rapide, plus le produit est lisse.
- Circulation rapide d'air - augmentation du transfert de chaleur par convection.
- La température de la crème glacée une fois placé dans le congélateur durcissant - plus la crème glacée à l'aspiration est froide, plus le durcissement est rapide ; - doit subir des opérations d'emballage rapidement.
- La taille du récipient - l'exposition de superficie maximale à l'air froid, surtout important en considérant les paquets enveloppés par rétrécissement - ils deviennent une masse beaucoup plus grande à geler. L'emballage devrait être fait après durcissement.
- Composition de la crème glacée - liée à la baisse du point de congélation et à la température requise pour assurer un volume sensiblement élevé de la phase de glace.
- Méthode pour empiler les récipients ou les paquets pour permettre la circulation d'air. La circulation ne devrait pas être empêchée- il ne devrait y avoir aucun espace 'd'air mort '(par exemple, le rond contre les paquets carrés).
- Spin de vaporisateur - absence de gel - agit comme un isolateur.
- le type de paquets, ne devrait pas empêcher le transfert thermique - par exemple, le recouvrement de mousse de styrol ou le carton ondulé peut se protéger contre le choc de la chaleur après durcissement, mais réduit le transfert thermique pendant la congélation ainsi donc non faisable.

## II.2.8 -Le stockage et la distribution :

Dans des conditions appropriées, la crème glacée peut être stockés pendant plusieurs semaines. Il est recommandable de stocker la crème glacée à (-) 25 degrés. C dans un entrepôt

frigorifique. Toutefois le stockage prolongé est coûteux, les quantités du produit, chimique, physiques et microbiologiques ne s'améliorent pas pendant le stockage.

La crème glacée doit être protégée contre l'évaporation extérieure, contre le rétrécissement ou la perte de l' "overrun", et contre la cristallisation de sucre. L'emballage approprié assurera la protection considérable contre la détérioration de la surface.

La crème glacée doit être protégée contre la fusion pendant la distribution. La protection exigée peut être assurée de plusieurs manières. Pendant des périodes courtes d'une ou de deux heures, enveloppées en paquets fermés, la crème glacée durcie peut être placée dans un récipient isolé qui empêche les variations rapides de température. L'utilisation étendue des garnitures eutectiques est faite dans nos jours pendant la distribution de la crème glacée. Une solution du chlorure de sodium ou du mélange des sels est stockée dans des garnitures eutectiques à (-) 18deg. C. Ces garnitures fournissent la réfrigération aux fourgons utilisés pour la distribution de la crème glacée. Pendant de longs périodes, la réfrigération mécanique doit être assurée pour préserver les caractéristiques gelées du produit. La température des produits congelés dans le système de distribution ne devrait jamais s'élever au-dessus de la température désirée (-) 20deg. C. Par conséquent, des corps de camion devraient être bien isolés, refroidi avant le chargement et le froid gardé par réfrigération mécanique. L'exposition du produit congelé aux températures chaudes pendant le déchargement dans des congélateurs de magasin doit être limité à quelques minutes pour éviter le choc de la chaleur et le développement de grands cristaux de glace.

### II .2.9 -Le système de réfrigération :

Presque toutes les usines de la crème glacée et en particulier les usines plus grandes, utilisent l'ammoniaque comme réfrigérant. Cependant, le réfrigérant R-22 est employé dans les petites usines. L'équipement de congélation tel que le congélateur en lots, le congélateur continu de la crème glacée de petite taille, la cuve de vieillissement de réfrigération, le refroidisseur de surface pour le mélange de la crème glacée, les coffrets de stockage de crème glacée etc. emploie les réfrigérants de R-22, de R-12 et de R-134a. Un système consacré est plus souhaitable qu'une installation centralisée. Pour l'économie et l'exploitation sûre on lui recommande d'employer un système à plusieurs étages de compression d'ammoniaque. Il est dans des habitudes acceptables de choisir une température de vaporisateur de (-) 40deg. C, (-) 30deg. C et (-) 10deg.C pour les chambres de durcissement des : le congélateur continu et l'entrepôt frigorifique et la banque de glace respectivement.

Par conséquent un ou plusieurs compresseurs booster est utilisé pour des pressions différentes d'aspiration et la décharge dans une deuxième étape. Beaucoup d'usines emploient des compresseurs incorporés à deux étages et choisissent le nombre de cylindres pour la basse étape et l'étape élevée sur la base de l'application.

Un compresseur séparé est utilisé pour la réfrigération à hautes températures (pour le refroidissement de l'entrepôt frigorifique de mélange et d'ingrédients).

## II.2 10-Capacité de réfrigération :

Le calcul exact de la condition de réfrigération implique un certain nombre de facteurs. La chaleur spécifique du mélange change avec sa composition et ingrédients. Au lieu des calculs détaillés entreprenants il est dans des habitudes courantes d'assumer une chaleur spécifique de 3.22 kJ/kg K pour le mélange de la crème glacée.

Cette valeur est généreuse pour des mélanges s'étendant de 36 aux 40% solides totaux. De même, en calculant la réfrigération exigée dans la congélation et le durcissement, il est difficile d'estimer la chaleur spécifique correcte car le procédé de congélation n'est pas complété à une température constante. Cependant, (-) 2.4deg. C peut être considéré comme point de congélation pour le mélange de crème glacée contenant le Sucre de 15%.

Le point de congélation, naturellement, représente simplement la température à laquelle la congélation commence. Comme dans le cas de toutes les solutions, la partie dégelée devient plus concentrée et la température de congélation diminue pendant la progresse de congélation.

Le tableau II .2.10 présente le comportement de congélation d'une crème glacée typique ayant la graisse 12.5%, le sucre de 15% et un total de solides de 38%.

(%) Eau congelée en glace	Point de congélation, (deg. C)
0	-2,47
10	-2,75
20	-3,11
30	-3,50
40	-4,22
50	-5,21
70	-9,45
90	-30,16

Tableau II.2.10 : le comportement de congélation d'une crème glacée typique

A partir du tableau II .2.10, le pourcentage de l'eau congelé en glace peut être déterminé en sachant la température de sortie de la crème glacée d'un congélateur continu.

L'enlèvement de la chaleur se consiste à :

- La chaleur sensible du mélange jusqu'au point de congélation.
- La chaleur de la fusion pour la partie dégelée de l'eau.
- La chaleur sensible de la crème glacée jusqu'à la température de stockage après congélation.

Pour calculer la capacité de réfrigération, des valeurs suivantes sont employées :

La chaleur spécifique du mélange avant la congélation : 3.22 kJ/kg.K

La chaleur de fusion : 245 kJ/kg de mélange.

La chaleur spécifique de la crème glacée au-dessous de congélation : 1.87 kJ/kg.K.

Un calcul typique pour la production de 1000 kilogrammes de crème glacée est donné ci-dessous :

Pasteurisation en lots	Alt I
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Température de pasteurisation du mélange</li> <li>• Température de l'eau de refroidissement du tour</li> <li>• Pré refroidir le mélange par refroidir l'eau</li> <li>• Température du mélange sortie</li> <li>• Chaleur spécifique du mélange</li> </ul>	69° C 32° C 40° C 6° C 3.22 kJ/kg.K * $Q = m \times C_p \times \Delta T$ $= 1000 \times 3.22 \times (69-40)$ $= 92800 \text{ k.J}^{**}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chaleur enlevé du mélange par l'eau refroidissant</li> </ul>	$Q = 1000 \times 3.22 \times (40-6)$ $= 109480 \text{ kJ.}$
Pasteurisation HTST (avec régénération)	Alt II
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Température du mélange d'entrée</li> <li>• Température de pasteurisation du mélange</li> <li>• Efficacité de régénération</li> <li>• Température du mélange en fin de régénération</li> <li>• Refroidissement du mélange par le tour d'eau refroidissant</li> </ul>	55° C 80° C 70% $80-0.7(80-55) = 62.5^\circ\text{C}$ $1000 \times 3.22 \times (62.5-40) =$ $72450 \text{ kJ}$ $100 \times 3.22 \times (40-6) =$ $= 109480 \text{ kJ}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refroidissement du mélange par l'eau refroidissant</li> </ul>	
*Pour convertir de kJ/Kg.K à Btu/lb °F multiplier par 0,24	
**Pour convertir de kJ à Btu multiplier par 0,95	

Tableau II.2.10.1 : Refroidissement du mélange.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• dimension de la cuve (extérieur)</li> <li>• insolation total</li> <li>• coefficient de transfert de chaleur</li> <li>• moteur agitateur</li> <li>• facteur de la chaleur entrée</li> <li>• refroidissement du produit de mélange</li> <li>• température à l'intérieur</li> <li>• température de la chambre</li> </ul>	1000 mm dia x 1500 mm High 100 mm EPS 0.308 W/m <sup>2</sup> K 1 kW 0.8 1° C / h 4° C 35° C
--	--

Tableau II.2.10.2 : Cuve pour vieillissement.

$$\begin{aligned}
 Q &= U \times A \times \Delta T + \text{charge du moteur} + \text{charge du produit} \\
 &= 0.308 \times (3.14 \times 1.0 \times 1.5 + 2 \times 3.14 \times 1 \times 1) \times (35-4) / 1000 + 0.8 \times 1 + (1000 \times 3.22 \times \\
 &1) / 3600 \\
 &= 1.75 \text{ kJ/s}
 \end{aligned}$$

### Congélateur continu de crème glacée :

Il peut estimer en tant que 2.5 kJ/s. Pour produire la crème glacée partiellement congelée de 100 l/h (50kg /h) à la température de sortie de -5deg.C à partir de 4 degrés.

### Durcissement de la crème glacée :

Pour un calcul simple, on suppose cela :

• contenance en eau du mélange	61%
• Overrun	100%
• température d'entrée de la crème glacée	(-) 5°C
• % eau congelée en point d'entré	45%
• température de sortie de la crème glacée	(-)18°C
• température de durcissement en tunnel	35°C
• chaleur latente pour le durcissement	1000 x 245 x 0.55 = 134750 kJ
• chaleur sensible de refroid. Avant congélation	1000 x 3.22 x (-5 + 18) = 41860 kJ
• Total	=176610 kJ
• Charge due à la chaleur du container considéré @ 10%	=17661 kJ
• charge total du produit par 1000 kg.	194271 kJ

Tableau II.2.10.3: Charge totale pour le durcissement.

En plus des charges ci-dessus et des charges supplémentaires doivent être ajoutés pour établir la figure finale pour la charge de réfrigération. Celles-ci peuvent être calculées selon le procédé standard utilisé pour calculer les charges de réfrigération en stockage à froid:

- Transmission de la chaleur à travers les murs, le plafond et le plancher.
- La chaleur du moteur de ventilateur.
- La chaleur des lumières.
- Infiltration de l'air.
- Les personnes travaillant à l'intérieur.
- Charge diverse
- Si des chariots et des plateaux sont utilisés pour transférer les récipients de la crème glacée dans le tunnel, la charge sensible de refroidissement pour des chariots et des plateaux devraient être ajoutés pour l'évaluation de la condition totale.

### II .2.11 - Stockage à froid

Il est général de maintenir la température du stockage à froid de (-) 25 à (-) 28 deg. C. La condition de réfrigération pour le stockage à froid est semblable à n'importe quel autre stockage à froid.

La charge de produit peut être considérée en tant que 1000 kilogrammes de crème glacée entrés en jour avec un retenu durant la nuit, la charge peut être estimée comme

$$= \frac{1000 \cdot 1,87 \cdot (-25 + 18)}{12.3600} = 0,303Kj/s$$

D'autres charges telles que la transmission de la chaleur et en raison du ventilateur, de l'éclairage, de l'infiltration, des gens, etc... Doivent être ajoutés en établissant toute la condition de réfrigération pour le stockage à froid.

## CHAPITRE III

### CONCEPTION DE LA MACHINE PARTIE EMBALLAGE

#### III.1- Matériaux :

La nature des aciers utilisés dans la construction de cette machine doit être en acier inoxydable « Stainless steel » 304 en raison de leurs faibles coûts, forte résistance à la corrosion en atmosphère varié et leurs utilisations limitées.

##### III. 1.1 – Caractéristique :

-Le type d'acier 304 est une variation du rand de base 18-8 type 302, avec plus de chrome et moins en contenance du carbone.

-La diminution du taux du carbone réduit les précipitations du carbure de chrome provenant du soudage et sa sensibilité à la corrosion inter granulaire.

-Dans certain cas il peut être utilisé comme condition de «Si soudage » tandis que le type 302 doit être recuit en ordre de maintenir une résistance adéquate contre la corrosion.

-Le type 304L est extra pauvre en carbone par rapport au type 304 avec 0,03% contenance max en carbone qui élimine la précipitation du carbure de chrome résultat de soudage.

Comme résultat cet alliage pourra être utilisable dans la condition « Si soudage » même dans les conditions corrosives, souvent cela élimine la nécessité du recuit lors du soudage à l'exception des applications d'élimination des contraintes internes. Ce type a des caractéristiques mécaniques légèrement inférieures par rapport au type 304.

Les utilisations typiques renferment le moulage architectural et le soignement, équipement de cuisine, composant chimique soudable, tissu, papier, équipement pour traitement pharmaceutique et chimique industrielle.

-Disponibilité des profils : Epaisseur de 0.254 à 6.35 mm et largeur jusqu'à 1219 mm

##### III.1.2- Composition :

Composition	Type 304 % max	Type 304L %
Carbone	0.08	0.03
Manganèse	2	2
Phosphore	0.045	0.045
Sulfure	0.03	0.03
Silicone	0.75	0.75
Chrome	18-20	18-20
Nickel	8-12	8-12
Nitrogène	0.1	0.1
Fer	Balance	balance

Tableau III.1.2 : Composition de l'acier 304 et 304L en d'autre nature des métaux.



La teneur en Chrome et en Nickel peut être augmentée pour améliorer la résistance à la corrosion.

### III.1.3- Caractéristiques mécaniques (à température typique de la chambre) :

	Contrainte en rupture Ksi(MPa)	Contrainte élastique KSI(MPa)	Elongation % 50,8 mm	Dureté Rockwell
Type 304L	85(586)	35(241)	55	B80
Type 304	90(621)	42(290)	55	B82

Tableau III.1.3.1 : caractéristiques mécaniques des deux types d'acier inox.

### III.1.4- Propriétés physiques :

- Densité :  $8.03 \text{ g/cm}^3$
- Résistance électrique :  
à  $20^\circ\text{C} \Rightarrow R = 72 \mu\Omega\text{cm}$   
à  $659^\circ\text{C} \Rightarrow R = 116 \mu\Omega\text{cm}$
- Chaleur spécifique :  $0-100^\circ\text{C} \Rightarrow C = 0.5 \text{Kj/ Kg .K}$
- Conductibilité thermique :  
à  $100^\circ\text{C} \Rightarrow 16.2 \text{ W/ m.K}$   
à  $500^\circ\text{C} \Rightarrow 21.4 \text{ W/ m.K}$
- Coefficient d'expansion thermique moyenne :  
 $0-100^\circ\text{C} \Rightarrow 16.9 \mu\text{m/ mK}$   
 $0-315^\circ\text{C} \Rightarrow 17.3 \mu\text{m/ mK}$   
 $0-538^\circ\text{C} \Rightarrow 18.4 \mu\text{m/ mK}$   
 $0-649^\circ\text{C} \Rightarrow 18.7 \mu\text{m/ mK}$
- Perméabilité thermique :  $H = 200 \text{ œrstedes, recuit-1.02 max.}$
- Module d'élasticité E :  
 $193000 \text{ MPa en tension}$   
 $78000 \text{ MPa en torsion}$
- Température de fusion :  $1399-1454^\circ\text{C}$

### **III.1.5- Résistance à la corrosion :**

Ces aciers montrent une résistance excellente à une variété large des atmosphères chimiques, expositions industrielles aux produits nutritives ou pétroliers.

Ils résistent à la rouille dans la plupart des applications d'emballages, aussi à la plupart des environnements de traitement alimentaires, l'acier inox surtout 304, est facile à nettoyer et résiste aux produits chimiques organiques, teintures et toute une variété de produits chimiques inorganiques.

Les inox de nuances 304 ou 316 ne doivent jamais être nettoyés avec des produits contenant du chlore.

#### **III.1.5.1-Résistance à l'oxydation :**

La température maximale à laquelle les deux types 304 et 304L peuvent être exposés en continu sans l'apparition des oxydations est 899°C, pour l'exposition intermittent, la température d'exposition max est 816°C.

#### **III.1.5.2- Traitement thermique :**

Les ACIERS AUSTENITIQUES sont amagnétiques et ne peuvent subir de traitement thermique. Le formage à froid et la déformation à froid sont les seules méthodes pour tremper ce type d'acier, à la condition qu'elles se déroulent rapidement. Par la suite, l'acier peut retrouver son état initial s'il est recuit. Cette solution est parfois employée pour remplacer le traitement thermique.

Le type 304 est non trempable lors du traitement thermique. Lors du recuit, chauffage jusqu'à 1038-1121°C après cela refroidissement rapide ; les sections fines peuvent être refroidies par l'air alors que pour les autres sections, refroidissement par l'eau pour minimiser l'exposition dans les régions de précipitation du carbure.

L'annulation des contraintes internes par recuit ; les pièces travaillantes à froid comme dans notre machine, doivent être déchargé à 399°C pour 0.5 à 2 heures.

#### **III.1.5.3- Capacité de prendre des formes :**

Les types 304 et 304L ont une bonne capacité de prendre des formes. Leur combinaison avec des faibles forces reproduites et la grande élongation permettent un formage pour toutes les formes. Pourtant ces rands se durcissent rapidement, pour éliminer les contraintes internes résultantes lors du formage ou du tournage, ces pièces doivent être recuites le plus tôt possible.

#### **III.1.5.4-Magnétisme :**

Comme les autres nuances austénitiques, la nuance 316 recuite est virtuellement amagnétique (c'est-à-dire avec une très faible perméabilité magnétique) alors que la nuance 304 peut avoir une attraction magnétique après travail à froid. Cela peut être une raison de choisir la nuance 316 pour certaines applications.

#### **III.1.5.5-Soudabilité :**

La classe austénitique des aciers inoxydables est considérée comme soudable par les procédés techniques de fusion et résistance. Des considérations spéciales recommandables pour éviter le soudage « craquelage chaud » pour assurer la formation de ferrite dans le dépôt du soudage. Les types 304 et 304L sont généralement considérés comme étant les alliages les plus habituels dans cette classe d'acier inox. Pour remplir un trou par soudage, AWS E/ER 308, 308L ou 347 est le plus souvent utilisé.

#### **III.1.5.6-Décapage :**

L'acier inox peut se corroder en service s'il y a contamination de la surface ou si un processus a altéré la composition de la surface, comme peut le faire en général le soudage ou autre processus calorifique. Sauf dans les cas où le fabricant manie l'inox de manière très méticuleuse, le décapage doit toujours être effectué après fabrication pour obtenir une résistance maximum à la corrosion.

Le décapage ou nettoyage à l'acide rétablit la résistance à la corrosion de la surface en supprimant toute contamination superficielle telle que graisse ou saletés ainsi que toute particule de fer encastrée ou inclusion exposée. Les solutions les plus courantes contiennent de l'acide nitrique mais il en existe d'autres. Certains des contaminants superficiels peuvent être éliminés par meulage ou polissage, mais quelquefois des particules de produit de polissage peuvent s'encastrer dans la surface, nuisant à la résistance à la corrosion.

Quand l'acier a été chauffé par soudage ou tout autre moyen au point qu'apparaisse une couche colorée d'oxyde, une couche appauvrie en chrome se forme à la surface de l'acier sous la couche d'oxyde. Cette teneur en chrome plus faible réduit la résistance à la corrosion. Cette couche peut être éliminée par meulage mais le mieux est de la décaper. La solution de décapage doit contenir de l'acide fluorhydrique car l'acide nitrique seul ne dissoudrait pas la couche superficielle. Le mieux est de décaper par immersion dans la solution ou à l'aide de pâte quand la solution est mélangée avec un produit inerte pour permettre de traiter des zones déterminées.

#### **III.1.5.7-Passivation :**

La passivation est la régénération du film passivé qui protège l'acier inox. Ce n'est pas une étape essentielle du processus de nettoyage car le film passivé se formera spontanément avec le temps quand les pièces sortiront du bac de décapage. Il semble que sans action spéciale, il commence à se former instantanément, mais demande environ 24 heures pour atteindre son maximum d'efficacité, à l'air, sur une pièce sèche. Les solutions de passivation ont pour objet d'accélérer cette action pour qu'elle se fasse avant que la pièce ne quitte le bac

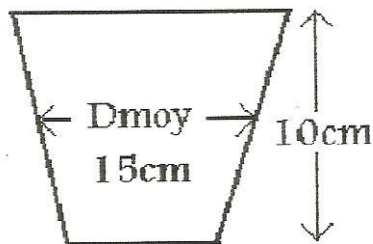
de passivation. La plupart des solutions de passivation sont à base d'acide nitrique, oxydant fort qui reconstitue instantanément la couche passivée. La plupart des solutions et pâtes de décapage contiennent à la fois de l'acide fluorhydrique et de l'acide nitrique, et si elles contiennent de l'acide nitrique, il n'est pas indispensable de prévoir une étape séparée de passivation.

Les solutions de décapage et de passivation utilisent des acides dangereux qui peuvent nuire tant à l'opérateur qu'à l'environnement en cas de manipulation incorrecte. Les acides de décapage d'acier sont très corrosifs pour l'acier au carbone. Il est également essentiel que tous les acides soient éliminés totalement des pièces après l'achèvement du processus – tout résidu d'acide fluorhydrique provoquera le début d'une corrosion par piquage.

### III.2- Caractéristique de la machine et dimensionnement des différents éléments :

- Production : 400-1200 unités/heure  
8 unités/révolution
- Volume de remplissage : 100 ml- 2 L
- Stations :
  - 1- Entrée du verre.
  - 2- Injection de la crème glacée.
  - 3- Spray du granule.
  - 4- Arrosage du chocolat mou (optionnel).
  - 5- Entrée du couvercle.
  - 6- Compression du couvercle.
  - 7- Impression de la date (optionnel).
  - 8- Libération.
- Densité : en général  $\rho = 1.09- 1.1 \text{ Kg/L}$  et dépend des ingrédients de la crème injectée.

#### III.2.1- Dimensions des verres ayant une forme conique avec la hauteur fixée = 10cm :



Verre de forme conique

Figure III.2.1 : Dimensions moyennes du verre.

$$V = \frac{\pi}{4} \phi^2 \cdot h = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \Rightarrow \phi_{moy}^2 = \frac{2,4 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,1} = 25,4 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \phi_{moy} = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}.$$

$$V_{max} = 2L \Rightarrow m_{max} = 1,1 \cdot 2 = 2,2 \text{ Kg} \Rightarrow F_{max} = 22\text{N/ secteur}.$$

### III.2.1.1 – Matériaux du verre :

PP selon le code ISO 1043 (thermoplastique)

-Noms commerciaux : Appryl, Hostaien, Hatene, Moplen, Polyflam.

-Polymère de base : Polypropylène

-Propriétés :

Le polypropylène, de formule chimique – (CH<sub>2</sub>-CH-CH<sub>3</sub>)<sub>n</sub>- est un polymère obtenu par la polymérisation des monomères de propylène (CH<sub>2</sub>=CH-CH<sub>3</sub>).

- Température de fusion : 170°C
- Température de transition vitreuse T<sub>g</sub> : -10°C.
- Densité : 0,9g/cm<sup>3</sup>.
- Module de Young : 1,5 MPa.

Le polymère, abrégé PP, avec un grade d'injection, est très facilement recyclable. Il est beaucoup utilisé pour les emballages alimentaires pour sa résistance à la graisse, sa transparence et son aspect brillant.

### III.2.2 – Dimensions des secteurs support :

Trou du secteur où le verre y en est :  $\phi_{trou} = 2\text{cm} + \phi_{boite} = 17\text{cm} = 0,17\text{ m}$ .

Le périmètre total du secteur est :  $P = 8 \cdot \left[ \frac{\phi_{trou}}{2} + \phi_{trou} + \frac{\phi_{trou}}{2} \right]$ .

C'est-à-dire que les trous sont espacés entre eux, d'un demi-diamètre du trou.

Alors  $P = 8 \cdot (2 \cdot \phi_{trou}) = 8 \cdot (2 \cdot 17) = 272\text{ cm} = \pi \cdot \phi \Rightarrow \phi = 86,6\text{ cm} = 0,86\text{ m}$ .

Prendre un diamètre maximal de 1 m et en prenant en considération que le trou est éloigné de  $0,78 \cdot \phi_{trou} = 13,4\text{ cm} = 0,13\text{ m}$  de la limite du secteur.

-Dimensions des secteurs

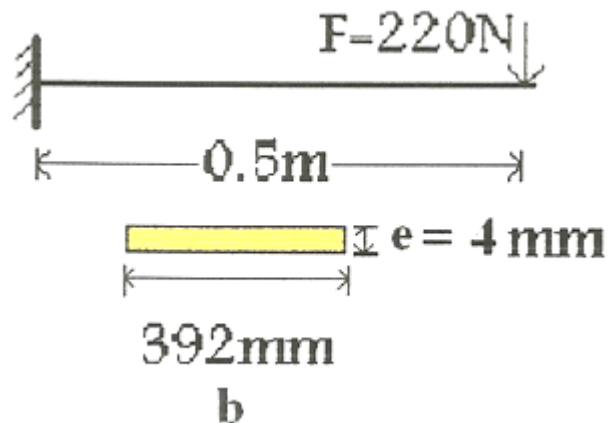


Figure III.2.2 : dimensions de la section des secteurs

$F_{\text{secteur}} = 22\text{ N}$  en additionnant un coefficient de sécurité  $s=10$ , pour augmenter la rigidité statique aussi en dynamique  $\gggg F_{\text{secteur}} = 220\text{ N}$ .

Calcul des contraintes et flèche du secteur :

-Condition de résistance

$$M_f = 110\text{ N.m}$$

$$\sigma_f = \frac{M_f}{\frac{I}{V}} \leq \sigma_e \text{ avec } \frac{I}{V} = \frac{b.h^3}{12.e/2} = \frac{39.0,4^3}{12.0,2} = 1,04\text{ cm}^3 = 1,04.10^{-6}\text{ m}^3$$

$$\Rightarrow \sigma_f = \frac{110}{1,04.10^{-6}} = 105,7\text{ MPa} < 290\text{ MPa} \Rightarrow \text{acceptable.}$$

-Condition de flèche :

$$f = \frac{Fl^3}{3EI} = \frac{220.0,5^3}{3.1,9.10^{11}.2.10^{-9}} = 24\text{ mm} > 1\text{ mm} = \frac{l}{500} \Rightarrow \text{inacceptable.}$$

Pour renforcer le secteur (augmenter son inertie et diminuer son flèche) sans changer son épaisseur, il faut souder des profils rectangulaires plats ayant une grande inertie comme le démontre la figure ci-dessous :

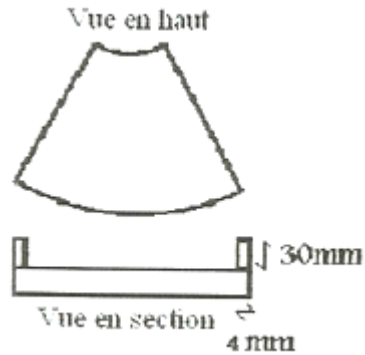


Figure III.2.2 : Dimensions pour la section de renforcement.

$$I_{renforce} = 2 \left[ \frac{b \cdot e^3}{12} + b \cdot e \left( \frac{b}{2} + \frac{e}{2} \right)^2 \right]_{\text{petit-profil}}$$

$$I_{renforce} = 2 \left[ \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,03^3}{12} + 120 \cdot 10^{-6} \cdot (15 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-3})^2 \right] = 8,736 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$\text{En somme total I : } I = 2 \cdot 10^{-9} + 8,736 \cdot 10^{-8} = 8,936 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4.$$

-Condition de flèche :

La flèche sera calculée par la formule suivante :

$$f = \frac{Fl^3}{3EI} = \frac{220,05^3}{3 \cdot 1,9 \cdot 10^{11} \cdot 8,94 \cdot 10^{-8}} = 0,53 \text{ mm} < 1 \text{ mm} = \frac{l}{500} \Rightarrow \text{acceptable.}$$

### III.2.3- Dimensions du support tubulaire vertical :

#### III.2.3.1- Calculs des masses et charges de la structure :

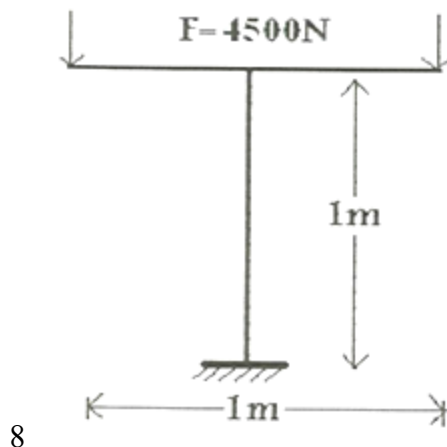


Figure III.2.3.1 : Dimensions générales de la structure entière.

-Charges résultant de la structure (plateau circulaire mobile) :

$$V = V_{\text{plateau}} + V_{\text{renforce}} = \frac{\pi}{4}(\phi_{\text{ext}}^2 - \phi_{\text{int}}^2) \cdot e + 8 \cdot (\text{b.e.l})_{\text{profil renforce}}$$

$$\Rightarrow V = \frac{\pi}{4}(1^2 - 0,26^2) \cdot 4 \cdot 10^{-3} + 8(0,03 \cdot 0,004 \cdot 0,37) = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3.$$

$$\Rightarrow m = \rho V = 8030 \cdot 3,2 \cdot 10^{-3} = 26,37 \text{ Kg.}$$

-Charges résultant des fluides : 2,2.8 = 17,6 Kg.

Masse totale = 45 Kg, appliquant un coefficient de sécurité s= 10 pour donner la rigidité à la structure, la masse totale sera 450 Kg.

$$F = 4500 \text{ N} \Rightarrow M_f = 4500 \cdot 0,5 = 2250 \text{ Nm.}$$

$$\sigma_f = \frac{M_f}{\left(\frac{I}{v}\right)} \leq \sigma_e \Rightarrow \left(\frac{I}{v}\right) \geq \frac{M_f}{\sigma_e} = \frac{2250}{290 \cdot 10^6} = 7,75 \text{ cm}^3 = 7,75 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3.$$

Choisir un profil tubulaire : 80\*4 mm trop sécuritaire, l'épaisseur 4 mm est pour rendre le tube tournable en usinage.

**III.2.3.2- Plaque sous forme du flange :**

-Flange supérieure supportant les roulements et les autres charges :

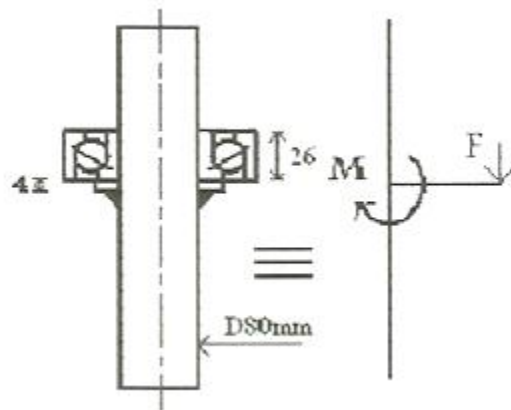


Figure III.2.3.2.1 : Dimensions du support du roulement.

$$M_f = 4500 \cdot 0,009 = 40,5 \text{ Nm.}$$

$$\sigma_f = \frac{40,5}{\left(\frac{I}{v}\right)} \leq 290 \cdot 10^6$$



$$\left[ \begin{array}{l} I = \frac{0,04.e^3}{12} = 3,33.10^{-3}.e^3 \\ V = \frac{e}{2} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{I}{V} = 6,66.e^2.10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow \frac{40,5}{6,66.10^{-3}.e^2} \leq 290.10^6 \Rightarrow e^2 \geq \frac{40,5}{6,66.10^{-3}.290.10^6} \Rightarrow e \geq 4,5 \text{ mm}$$

Prendre  $e = 10\text{mm}$  afin de rectifier la surface et effectuer l'usinage afin d'assurer la perpendicularité entre la flange et le roulement. L'épaisseur doit être suffisante pour les techniques du soudage.

-Soudages :

Condition générale pour soudage quel que soit la sollicitation selon la norme NF P 22 470 et les règles CM66.

$$K\sqrt{3} \frac{N}{\sum a.l_i} \leq \sigma_e$$

Pour l'acier E24 (n'est pas notre cas, mais approximativement) prendre  $K=0,7$ .

$$\Rightarrow K\sqrt{3} \frac{N}{a.\pi.D} = 0,7\sqrt{3} \frac{4500}{a.\pi.0,08} \leq 290.10^6 \Rightarrow a \geq 7,48.10^{-5} \text{ m}$$

Prendre une épaisseur minimale de la soudure = 1 mm.

-Flange inférieure fixant la structure entière :

Dimensions des 4 boulons :

$$\text{Boulons sollicités en traction/compression : } 1,25 \frac{F}{A_s} \leq \sigma_e \Rightarrow A_s \geq 1,25 \frac{F}{\sigma_e}$$

$$M = 2250 = F_b. \frac{0,796}{2} \Rightarrow F_b = 101,7 \text{ N}$$

$$A_s \geq 1,25 \frac{101,7}{290.10^6} = 4,3.10^{-7} \text{ m}^2.$$

La section S nominale =  $1,75.A_s = 7,67.10^{-7} \text{ m}^2$ .

$$A = \frac{\pi\phi^2}{4} \Rightarrow \phi \geq 1 \text{ mm}$$

Prendre  $\phi = 5\text{mm}$  et  $\phi_{\text{trou}} = 6\text{mm}$

La charge est supposé appliquée sur un seul boulon afin d'augmenter la sécurité.

L'épaisseur de la plaque est en fonction du diamètre du boulon :

$$2.e_{\text{plaque}} = 4.\phi_{\text{boulon}} \Rightarrow e = 10 \text{ mm}.$$

La distance boulons – périphérie de la plaque doit vérifier :

$$\delta_l \geq 1,5 \cdot \phi_{\text{boulon}} = 7,5 \text{ mm.}$$

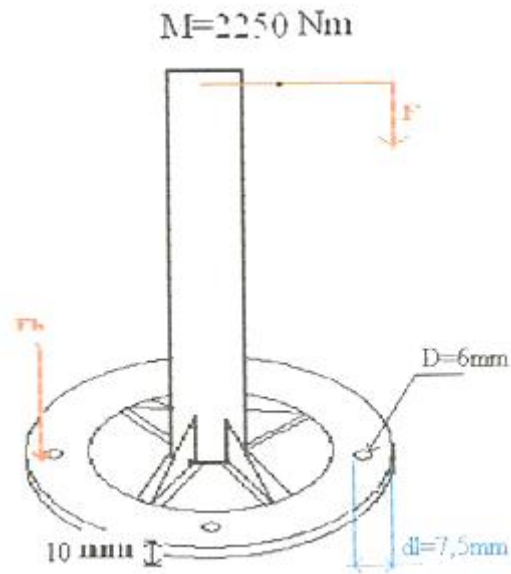


Figure III.2.3.2.2 : forces des boulons du poteau tubulaire supportant toute la machine.

Pour minimiser l'épaisseur de la plaque et pour équilibrer statiquement les charges verticales on a augmenté son diamètre tout en diminuant son épaisseur.

Pour la soudure, le même calcul donne une épaisseur minimale de 1mm.

### III.2.3.3 - Dimensions du porte plateau :

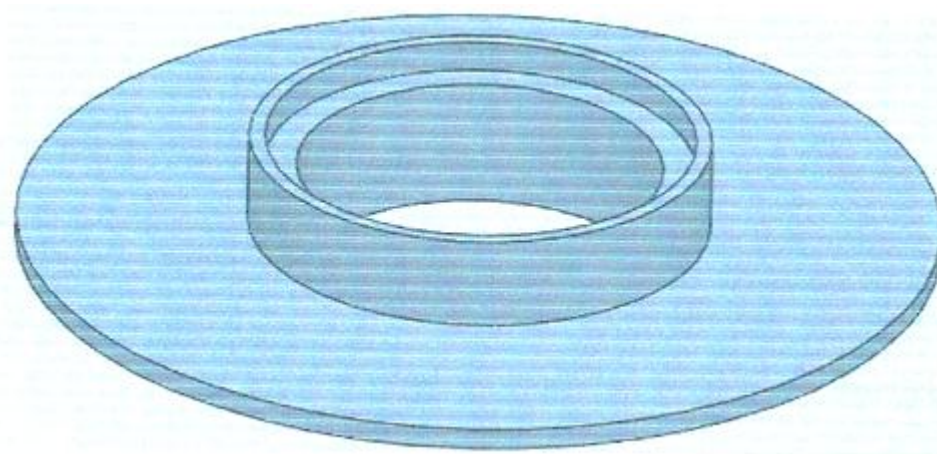


Figure III.2.3.3 : Vue isométrique du porte plateau.

La porte plateau, porte le plateau formant les 8 secteurs, la surface portante est de 300 mm de diamètre et d'épaisseur minimale de 4mm en vue de l'usinage. La partie en haut, c'est l'épaulement où loge le roulement, la porte plateau, lui-même s'appuie sur la grande poulie.

Force agissante :  $F = 4500 \text{ N}$  donnant un moment de  $2250 \text{ Nm}$ .

Vérification à la résistance :

-Condition de la résistance :

$$I = \frac{b.h^3}{12} \text{ avec } b = \pi.D = \pi.300 = 942 \text{ mm et } h = 10\text{mm}$$

$$\Rightarrow I = 78500 \text{ mm}^4 \text{ et } \frac{I}{V} = \frac{b.h^2}{6} = 15700 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \frac{M_f}{\frac{I}{V}} = \frac{2250}{15700.10^{-9}} = 143 < 290 \text{ MPa} \Rightarrow \text{acceptable.}$$

-Condition de la flèche :

$$f = \frac{F.L^3}{3.E.I} = \frac{4500.0,15^3}{3.1,9.10^{11}.78500.10^{-12}} = 0,3 \text{ mm} \leq \frac{l}{500} = 0,3 \text{ mm} \Rightarrow \text{acceptable.}$$

## CHAPITRE IV      CALCUL DYNAMIQUE

### IV.1- calcul du couple moteur capable d'entraîner la plaque supportant les verres :

Le moteur doit surmonter les forces de frottement dues aux contacts acier-acier et encore l'inertie des masses réparties et autres charges, tout en prenant compte du rendement de la transmission et des différentes pertes.

-Le couple moteur est exprimé de la façon suivante :

$$C_M = C_R + J.\theta''$$

$$\text{Où : } \begin{cases} C_M = \text{couple moteur} \\ J = \text{inertie du système entraîné} \\ \theta'' = \text{accélération angulaire du système rotatif entraîné} \\ C_R = \text{couple résistant lors de la rotation} \end{cases}$$

-Le couple résistant est calculé de la façon suivante :

$$C_R = F_R . r = F_R . 0,0425$$

Où r est le rayon où il y a du frottement dans le roulement à bille.

$$F_R = P . \mu$$

$$\text{Où : } \begin{cases} F_R = \text{force de frottement} \\ \mu = \text{coefficient de frottement} = 0,35 \text{ pour l'acier} \\ P = \text{poids que le roulement supporte} \end{cases}$$

$$\ggg F_R = 4500.0,35 = 1575 \text{ N}$$

$$C_R = 1575.0,042 = 66,15 \text{ N.m}$$

-L'inertie du système rotatif est calculé de la façon suivante :

$$\left. \begin{aligned} J &= J_{\text{plaque}} + J_{\text{masses}} \\ J_{\text{plaque}} &= \frac{m.r^2}{2} = \frac{28.0,5^2}{2} = 3,5 \text{ Kg.m}^2 \\ J_{\text{masses}} &= 8.m.r^2 = 17,6.0,5^2 = 4,4 \text{ Kg.m}^2 \end{aligned} \right\}$$

$$\ggggg J_t = 8 \text{ Kg.m}^2$$

La caractéristique dynamique du moteur sera :

$$C_m = 66,15 + 8.\theta'' \dots\dots\dots \{N.m\}$$

## IV.2- Choix du moteur :

Le nombre de tour/min en fonction du débit des pièces que cette machine permet d'établir sera :

Pour une production de :	RP M	RPS=f	T en secondes	T par piste en sec.	T pour rotation en sec.	T pour remplissage en sec.
400 unités/h	0,38	0,0063	158,73	19,84	6,6	13,2
1200 unités/h	2,5	0,0416	24	3	1	2

Le choix des temps de rotation et de remplissage dépend du choix du moteur, contrôle, rigidité du système, capacité du remplissage de l'injecteur. Il est pris respectivement  $1/3 * T$  pour la rotation et  $2/3 * T$  pour le remplissage.

Calculons pour la vitesse maximale de période  $T=1s$  la puissance du moteur :

Pour  $T=1s$ ; le secteur doit subir une rotation de  $1/8$  du tour donc la fréquence sera :

$$f = \frac{\frac{1}{8} \text{tour}}{1 \text{seconde}} = 0,125 \text{ Hz} \text{ et la vitesse angulaire sera : } \omega = 2\pi \cdot f = 0,785 \text{ rad/s}$$

La puissance du moteur sera :

$$P = C_m \cdot \omega$$

$$\text{Tel que } \begin{cases} P = \text{puissance mécanique du moteur} \\ C_m = \text{couple moteur} \\ \omega = \text{vitesse angulaire} \end{cases}$$

$\Rightarrow p = (66,15 + 8 \cdot \theta'').0,785$  ; prendre une accélération angulaire lors du démarrage du moteur

$$\gamma = \frac{0,4 \text{m/s}^2}{R} = \frac{0,4}{0,8} = 0,8 \text{ s}^{-2} \text{ Où } R = \text{rayon de la plaque rotative.}$$

$$\Rightarrow P = (66,15 + 8 \cdot 0,8) \cdot 0,785 = 60 \text{ W}$$

$$C_m = 72,55 \text{ Nm}$$

Donc le choix du moteur doit être fait en considérant pour la machine menée :

1. Puissance= 60 W
2.  $C_m = 73 \text{ Nm}$
3.  $\omega = 0,785 \text{ rad/s}$  ; ( $2\pi = 1 \text{ tour}$ ) ; RPM=7,5

### IV.3-Calcul de la fréquence propre :

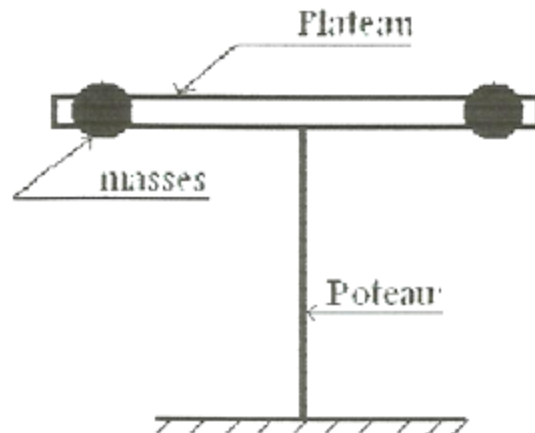


Figure IV.3 : Nom des éléments attribuant à la résonnance.

-Pour la plaque :

$$J = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4) = \frac{\pi}{32} (1^4 - 0,15^4) = 0,0981 \text{ m}^4$$

-Pour le poteau :

$$J = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4) = \frac{\pi}{32} (0,06^4 - 0,0585^4) = 1,22 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$K = \frac{G \cdot J}{L} = \frac{8 \cdot 10^{10} \cdot 1,22 \cdot 10^{-7}}{1} = \frac{9760 \text{ N}}{\text{m}}$$

$$\text{Volume : } V = \pi \cdot 0,056 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 7 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{Masse : } m = \rho V = 8030 \cdot 7 \cdot 10^{-4} = 5,64 \text{ Kg}$$

$$J_t = J_{\text{plaque}} + J_{\text{poteau}} = 0,0981 \text{ m}^4$$

L'équation du mouvement du système sera :

$$J_t \theta'' + C \theta' + K \theta = F_{\text{ext}}$$

$$\text{Où } \begin{cases} J = \text{moment polaire d'inertie} \\ C = \text{coefficient d'amortissement} \\ K = \text{coefficient d'élasticité} \\ F_{\text{ext}} = \text{résulte du couple de démarrage} \end{cases}$$

$$0,0981 \theta'' + C \theta' + 9760 \theta = F_{\text{ext}}$$

Mais ce qui nous intéresse c'est  $\Omega_e = \sqrt{\frac{K}{J}} = 315,4 \text{ rad/s} \Rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi} = 50,2 \text{ Hz}$

Donc la fréquence de résonance est loin de la fréquence du travail (0,125Hz).

#### IV.4-Caractéristiques du moteur :

L'utilisation des choix différents du régime de travaille, vitesse de rotation différentes et grands couples intermittents, nous obligent à utiliser un moteur pas à pas.

##### IV.4.1 - Notions générales sur le moteur pas à pas ("stepper motor"):

Il est intéressant de regarder les caractéristiques principales du moteur pas à pas et d'évaluer les avantages qui en découlent.

Caractéristiques	Avantages
Sans balais	Pas d'usure donc durée de vie importante
Fonctionnement en boucle ouverte	Pas besoin de codeur ou de recopie (réduction de cout)
Plusieurs pas angulaires disponibles	Optimisation des caractéristiques : Résolution vitesse couple
Commutation directe d'un signal	Facilité d'intégration dans un système complexe

Tableau IV.4.1-Caractéristiques et avantages du moteur pas à pas.

L'avantage essentiel du pas à pas est de fonctionner en boucle ouverte, c'est-à-dire que dans des conditions normales d'utilisation pour un nombre n d'impulsions on obtient un déplacement de n pas.

Les moteurs pas à pas sont présents dans de nombreuses applications telles : les photocopieurs, machines à écrire, imprimantes bancaires, périphériques informatiques, tables traçantes, instrumentation, pompes médicales, pousSES seringues, distributeurs, machines de jeu, automobiles, climatisation, régulation.

##### IV.4.2 - Principe des moteurs pas à pas :

Le fonctionnement d'un moteur pas à pas nécessite la présence des éléments suivants:

1. Une unité de commande (microprocesseur par exemple) qui fournit des impulsions dont la fréquence est proportionnelle à la vitesse de rotation du moteur, elle imposera également le sens de rotation.

2. Un séquenceur qui aiguillera les impulsions sur les différentes bobines du moteur.

### 3. Une alimentation de puissance.

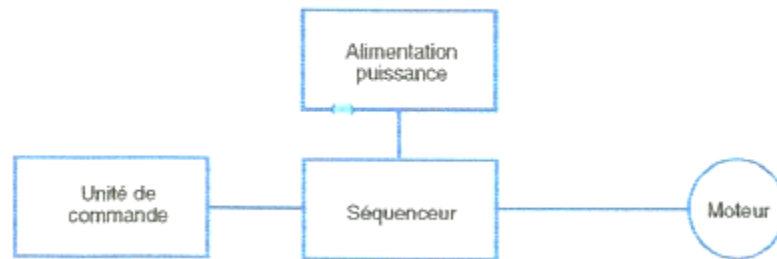


Figure IV.4.2.1 : Schématique de la transmission de la puissance.

Différents types de moteurs parmi lesquels :

- Le moteur pas à pas à réluctance variable :

Ce type de moteur utilise la loi du flux maximum.

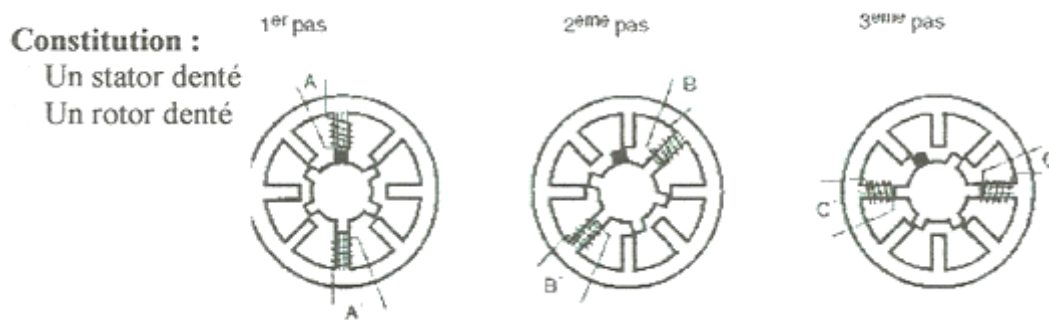


Figure IV.4.2.2 : Relation bobine-pas d'un moteur à réluctance variable.

- Le moteur pas à pas à aimant permanent :

Dans ce type de moteur, l'alimentation peut s'effectuer en deux méthodes selon le nombre de phases.

Constitution :

- Un stator denté
- Un rotor aimanté



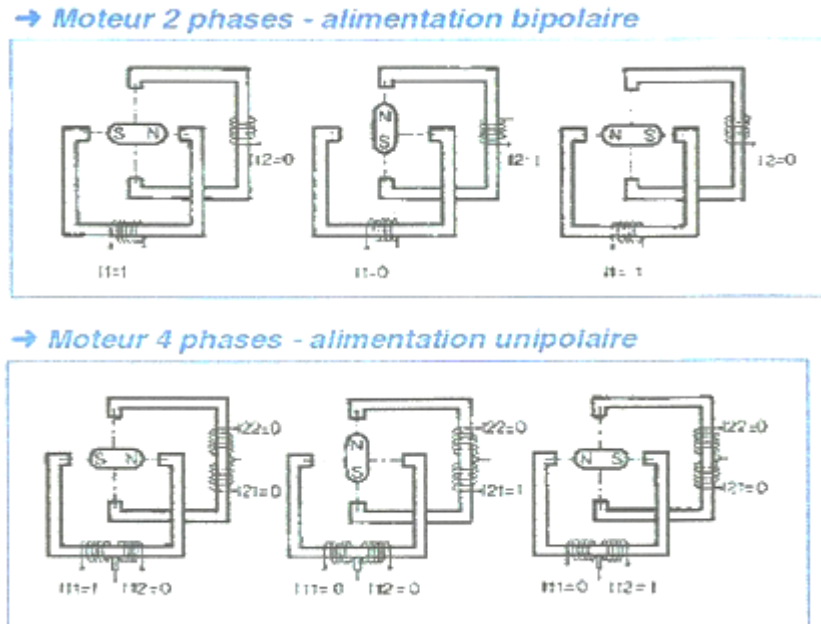


Figure IV.4.2.3 : deux méthodes d'alimentation selon le nombre de phases.

#### IV.4.3- Les caractéristiques statiques :

##### Courant par phase

C'est l'intensité par phase à fréquence nulle (moteur à l'arrêt) qui provoque l'échauffement maximum admissible par le moteur. Ce courant est mesuré à froid dans le cas d'une alimentation à tension constante.

##### Couple de maintien statique

Le moteur étant alimenté, le couple de maintien statique est le couple qu'il faut appliquer sur l'axe moteur pour provoquer une rotation continue.

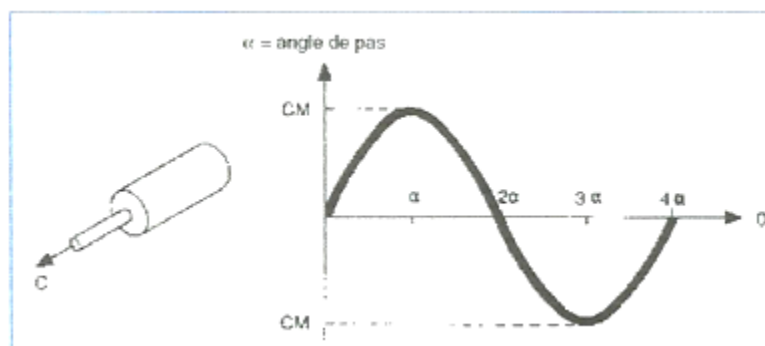


Figure IV.4.3: Variation du couple de maintien en fonction du pas.

### Couple de maintien ( $C_m$ )

Le couple de maintien est le couple minimum qu'il est nécessaire d'appliquer au rotor pour occasionner sa rotation, la mesure étant faite «moteur alimenté deux phases à la fois» à fréquence nulle.

### Couple de détente

Ce couple a la même définition que le couple de maintien mais avec le moteur non alimenté.

#### IV.4.4—Les caractéristiques dynamiques :

Il existe des contraintes pouvant s'appliquer sur un moteur:

-La charge inertielle  $J_L$  : Son action ne s'exerce que lors des accélérations ou décélération du moteur, elle influe également sur les fréquences de résonance. Si  $J_L$  est la résultante des inerties de la charge (ramenées sur l'axe du rotor) le couple équivalent dû à cette inertie est fonction du système de transmission.

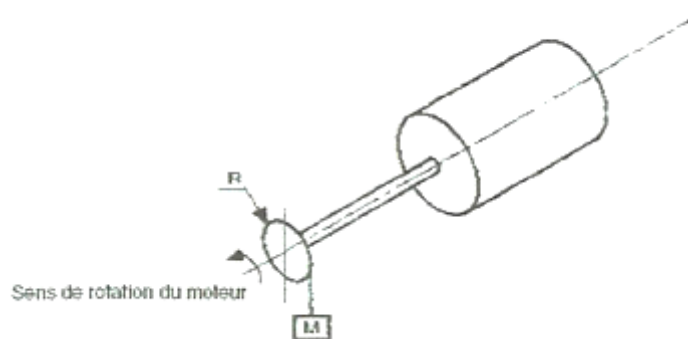


Figure IV.4.4.1 : Schéma montrant le montage du moteur pour le calcul du couple antagoniste.

-Le couple antagoniste  $M_R$  : Il s'agit d'un couple qui s'oppose à la rotation générale du rotor. C'est le système poids-poulie qui le schématise le mieux.

-Le couple résistant dû aux frottements visqueux : Il est proportionnel à la vitesse. Par définition, ce frottement représente la résultante des actions d'un liquide ou d'un gaz s'appliquant sur un solide qui se déplace dans un milieu liquide ou gazeux.

-Le couple résistant dû aux frottements secs : Il s'oppose toujours au déplacement. Par définition, ce frottement représente la résultante des actions qui s'exercent sur un solide se déplaçant sur un autre solide.

-Inerties :  $J$  poulies +  $J$  courroie +  $J$  plateaux. Ces inerties doivent être ramenées à l'axe moteur.

-Couple d'antagoniste : C'est le couple au poids du papier. Il est faible par rapport au couple du frottement sec.

-Couple de frottement visqueux : Ce couple dû au déplacement du rouleau dans l'air est négligeable.

-Couple de frottement sec : Il s'agit du couple dû au frottement des différents axes (engrenages +rouleau) sur leur palier.

### Les couples dynamiques

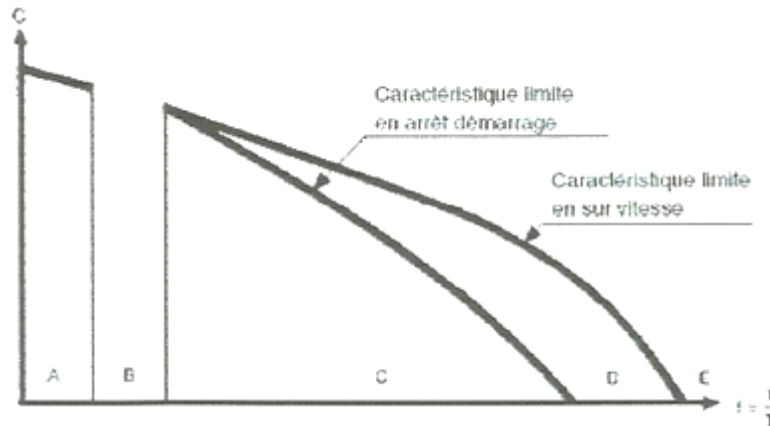


Figure IV.4.4.2 : Les caractéristiques dynamiques du moteur en fonction de la fréquence des impulsions.

Pour un système donné, la variation du couple antagoniste et de la fréquence des impulsions détermine les caractéristiques dynamiques du moteur, pour une alimentation donnée.

La figure IV.4.4.2 montre une subdivision des caractéristiques en 5 zones de fonctionnement:

#### Zone A

Fonctionnement possible mais risque de génération trop importante de bruit due aux à-coups du moteur.

#### Zone B

Risque de perte de synchronisme : résonance basse fréquence.

#### Zone C

Zone d'arrêt-démarrage.

Démarrage et arrêt du moteur dans cette zone sans perte de pas.

#### Zone D

Zone de survitesse.

Fonctionnement possible si arrêt et démarrage dans la zone C.

#### Zone E

Fonctionnement impossible.

Comparaisons entre l'excitation « 1 phase à la fois » et « 2 phases à la fois »

	1 phase à la fois	2 phases à la fois
Puissance	$P = R. (\sqrt{2}I)^2$	$P = 2. R. I^2$
Courant par phase	$P = \sqrt{2}.I$	$I$
Couple de maintien	$\sqrt{2}$	$\sqrt{2} Cm$

Tableau IV.4.4.1 : Comparaison de la puissance, courant et couple en nature d'excitation.

Le couple de maintien est proportionnel au courant dans le domaine magnétique linéaire du matériau.

Au-delà, le phénomène de saturation rend le couple de maintien presque indépendant du courant.

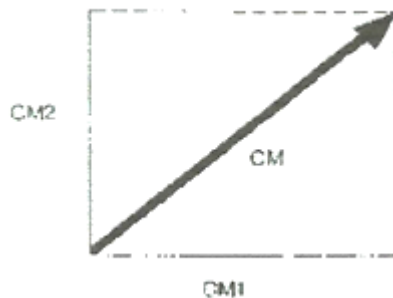


Figure IV.4.4.3 : Projection du vecteur CM en CM1 et CM2.

Cm1= Couple de maintien dû à la phase 1 alimenté par I.

Cm2 = Couple de maintien dû à la phase 2 alimente par I.

Cm = Couple de maintien moteur alimenté «deux phases à la fois».

Comparaison du courant absorbé entre moteur « 2 phases »-« 4 phases »

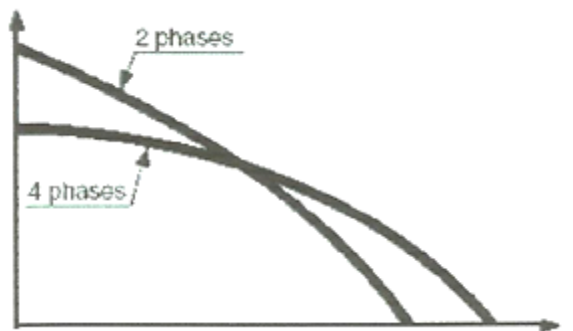


Figure IV.4.4.4 : Comparaison à tension constante et résistance constante du courant absorbé.

	2 phases	4 phases
Performances	Elevées en BF Basses en Hf	Elevées en BF
Prix du moteur	Faible	Surcoût dû aux 6 fils
Electronique	8 transistors	4 transistors

Tableau IV.4.4.2 : Comparaison selon les connexions électriques avec leurs circuits électronique.

Par suite de cette comparaison, le choix pour moteur à 2 phases est plus valable, car celui de 4 phases est restreint aux couples élevés, or l'emploi d'une transmission par courroie permet l'utilisation sécuritaire des moteurs à 2 phases.

En ce qui concerne le bobinage unipolaire et bipolaire, on a recourt au bobinage unipolaire car il nécessite moins d'électronique complexe pour contrôler le moteur.

Voici, le schématique du moteur uni, et bipolaire:

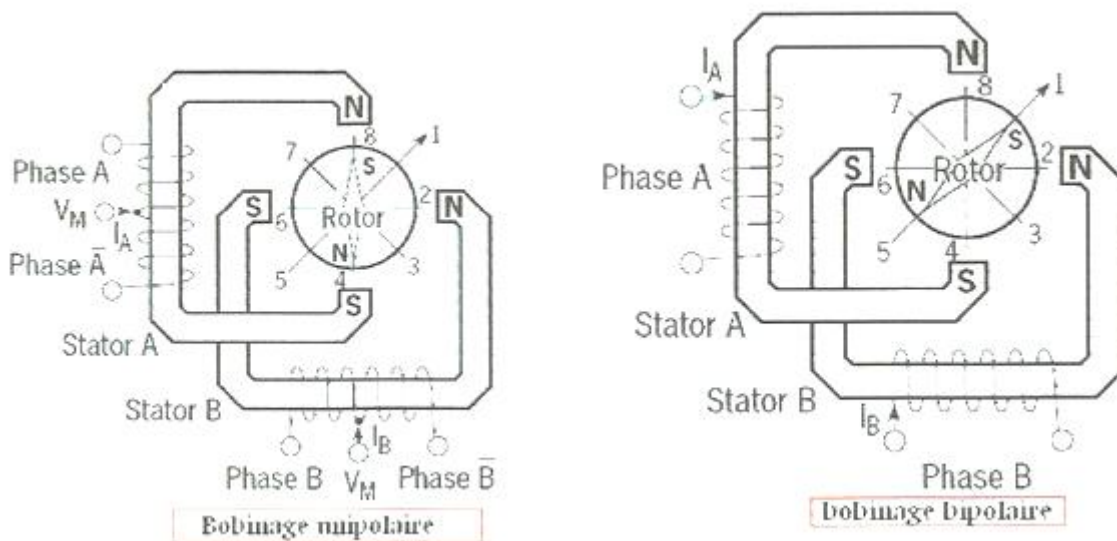


Figure IV.4.4.5 : Deux types de bobinages pour moteur pas à pas.

-Le moteur unipolaire est formé d'un bobinage à 3 connections où le courant le traverse toujours en un seul sens.

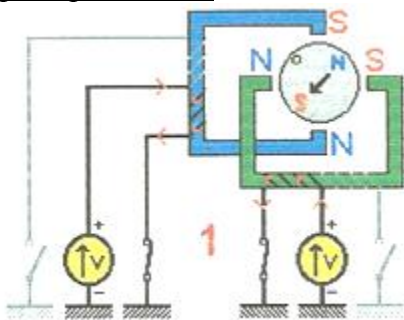
-L'autre type de bobinage, la connexion intermédiaire est substituée, le courant peut circuler dans les 2 sens, ce qui nécessite des circuits de contrôle plus complexe.

#### IV.4.5 - Description interne du moteur unipolaire à 2 phases:

Le moteur pas à pas, est constitué d'un rotor aimanté (en gris) avec deux pôles, Nord et Sud, ainsi que d'un double-stator (une partie en bleu, l'autre en vert) : à chacune de ces deux parties, est associé un bobinage avec un point milieu et deux phases; en alimentant l'une ou l'autre des phases, on peut ainsi inverser l'aimantation au niveau du stator correspondant.

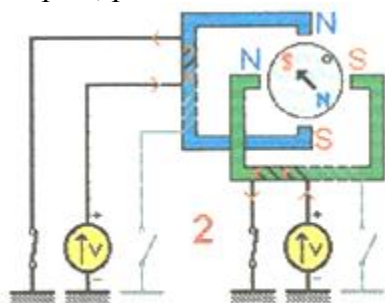
Comme le montre l'animation, une rotation s'effectue en quatre étapes, reprises dans ce qui suit. La flèche noire représente l'aiguille d'une boussole qui serait disposée en place et lieu du rotor ; elle indique l'orientation du champ magnétique (elle pointe vers le nord, qui attire donc le pôle Sud du rotor) et se décale alors d'un quart de tour à chaque étape.

##### Etape 1, position 1 :



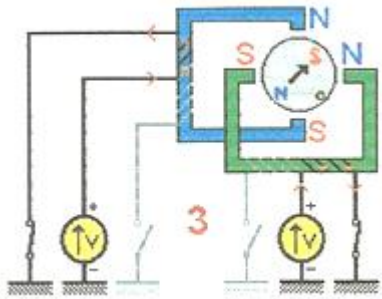
- \* Premier bobinage (stator bleu) :
  - Phase 1 (inter gauche) non alimentée.
  - Phase 2 (inter droit) alimentée
- Second bobinage (stator vert) :
  - Phase 1 (inter gauche) alimentée.
  - Phase 2 (inter droit) non alimentée.

##### Etape 2, position 2 :



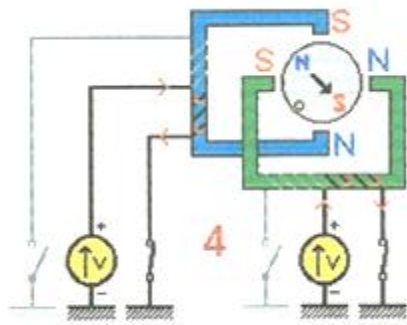
- Premier bobinage:
  - Phase 1 alimentée.
  - Phase 2 non alimentée.
- Second bobinage :
  - Phase 1 alimentée.
  - Phase 2 non alimentée.

Etape 3, position 3 :



- Premier bobinage:
  - Phase 1 alimentée.
  - Phase 2 non alimentée.
- Second bobinage:
  - Phase I non alimentée.
  - Phase 2 alimentée.

Etape 4, position 4 :



- Premier bobinage:
  - Phase 1 non alimentée.
  - Phase 2 alimentée.
- Second bobinage:
  - Phase 1 non alimentée.
  - Phase 2 alimentée.

La table de vérité ci-dessous résume les états successifs des différentes phases ; l'état logique indique si la phase est alimentée ("1") ou non ("0").

	Etape 1	Etape 2	Etape 3	Etape 4	Etape 1...
Bobinage phase 1	0	1	1	0	0
Bobinage phase 2	1	0	0	1	1
Bobinage phase 1	1	1	0	0	1
Bobinage phase 2	0	0	1	1	1

Tableau IV.4.5.1 : Alimentations des bobines selon l'étape correspondante.

Et le chronogramme correspondant

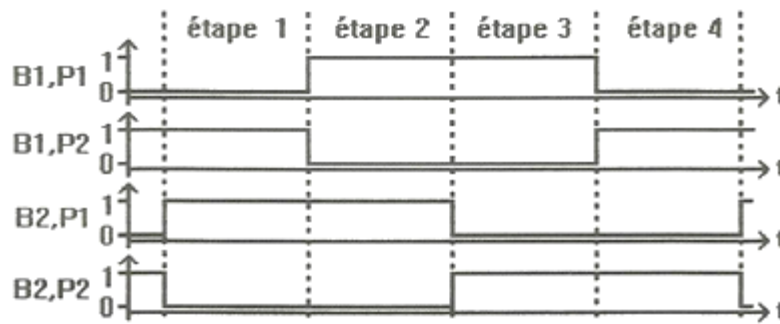


Figure IV.4.5.2 : Chronogramme des états d'excitations de diverses bobines.

Il va de soi que les schémas présentés ont simplement pour but de faire comprendre le principe de fonctionnement du moteur pas à pas à 4 phases ; dans la réalité, le moteur est constitué d'une succession d'alternance de pôles : ainsi, l'axe du modèle dont nous disposons fait un tour complet en 48 pas (un pas correspond donc à  $360/48 = 7,5^\circ$ ).

Le moteur de notre schéma effectue une rotation en quatre pas, il se caractérise par un fonctionnement dit "par pas" ; il existe également un mode de fonctionnement par "demi- pas" : il consiste à intercaler entre deux étapes, une période au cours de laquelle l'on coupe l'alimentation du bobinage du stator dont l'aimantation s'apprête à changer de sens (elle passe donc par zéro); durant cette nouvelle étape, le rotor tourne d'un demi -pas ( $45^\circ$ ) en s'alignant sur le seul stator alimenté ; une rotation totale se produit alors au bout de huit demi -pas :

Numéro de l'étape :	1	2	3	4	5	6	7	8	1
									...
Bobinage 1, phase 1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
Bobinage 1, phase 2	1	0	0	0	0	0	1	1	1
Bobinage 2, phase 1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
Bobinage 2, phase 2	0	0	0	0	1	1	1	0	0

Tableau IV.4.5.2 : Alimentation des bobines selon l'étape correspondante.

Le mouvement s'effectue à la suite d'une inversion du champ magnétique en alimentant l'une ou l'autre des phases d'un bobinage à point milieu ; seule une moitié du bobinage est donc utilisée à un instant donné. Un autre type de moteur, dit moteur à deux phases, permet d'obtenir un couple plus important; son principe consiste à utiliser un bobinage sans point milieu, et à faire circuler le courant dans un sens ou dans l'autre...

Cela complique néanmoins la partie "puissance" : une simple mise à la masse de l'une des phases ne suffit plus, il faut alors prévoir, par exemple, une structure "en H", ou avoir recours à un circuit spécialisé qui intègre cette fonction.

Le mouvement de rotation du moteur pas à pas est transmis au système "plateau" par courroie et poulie.



Le schéma cinématique est :

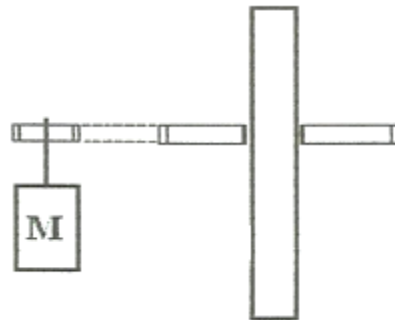


Figure IV.4.5.3 : Schéma cinématique (moteur-petite poulie-grande poulie).

### IV.5- Calcul de la transmission par courroie :

On se propose de calculer les paramètres liés au système plateau (élément mené).

-Angle du secteur :  $\frac{360^{\circ}}{8} = 45^{\circ}$  équivalent en radian 0,785 rad.

-Période de rotation par secteur = 1 seconde, donc la vitesse angulaire est :

$$w = \frac{d\theta}{dt} = \frac{0,875}{1} = 0,785 \text{ rad/s} \text{ Équivaut à RPM}=7,5.$$

-Couple à transmettre :  $C=72,55\text{N.m}$

- Calcul des coordonnées généralisés concernant l'élément manant : moteur "**103H89223-0941**" :

Le choix du moteur/alimentation/mode doit vérifier le schématique ci-dessous :

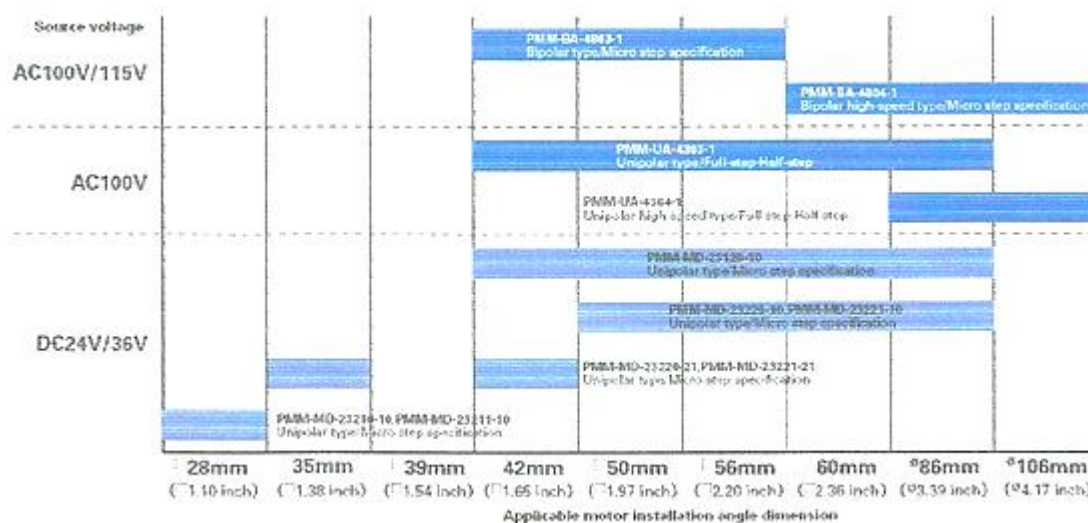


Figure IV.5.1 : Relation entre tension du moteur-diamètre de l'arbre.

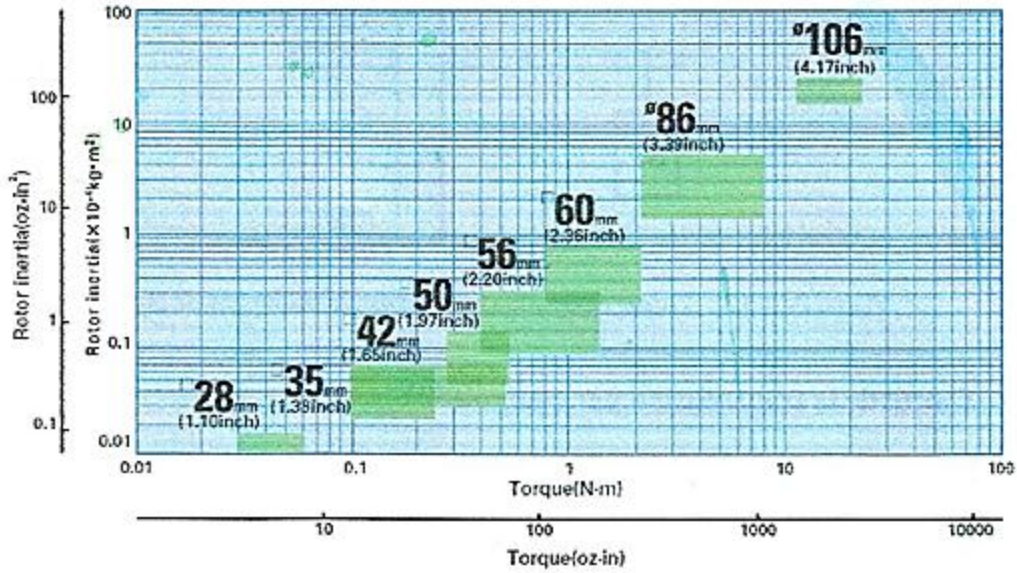


Figure IV.5.2 : Relation entre diamètre de l'arbre moteur, inertie et couple.

Et pour un choix convenable, regardons les caractéristiques dynamiques du moteur choisi:

Au fonctionnement stable avec grand couple, il est préférable de travailler avec des vitesses trop petites comme le montre la caractéristique dynamique.

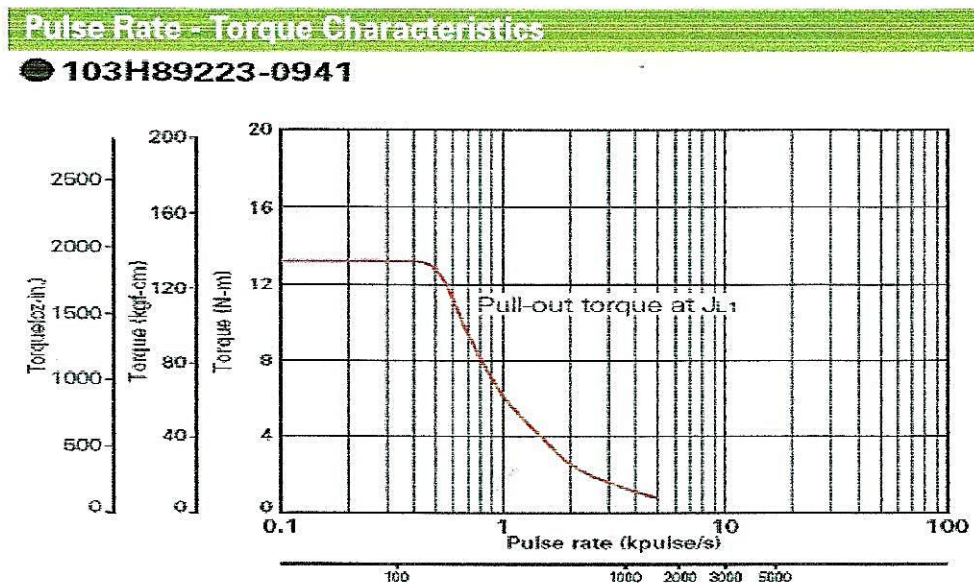


Figure IV.5.3 : Caractéristiques impulsions-couples.

## 2-phase Stepping Motor

**106mm cir.** 103H8922□  
(4.17inch cir.) 1.8°/step

Specifications

**Unipolar winding**

Model	Holding torque at 2-phase energization	Rated current	Steps		Inductance	Rotor inertia	Mass/Weight
			4 phase	5 phase			
103H89223-0941	-0911	10.8(1529.4)	4	0.98	6.3	14.6(79.85)	7.5(16.55)
103H89223-0941	-0911	15.5(2194.9)	4	1.4	9.7	22(120.28)	10.5(23.15)

Figure IV.5.4 : Choix du moteur pas à pas du catalogue.

Dimensions (Unit: mm(inch))

103H89223-0941/5241 (Single shaft)  
103H89223-0911/5211 (Double shaft)

Cross section S-S

Parallel key  
(attached to the motor)

Lead wire UL1430 AWG18

Figure IV.5.5 : Dimensions du moteur choisi.

- inductance : 9,7 mH/phase.
- Inertie du rotor :  $22.10^{-4}$  Kg.m<sup>3</sup>

- masse : 10Kg
- Vitesse de rotation : RPM=40
- couple : 15 N.m
- Pas : 1,8 degré
- Courant : 4A.
- Résistance : 1,4 ohm par phase.

#### IV.6-Caractéristiques de la courroie :

Puisque la résolution de la rotation du plateau est très importante, il ne faut pas accepter le glissement par la courroie et en plus la puissance n'est pas grande ; d'où le choix d'une courroie plate crantée.

Courroie	P transmis	Rapport de tr.	V de la courroie	Allongement	Rendement	Tenu en temp.	Régularité de fonct.
Plate crantée	< 10KW	< 1/20	< 60m/s	Très faible	< 98%	-30 ; +80°C	Très bonne

Tableau IV.6.1 : Caractéristiques mécaniques d'une courroie crantée.

Démarche de choix et de calcul d'une courroie et d'une poulie synchrone :  
 L'entraxe doit vérifier la condition :  $D < E < 3(D+d)$

Donnée	Démarche	Application
Calcul	Machine menante (type) Puissance (P') Vitesse (n) fonctionnement	Moteur électrique pas à pas P'=60W n=45tour/min 10h/j à couple très variable
	Machine menée (type) Vitesse (N) Entraxe souhaité(E)	Machine à marche intermittente N=7,5 tour/min E=300mm
	Formules Facteur de service(S) voir annexe 4, figure : 14.3.3 Puissance corrigée $P_c = P' \cdot S$	$S=1,7$ $P_c = 60 \cdot 1,7 = 0,1KW$
	Choix de la courroie voir tableau 14.2.8 de l'annexe 4.	(L):pas3/8"=9,43 mm
	Choix des poulies -Rapport de transmission $R = n/N = D/d$	$R = \frac{45}{7,5} = 6$ d = 36,37 et nb de dents = 12

	<p>-Diamètres primitifs et nombre de dents des poulies, voir tableau 14.2.6 annexe 4.</p> <p>-Pour la courroie (L) et le nombre de tours de la petite poulie ; diamètre primitif de la grande poulie (D) voir tableau 14.2.7 pour la courroie (L) et le nombre de dents dans l'annexe 4.</p>	<p><math>D = 36,37.6 = 218,22</math> et nb de dents <math>= 12.6 = 72</math></p>
	<p>Calcul de la longueur de la courroie (<math>L_p</math>) :</p> $L_p = 2E + 1,57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4E}$ <p>Choisir dans le tableau 14.2.5 la longueur <math>L'_p</math> la plus approchante.</p>	$L_p = 2.300 + 1,57(218,22 + 36,37) + \frac{(218,22 - 36,37)^2}{4.300}$ $= 1027,2mm$ <p>Pour le type de courroie(L) ; <math>L'_p = 1066,8</math> mm et nb. de dents = 112.</p>

	<p>Calcul de l'entraxe définitif (<math>E'</math>)</p> $E' = a + \sqrt{a^2 - b}$ $a = \frac{L'_p}{4} - 0,395(D + d)$ $b = 0,126(D - d)^2$	$a = \frac{1066,8}{4} - 0,395(218,22 + 36,37)$ $= 166,13$ $b = 0,126(218,22 - 36,37)^2$ $= 3505,35$ <p>&gt;&gt;&gt; <math>E' = 321,35</math> mm</p>												
	<p>Vérification du nombre de dents en prise :</p> $\frac{\text{nb de dents de petites poulies}}{6} \left( 3 - \frac{D - d}{E'} \right)$ <p>Lorsque le nb. de dents en prise &lt;6, multiplier la puissance par le coefficient :</p> <table border="1" data-bbox="305 1207 987 1390"> <tr> <td>Dents en prise</td> <td>&gt;6</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Facteur correctif</td> <td>1</td> <td>0,8</td> <td>0,6</td> <td>0,4</td> <td>0,2</td> </tr> </table>	Dents en prise	>6	5	4	3	2	Facteur correctif	1	0,8	0,6	0,4	0,2	$\frac{12}{6} \left( 3 - \frac{181,8}{321,35} \right) = 4,86 < 6$ <p>Facteur correctif = 0,6</p> <p>&gt;&gt;&gt; <math>P_c = 0,1 * 0,8 = 80 W</math></p>
Dents en prise	>6	5	4	3	2									
Facteur correctif	1	0,8	0,6	0,4	0,2									
	<p>Largeur de la courroie</p> <p>Le tableau de puissance transmissible par la courroie L 14.2.9 avec les coordonnées de la petite poulie: vitesse et nombre de dents, donne la valeur pour une largeur nécessaire.</p> <p>-Diviser la puissance corrigée PC par la puissance relevée dans le tableau.</p> <p>-Ce quotient calcule équivaut au facteur de largeur K donné dans le tableau ci-dessous. prendre la valeur immédiatement supérieure.</p>	<p><math>Pr = 0,33 \text{ Kw/e} = 1 \text{ pouce}</math></p> $\frac{P_e}{P_r} = \frac{0,1}{0,33} = k = 0,3$ $l = \frac{1}{2} \text{ pouce} = 12,7 \text{ mm}$ <p>Code = 050</p>												

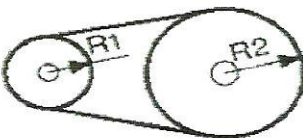


	Facteur de largeur "K"								
	Facteur de largeur	0,15	0,28	0,42	0,71	1	1,56	2,14	
	largeur	Pouce	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1	2
		Code	25	37	50	75	100	150	200
Mm		6,35	9,52	12,7	19,05	25,4	38,1	50,8	
Résultat et control	Contrôle du choix de la transmission -Une transmission composée d'éléments bien étudiés devra comporter un diamètre de petite poulie toujours supérieur à la largeur de la courroie								
	Vérification : $d = 36,37 \text{ mm}$ $l = 12,7 \text{ mm}$ $d > l \text{ ok.}$								
	Vérification de l'angle de contact $\beta = \sin^{-1} \frac{D - d}{2E} = \sin^{-1} \frac{218,22 - 36,37}{642,7} = 16,4^\circ$ $\theta_1 = 180 - 2\beta = 147,1 > 130 \text{ acceptable}$ $\theta_2 = 180 + 2\beta = 212,8$								

Les poulies emmagasinent et prennent d'énergie sous forme d'inertie :

**Transmission pour courroie (ou chaîne)**

$$J = \frac{M_1 + 2m + M_2}{2} R_1^2$$



$M_1$  = Masse poulie moteur  
 $M_2$  = Masse poulie menée  
 $m$  = Masse courroie

Figure IV.6 : Inertie emmagasiné dans les masses de poulies et courroie.

Propriétés masse	en	Densité $\text{g/mm}^3$	Masse g	Volume $\text{mm}^3$	Surface $\text{mm}^2$
Petite poulie		0.008	126	1.57e +004	6.9e +003
Grande poulie		0.008	3.56e +003	4.45e +005	8.59e +004

Tableau IV.6.2 : Caractéristiques géométriques des deux poulies.

Masse de la courroie =

Longueur  $\times$  épaisseur  $\times$  largeur  $\times$  densité =  $1066,8 \times 1 \times 12,7 \times 0,98 \cdot 10^{-3} = 13 \text{ g.}$

Appliquons un coefficient de sécurité  $s = 20$  ; cela est liée à la nature de la courroie et sa masse approximatif; alors sa masse sera égale à 200g.

Alors

$$J = \frac{M_1 + 2m + M^2}{2} R_1^2 = \frac{126 + 2.200 + 3560^2}{2} 18,18^2 = 2,09 \cdot 10^9 g \cdot mm^2$$

$$\gggg C_R = J \cdot \theta'' = 2,09 \cdot 10^9 \cdot 10^{-9} \cdot 0,8 = 1,672 N \cdot m$$

On a déjà majoré le couple moteur ; le couple résistant des masses pour la transmission est négligé dans le calcul.

#### IV.7- Calcul du support portant le moteur :

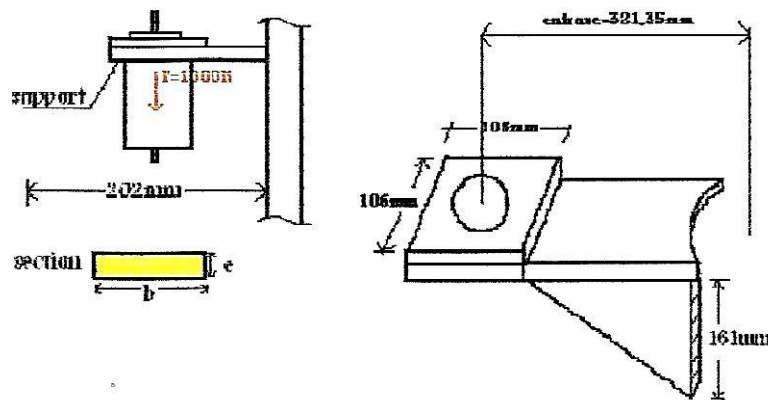


Figure IV.7 : Dimensions du support moteur.

Poids max du moteur = 10Kg, donc il impose une force statique  $F=100N$ .  
Majoration de la force par un coefficient de sécurité  $s=10$ , donc  $F=1000N$ .  
L'entraxe =  $E' = 321,35 \text{ mm}$

- Appliquons cette force aux extrémités :

$$M_f = 1000 \cdot 0,321 = 321 Nm$$

$$\sigma_f = \frac{M_f}{I} \leq \sigma_e \ggg \frac{321 \cdot e}{\frac{b \cdot e^3}{12} \cdot 2} = \frac{1926}{b \cdot e^2} = \frac{1926}{0,106 \cdot e^2} = \frac{18169,8}{e^2} \leq 290 \cdot 10^6$$

$$\ggg e \geq \sqrt{\frac{18169,8}{290 \cdot 10^6}} = 7,9 \text{ mm}$$

Prendre  $e = 10 \text{ mm}$

- Calcul de flèche :  $f = \frac{f \cdot L}{2 \cdot E \cdot I} = \frac{1000 \cdot 0,321}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 8,83 \cdot 10^{-9}} = 86 \text{ mm}$

$$\text{Avec } I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,106 \cdot 10^{-6}}{12} = 8,83 \cdot 10^{-9} m^4$$

Pour éliminer l'effet de la flèche et augmenter la rigidité du support moteur, on place un jarret de dimensions :

*De forme triangle rectangle isocèle de coté de dimensions 161mm*

*Et d'épaisseur non importante de 10mm.*

- Epaisseur de la soudure:

La même formule pour le calcul de la soudure donne :

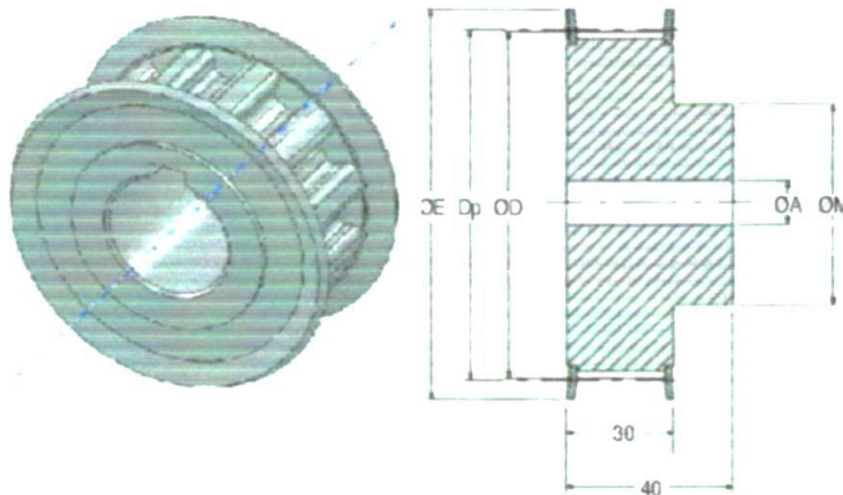
$$0,7\sqrt{3} \frac{1000}{\pi.R.e} \leq 290.10^6 \gg e \geq 0,7\sqrt{3} \frac{1000}{\pi.0,06.290.10^6} = 0,02 \text{ mm}$$

Prendre une épaisseur minimale de 1mm pour la soudure au bord circulaire.

Pour le jarret :  $e \geq 0,7\sqrt{3} \frac{1000}{2.0,374.290.10^6} = 5,58.10^{-3} \text{ mm}$  ; prendre une épaisseur minimale de 1mm pour le soudage des bords du jarret.

#### IV.8- Fixation de la petite poulie :

Le faible couple (faible puissance) n'exige pas l'usage d'une clavette, mais avec le choix du moteur, une clavette existe sur l'arbre moteur. En plus pas présence d'un épaulement, d'où un choix convenable peut être par un vis de pression.



REFERENCE	Z dents	Ø primitif	OD	OE	OM	OA	Stock	Prix uni. 1 à 5
12T10-21-AL	12	38,35	36,35	42	28	6	✓	10,98 €
14T10-21-AL	14	44,70	42,70	48	32	8	✓	12,14 €
15T10-21-AL	15	47,90	45,90	51	32	8	✓	12,76 €

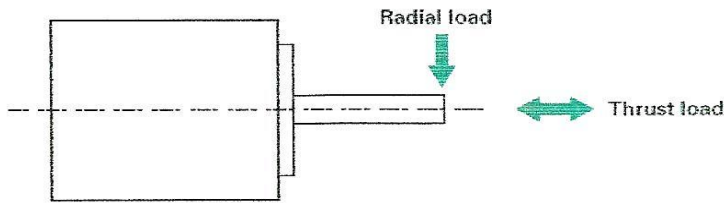
Figure IV.8 : Vue d'une coupe du catalogue des poulies.

Un choix par catalogue des roues pour courroie crantée implique l'usage d'un vis de pression M4 ; tolérance sur l'alésage H8.

#### IV.8.1- Vérification du bon fonctionnement aux charges axiales et radiales à l'arbre moteur :



Allowable radial load / thrust load



Flange size	Model. No.	Distance from end of shaft(mm (inch))				Thrust load (N(lbs))
		0	5(0.20)	10(0.39)	15(0.59)	
28mm(1.10inch)	103H32	30(6)	38(9)	53(11)	84(18)	3(0.67)
35mm(1.38inch)	SH35	40(8)	50(11)	67(15)	98(22)	10(2.25)
39mm(1.54inch)	103-49	43(9)	59(13)	93(20)	216(48)	30(6.75)
42mm(1.65inch)	103H52 103-59	22(4)	26(5)	33(7)	46(10)	10(2.25)
50mm(1.97inch)	103H67	71(15)	87(19)	115(25)	167(37)	15(3.37)
56mm(2.20inch)	103H712 103H7128	52(11)	65(14)	85(19)	123(27)	15(3.37)
56mm(2.20inch)	103-77	75(16)	92(20)	121(27)	176(39)	15(3.37)
80mm(3.15inch)	103H782	70(15)	87(19)	114(25)	165(37)	20(4.50)
85mm(3.33inch)	103H822	19(4)	23(5)	30(7)	42(9)	6(1.3)
106mm(4.17inch)	103H922	32(7)	35(8)	40(9)	45(10)	10(2.2)

Tableau IV.8.1 : chargement limite axiale et radiale que l'arbre moteur peut supporter.

Le couple pratiqué par la petite poulie = 15Nm, le diamètre de la petite poulie = 36,37mm cela cause une force radiale  $F_{rad} = 272,7N$  par la partie moteur ; radialement seule la force centrifuge négligeable agit.

La force axiale = 272N s'applique à la distance = 10mm du bout de l'arbre moteur et selon le tableau ci-dessus, la valeur acceptable = 457N ce qui est sécuritaire.

IV.9-Optimisation du choix du moteur:

- Angle de positionnement:  $\theta = 45^\circ$
- Résolution :  $\Delta\theta = 1^\circ$
- Période de positionnement :  $t_0 = 1\text{ s}$
- Résolution :  $1,8/6 = 0,3$  donc  $< 1$  donc le moteur choisit a en plus de précision.
- Pulsations de fonctionnement

$$(A) \quad \frac{\text{angle de rotation}}{\text{pas}} = \frac{\theta}{\theta_s} = \frac{45}{1,8/6} = 150 \text{ impulsions.}$$

- Période d'accélération (décélération)  $t_1$  [sec] :  $1 * 0,25 = 0,25$  secondes
- {Une période d'accélération (décélération) du 25% de la période du positionnement est appropriée}.

- Détermination de la vitesse d'impulsion pour le fonctionnement  $f_2$  [Hz] :

$$f_2 = \frac{nb. impulsions (A) - vitesse impulsions début (f_1) * période d'acc(t_1)}{Période de position(t_0) - t_1}$$

$$= \frac{150-0}{1-0,25} = 200 \text{ Hz}$$

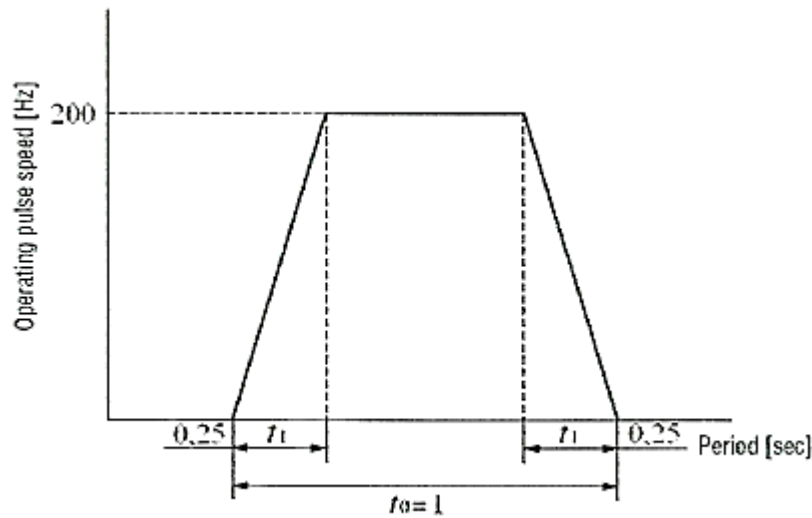


Figure IV.9 : Régime du travail optimal du moteur pas à pas

$f_2$  [Hz] = 200 impulsions/seconde = 0,2Kimp/sec d'où est le point de fonctionnement :

**Pulse Rate - Torque Characteristics**  
**● 103H89223-0941**

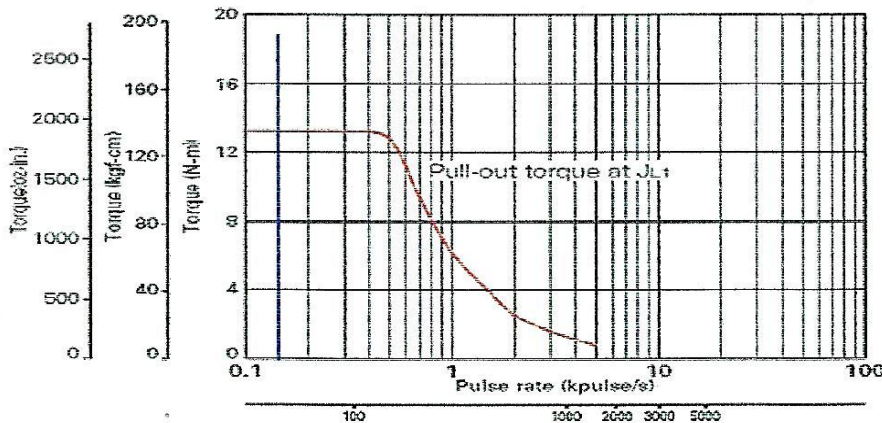


Figure IV.9.1.1 : Caractéristiques impulsions-couples ; régime du travail (point de fonctionnement).

## CHAPITRE V CHOIX DES ROULEMENTS

Deux roulements sont utilisés : le choix des roulements est basé sur le catalogue "SKF" des roulements.

Différents types des roulements et leurs propriétés caractéristiques sont donnés dans la figure V/1 ci-dessous:

Deep groove ball bearings					Cylindrical roller bearings				Needle roller bearings		CARB bearings with full complement	Spherical roller bearings			Thrust ball bearings		Design and characteristics	
Self-aligning ball bearings					a	b	c	Full complement	a	Standard		Combined	Taper roller bearings			Cylindrical roller thrust bearings		Spherical roller thrust bearings
a	b	Angular contact ball	four-point contact															
++	++	++	+	+	++	++	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	quiet running
++	++	++	+	+	++	++	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	low friction
-	+++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	+++	-	-	-	-	compensation for misalignment in operation
-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	+++	-	-	+c+	-	compensation for errors of alignment (initial)
++	+	++	++	++	b,c	-	+	a	-	+	-	-	++	++	+++	+	+	locating bearing

Symbols: +++ excellent ++ good + fair - poor - unsuitable

Figure V/1 : Différents types de roulements.

Le système impose une rotation axial avec chargement axiale et radiale, avec diamètre intérieur (alésage) est le même du celui de tube, autour duquel est placé le roulement.

Au roulement agit:

-La force centrifuge résultante des poids statiques tournant à la vitesse 0,785 rad/s:

$$F = m.r.w^2 = 450.0,5.0,785^2 = 138,6N$$

-Poids statique axiale de la structure : F=4500N

Le choix du roulement sera sur : Roulement à une rangée de bille à contact oblique "angular contact ball".

Single row angular contact ball bearings

Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit $P_u$	Speed ratings		Mass	Designation
d	D	B	C	$C_0$		Lubrication grease	oil		
mm			N		N	r/min		kg	-
75	160	37	133000	106000	4150	3400	4500	3,20	7315 BECBJ
75	160	37	125000	98000	3800	3400	4500	3,20	7315 BECBM
75	160	37	133000	106000	4150	3600	4800	3,20	7315 BEGAF
80	140	26	83200	73500	3000	3800	5000	1,45	7216 BEP
80	140	26	83200	73500	3000	3800	5000	1,45	7216 BECBP
80	140	26	83200	73500	3000	3800	5000	1,45	7216 BECBy

Figure V/2 : Choix du roulement à partir du catalogue SKF.

Single row angular contact ball bearings

Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit $P_u$	Speed ratings		Mass	Designation
d	D	B	C	$C_0$		Lubrication grease	oil		
mm			N		N	r/min		kg	-
80	140	26	83200	73500	3000	3800	5000	1,45	7216 BEP

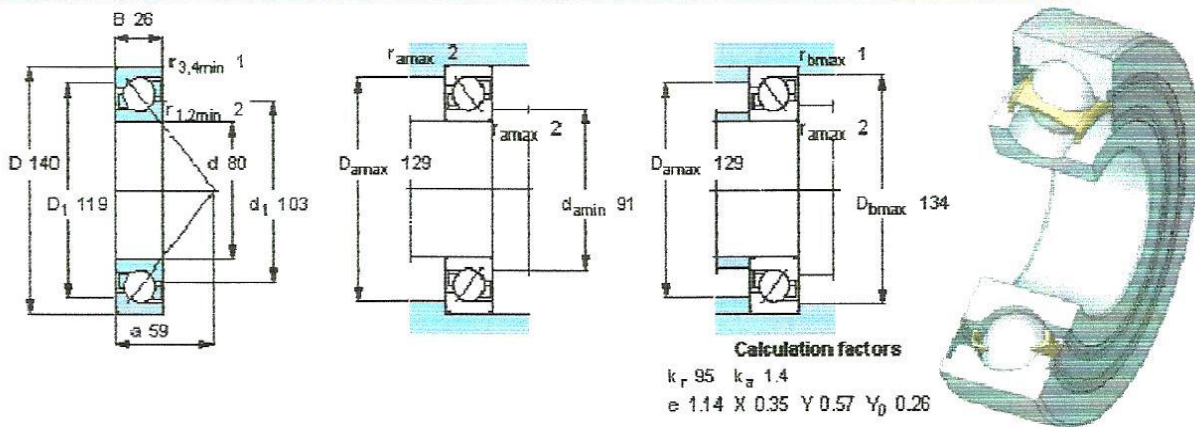


Figure V/3 : Dimensions du roulement choisi : "7219BEP".



## V.1- Caractéristiques des roulements à une rangée de bille à contact oblique :

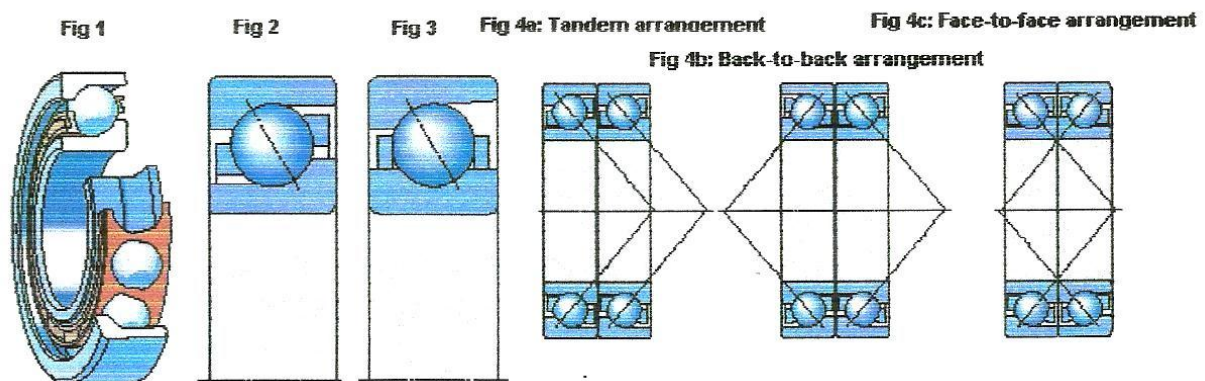


Figure V.1 : Différents montages des roulements.

Les roulements à une rangée de bille à contact oblique (Figure V.I - fig. 1) peut s'adapter aux charges axiales agissant dans une direction seulement. Sous des charges radiales, une force agissante dans la direction axiale est produite dans le roulement, et cette force doit avoir une réaction. En conséquence le roulement est normalement ajusté contre un deuxième roulement.

Normalement les roulements à une rangée de bille à contact oblique ont une haute et une basse épaulement (Figure V. 1 – fig. 2). Quelques roulements, en particulier ceux de diamètre des séries 8 et 9, ont un anneau intérieur avec deux hautes épaulements (Figure V. 1 - fig. 3) comme dans un roulement à billes à contact radiale. La basse épaulement sur un ou les deux anneaux permet à un grand nombre de boules d'être incorporées dans le roulement, de ce fait donnant aux roulements une portance relativement élevée. Ils sont de conception inséparable.

Des roulements à une rangée de bille à contact oblique sont produits dans deux versions :

la conception standard est prévue pour des arrangements où seulement un roulement est utilisé à chaque position de roulement, tandis que le roulement « universel » est utilisé pour des arrangements de roulement où deux roulements ou plus sont montés dans l'ordre aléatoire immédiatement à côté de l'un l'autre. Les tailles plus grandes sont produites exclusivement dans la conception « universelle ».

## V.2- Tolérances

### V.2.1- Règles :

- La bague tournant par rapport à la direction de la **charge radiale** doit être montée serrée.
- La bague fixe par rapport à la direction de la charge peut être libre.

### V.2.2 - Montage arbre tournant :

La bague intérieure est entraînée en rotation. La bague extérieure est fixe. Dans ce cas la bague intérieure doit être montée serrée, l'ajustement est du type k6 sur l'arbre tournant. La bague extérieure est montée glissante donc un ajustement du type H7 est préconisé. (Exemple : arbre moteur d'un touret à meuler,..) .

### V.2.3 - Montage moyeu tournant :

La bague extérieure est entraînée en rotation. La bague intérieure est fixe. Dans ce cas la bague intérieure doit être montée glissante, l'ajustement est du type g6 sur l'arbre tournant. La bague extérieure est montée serrée donc un ajustement du type N7 est préconisé. (Exemple : poulie folle, roue,...).

Des roulements à une rangée de bille à contact oblique, pour le support simple, sont produits aux tolérances normales en tant que norme. Quelques tailles sont également disponibles avec l'exactitude accrue selon les caractéristiques P6 ou P5 de classe de tolérance.

Des roulements pour l'appareillement universel sont produits selon des caractéristiques de la classe P6 de tolérance pendant que P6 n'apparaisse pas dans la désignation de roulement.

Les grands roulements ayant un diamètre d'alésage d'approximativement 400 millimètres et ont en haut l'exactitude dimensionnelle à l'exactitude normale et courante de classe de tolérance à la classe P6 de tolérance en tant que norme.

Les valeurs pour la normale, les classes P6 et P5 se conforment à ISO 492:1994, à classes normale, à 6 et à 5.

### V.2.4 - Dégagement interne, charge initiale :

Le dégagement interne dans des roulements à une rangée de bille à contact oblique est seulement obtenu après que montant et dépend de l'ajustement contre un deuxième roulement qui fournit l'endroit axial dans la direction opposée.

Des roulements universels sont produits dans des classes pour dégagement et pré charges différents (dégagement négatif) selon la taille de série et de roulement. Les roulements à la classe de dégagement CB sont standards.

### V.2.5 - Déviation d'alignement :

Ce type de roulements a une capacité limitée de s'adapter à des erreurs d'alignement. La déviation d'alignement permise de l'arbre relativement au logement qui ne produira pas de façon admissible les forces additionnelles élevées, dépend du dégagement dans le roulement, dimensions de roulement, la conception interne et les forces et les moments agissant sur le roulement. En raison du rapport complexe entre les facteurs d'influence, il n'est pas possible de citer des valeurs universellement valables. Cependant, en fonctionnement normal la valeur de la déviation d'alignement permise pour des roulements a monté séparément, entre 2 et 6 minutes d'arc.

Pour des roulements montés dans les ensembles, en particulier ceux avec le petit dégagement interne axial, une fois montés dans un arrangement dos à dos, des déviations d'alignement angulaires peuvent seulement être adaptés entre les boules et les caniveaux par la force; Ceci amène à des charges aux boules et à des contraintes dans les cages aussi même une réduction de la vie de roulement. Quelque déviation d'alignement des roulements mènera également à une augmentation appréciable de bruit de fonctionnement.

### V.2.6- Conception des arrangements de roulement :

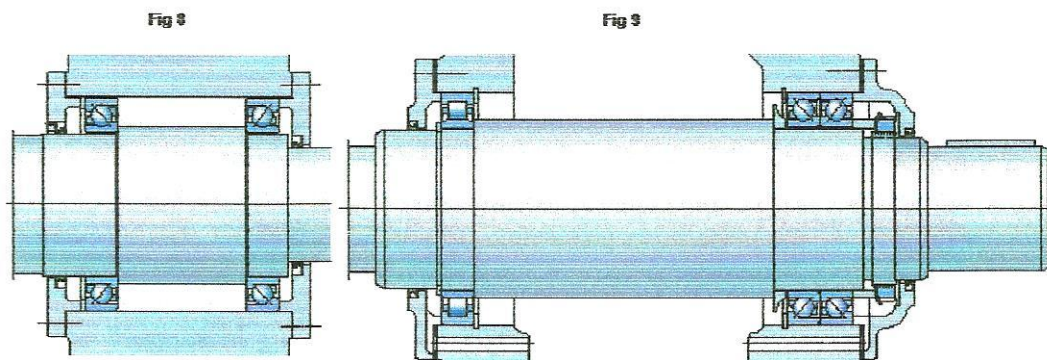


Figure V.2.6 : Types d'arrangements des roulements.

En concevant des arrangements de roulements à une rangée de bille à contact oblique, il est nécessaire de considérer les caractéristiques spéciales de ces roulements. En raison de leur conception interne, ils ne peuvent pas seul être employés, mais doivent ou être employés avec un deuxième roulement (Figure V.2.6 – fig. 8) ou dans ensembles (Figure V.2.6 – fig. 9).

Quand deux roulements à une rangée de bille à contact oblique sont utilisés, ils doivent être ajustés les uns contre les autres jusqu'à la charge initiale requise ou le dégagement est obtenu.

Là où des roulements pour l'appareillement universel sont utilisés et les roulements sont montés immédiatement à côté de l'un l'autre, il n'y a aucun besoin d'ajustement. La charge initiale ou le dégagement requis est obtenue en choisissant des roulements d'une classe appropriée de charge initiale ou de dégagement et en appliquant des ajustements appropriés pour les roulements sur l'arbre et dans le logement.

Il est important pour l'exécution appropriée de roulement et pour la fiabilité opérationnelle de l'arrangement des roulements qui sont correctement ajustés, le choix correct de la charge initiale ou du dégagement qui a été fait. Si, par exemple, le dégagement du roulement en fonction est trop grand, la portance des roulements ne sera pas entièrement utilisée ; d'une part, la charge initiale excessive produira plus de frottement et de températures de fonctionnement plus élevées, menant à une réduction de la vie de roulement. Il devrait également se rappeler qu'avec les roulements à billes de rangée simple à contact angulaires ayant un angle de contact de  $40^\circ$  (le suffixe de désignation B), des conditions de fonctionnement corrects de roulement sera seulement réalisé dans le roulement quand le rapport  $F_a/F_r$  est plus grand ou égale à un.

L'attention particulière devrait également être prêtée aux arrangements dos à dos et tête à tête quand la charge axiale agit principalement dans une direction. Les conditions défavorables de roulement pour les fonctionnements du roulement déchargé dans de telles conditions peuvent mener à des bruits, rupture du film de lubrifiant et plus grandes contraintes dans la cage. Pour de tels états d'arrangements, le dégageement opérationnel zéro devrait être visé.

### V. 2.7 - La charge minimale :

Afin de garantir l'opération satisfaisante, les roulements à une rangée de bille à contact oblique, comme tous les roulements à rouleaux, doivent toujours être soumis à une charge minimum donnée, en particulier si elles doivent fonctionner aux vitesses élevées ou sont soumises aux accélérations élevées ou aux changements rapides de la direction de la charge. Dans de telles conditions les forces d'inertie des boules et de la cage, et le frottement dans le lubrifiant, peuvent avoir un effet néfaste sur les conditions de roulement, dans l'arrangement de roulement et peuvent endommager le mouvement des boules et les caniveaux.

La charge minimale requise à appliquer aux roulements simples et aux paires peut être calculé par :

$$F_{am} = K_a \frac{C_0}{1000} \left( \frac{n \cdot d_m}{100000} \right)^2$$

Et pour les roulements paires arrangés dos à dos (Figure V. 1-fig. 4b) ou tête à tête (Figure V.1-fig. 4c) :

$$F_{rm} = K_r \left( \frac{v \cdot n}{1000} \right)^{\frac{2}{3}} \left( \frac{d \cdot n}{100} \right)^2$$

Où

$F_{am}$  = Charge axiale minimale, N.

$F_{rm}$  = Charge radiale minimale, N.

$C_0$  = estimation statique de base de charge pour roulement simple, ou paire de roulement. (Voir les tableaux de produit), N.

$K_a$  = facteur axial minimum de charge (voir les tableaux de produit).

$K_r$  = facteur radial minimum de charge (voir les tableaux de produit).

$v$  = viscosité d'huile à la température de fonctionnement,  $\text{mm}^2/\text{s}$ .

$n$  = vitesse de rotation, r/min.

$d_m$  = diamètre moyen du roulement =  $0.5 (d + D)$ , mm

Lors du commencement à des basses températures ou quand le lubrifiant est très visqueux, des charges encore plus grandes doivent être exigé. Les poids des composants soutenus par le(s) roulement(s), ainsi que les forces externes, excèdent généralement la charge minimum requise. Si ce n'est pas le cas, des roulements simples et les roulements paires disposées en tandem doivent être axialement pré chargés, par exemple par l'ajustement approprié des anneaux intérieurs ou externes les uns contre les autres, ou en employant des ressorts ; les paires de roulement ont arrangé dos a dos ou tête à tête doit être soumis à une charge radiale additionnelle, par exemple en augmentant la tension de la courroie.



### V.2.8- La charge dynamique équivalente de roulement :

Pour les roulements simples et les roulements pairs en tandem :

$$P = Fr \quad \text{Quand } Fa/Fr \leq e$$

$$P = XFr + YFa \quad \text{Quand } Fa/Fr > e$$

Pour des roulements montés dans dos à dos ou tête à tête disposé par paires :

$$P = Fr + Y_1Fa \quad \text{Quand } Fa/Fr \leq e$$

$$P = XFr + Y_2Fa \quad \text{Quand } Fa/Fr > e$$

Fr et Fa sont les forces agissant sur la paire de roulement.

Les valeurs pour le facteur e, X, Y<sub>1</sub>, et Y<sub>2</sub> dépendent des roulements et seront trouvées dans les tables de produit.

### V.2.9- La charge statique équivalente de roulement :

Pour les roulements simples et les roulements pairs en tandem :

$$P_0 = 0,5 Fr + Y_0Fa$$

Si  $P_0 < Fr$ , alors à utiliser  $P_0 = Fr$ .

Pour des roulements montés dans dos à dos ou tête à tête disposé par paires :

$$P_0 = Fr + Y_0Fa$$

Fr et Fa sont les forces agissant sur la paire de roulement.

Les valeurs pour le facteur Y<sub>0</sub> dépendent des roulements et seront trouvées dans les tables de produit.

### V.2.10 - Détermination des forces axiales :

Comme la charge est transmise d'un caniveau à l'autre sous un angle à l'axe de roulement, une force axiale interne sera induite dans des roulements à une rangée de bille à contact oblique quand une charge radiale est appliquée à eux. Ceci doit être considéré lors du calcul des charges équivalent de roulement pour des arrangements se composant de deux roulements simples et/ou des paires arrangé en tandem.

Les équations sont seulement valides si les roulements sont ajustés les uns contre les autres sur le dégagement pratiquement nul, mais sans charge initiale.

### V.2.11- Vérification des roulements en charges :

La masse des paires de roulement = 2.1,45 = 2,9 Kg.

Charges minimales :

$$F_{am} = K_a \frac{C_0}{1000} \left( \frac{n \cdot dm}{100000} \right)^2 = 1,4 \frac{73500}{1000} \left( \frac{7,5 \cdot 110}{100000} \right)^2 = 7 \cdot 10^{-3} \text{ N.}$$

$$F_{rm} = K_r \left( \frac{v \cdot n}{1000} \right)^{\frac{2}{3}} \left( \frac{dm}{100} \right)^2 = 95 \left( \frac{225,7 \cdot 7,5}{1000} \right)^{\frac{2}{3}} \left( \frac{110}{100} \right)^2 = 297,59 \text{ N}$$

La charge dynamique équivalente de roulement :

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{4500}{138,6} = 32,46 > e = 1,14$$

$$\Rightarrow P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a = 0,35 \cdot 138,6 + 0,57 \cdot 4500 = 2613,51 \text{ N}$$

La charge statique équivalente de roulement :

$$P_0 = 0,5 F_r + Y_0 \cdot F_a = 0,5 \cdot 138,6 + 0,26 \cdot 4500 = 1239,3 \text{ N}$$

Viscosité recommandée : 800,4 mm<sup>2</sup>/s.

Cette viscosité est calculée par un programme de SKF comme le montre la figure V.2.11 ci-dessous :

Viscosity		Required viscosity $\nu_1$ , mm <sup>2</sup> /s
Required viscosity		800.4
Bearing 7216 BEP		Required viscosity at reference temperature for lubricant with VI = 85 to get $\alpha = 1$ at operating temperature
		800.4
d, mm	80	$\nu$ = operating viscosity, mm <sup>2</sup> /s
D, mm	140	$\nu_1$ = required viscosity, mm <sup>2</sup> /s
n, r/min	7.5	d = bearing bore diameter, mm
Operating temperature, °C	40	D = bearing outside diameter, mm
Reference temperature for viscosity, °C	40	n = rotational speed, r/min
		T = operational temperature, °C
		$T_{ref}$ = internationally standardised reference temperature of 40 °C
		$\alpha$ = viscosity ratio, $\nu/\nu_1$
		VI = viscosity index, viscosity/temperature relationship

Figure V.2.11 : Vue d'un programme calculant la viscosité recommandée par le fabricant.

### V.2.12- Durée de vie du roulement :

Le calcul par le programme de SKF donne les durées de vie suivantes :

### Bearing life

---

**Bearing** 7212 BEP

Select  $\eta_c$  0.5

d, mm	60
D, mm	110
C, N	57200
$P_u$ , N	1930
P, N	2613.5
n, r/min	40
v, mm <sup>2</sup> /s	225.7

$\alpha$	1	$L_{10}$	10484	$L_{10h}$	4368269
$\nu_1$	226				
$a_{23}$	1	$L_{10a}$	10485	$L_{10ah}$	4368790
$a_{SKF}$	25.5	$L_{10aa}$	267309	$L_{10aah}$	1.1E8

$\eta_c$  = contamination factor

d = bearing bore diameter, mm

D = bearing outside diameter, mm

C = basic dynamic load rating, N

$P_u$  = fatigue load limit, N

P = equivalent dynamic bearing load, N

n = rotational speed, r/min

v = operating kinematic viscosity, mm<sup>2</sup>/s

$L_{10}$  = basic rating life, Mrev, index h for hours

$\alpha$  = viscosity ratio  $\nu/\nu_1$

$\nu_1$  = required kinematic viscosity, mm<sup>2</sup>/s for  $\alpha = 1$

$a_{23}$  = material and lubrication factor

$a_{23EP}$  =  $a_{23}$  for lubricant with EP additives

$L_{10a}$  = adjusted rating life, Mrev, index h for hours

$L_{10aEP}$  =  $L_{10a}$  for lubricant with EP additives index h for hours

$a_{SKF}$  = SKF factor

$L_{10aa}$  = adjusted rating life to the SKF Life Theory, Mrev, index h for hours

Figure V.2.12 : Vue du programme permettant le calcul de la durée de vie des roulements.

La variation des sollicitations en contact des éléments roulant sur les bagues provoque une usure par fatigue. La théorie d’Hertz permet une estimation assez juste de cet effet. La durée de vie d’un roulement est le nombre de tours qu’il peut effectuer avant que n’apparaisse les premiers signes d’écaillage, c’est-à-dire l’altération de l’état de surface des chemins de roulement ou des éléments roulants eux-mêmes. Cet écaillage peut entraîner un grippage net de la liaison.

On détermine le nombre de roulements (en %) que l’on peut s’attendre à voir atteindre une durée de vie déterminée. Ce pourcentage est la fiabilité, on peut également l’approcher de la probabilité de voir un roulement atteindre cette durée de vie. Ces mesures sont établies par les constructeurs eux-mêmes ou des organismes de normalisation, à partir de ces relevés statistiques on peut évaluer la fiabilité d’un modèle de roulement.

Cette fiabilité R est donnée par la loi de Weibull:

$$R(L) = 100. e^{-(\ln(0,9)) * ((\frac{L}{L_{10}})^{\frac{3}{2}})}$$

Où

L est la durée de vie posée.

$L_{10}$  : nombre de tours réalisés par 90 % des roulements de la série avant l’apparition des premiers signes de fatigue ; On peut calculer Ln à partir de  $L_{10}$ .

R la proportion de roulements qui peuvent atteindre L et  $L_{10}$  la durée de vie nominale.

Cette loi implique que 90 % des roulements atteignent au minimum  $L_{10}$ .

Pour une fiabilité supérieure à 96% cette loi n’est plus valable car à l’extrême une fiabilité de 100% donnerait une durée de vie nulle (or elle est d’environ  $0,025.L_{10}$ ) et on utilise alors cette loi:

$$R(L) = 100 * \exp[\ln(0,9) * (\frac{L}{L_{10}})^{\frac{3}{1-\alpha}}] \quad \text{Où } \alpha \approx 0,025$$

Pour calculer  $L_{10}$  on utilise la relation entre  $L_{10}$  et  $C$  :

$L_{10} = (C/P)^3$  pour un roulement à billes.

$L_{10} = (C/P) (10/3)$  pour un roulement à rouleaux.

Où  $C$  est la charge dynamique de base (donnée par le constructeur) et  $P$  la charge radiale équivalente supportée.

$L_n = 4,48(\ln(\frac{100}{F}))^{\frac{2}{3}}$  ;  $F = 100 - n$ . Correspond au pourcentage de roulements encore vivants au bout de  $L_n$  tours.

Pour calculer  $P$  pour un roulement à billes, on doit obtenir les charges radiales et axiales, respectivement  $F_r$  et  $F_a$ . On a également besoin des données constructeur  $e$ ,  $X$  et  $Y$ .

si  $F_a \leq e * F_r$  alors  $P = F_r$

si  $F_a \geq e * F_r$  alors  $P = X * F_r + Y * F_a$

La dégradation par fatigue est le mode « normal » de mise hors service; elle ne concerne que les roulements mis en œuvre dans le respect des règles de montage préconisées.

Lorsque qu'un roulement est mal adapté, son usure peut être bien plus rapide: des défauts de lubrification, des jeux mal réglés, un milieu agressif, des fonctionnements avec chocs sont autant de facteurs aggravant.

On peut convertir cette durée de vie en heures :

$$L_{10H} = \frac{L_{10} \cdot 10^6}{60 \cdot n}$$

Avec  $n$  = fréquence de rotation en tr/min

Applications numériques:

$$F_a = 4500N$$

$$F_r = 138,6N$$

$$\frac{F_a}{F_r} = 32,46 > e \Rightarrow P = 2613,51 N$$

$$\Rightarrow L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 = \left(\frac{83200}{2613,51}\right)^3 = 32262,4 \text{ tours.}$$

$$R(10484) = 100 * e^{(\ln(0,9) * (\frac{L}{L_{10}})^{\frac{3}{2}})} = 100 * e^{\ln 0,9 * (\frac{10484}{32262})^{\frac{3}{2}}} = 98 \%$$

$$L_{10H} = \frac{L_{10} \cdot 10^6}{60 \cdot n} = \frac{32262,4 \cdot 10^6}{60 \cdot 7,8} = 68936752 \text{ heures.}$$

V.2.13- Fréquences de fonctionnement normales et dangereuses :

**Bearing frequencies**

**Bearing**  
7216 BEP

d, mm

D, mm

$n_i$ , r/min

$n_e$ , r/min

Normal frequencies from rotational speed

$f_i$ , Hz

$f_e$ , Hz

$f_c$ , Hz

$f_r$ , Hz

d = bearing bore diameter, mm  
 D = bearing outside diameter, mm  
 P = pitch diameter of rolling element assembly, mm  
 $D_w$  = rolling element diameter, mm  
 z = number of rolling elements per row  
 $\alpha$  = contact angle, degrees  
 $n_i$  = rotational speed of inner ring, r/min  
 $n_e$  = rotational speed of outer ring, r/min  
 if  $n_i$  and  $n_e$  have different rotational directions one of them should have a positive value and the other a negative value

$f_i$  = rotational frequency of inner ring, Hz  
 $f_e$  = rotational frequency of outer ring, Hz  
 $f_c$  = rotational frequency of rolling element assembly, Hz  
 $f_r$  = rotational frequency of a rolling element, Hz  
 $f_{ip}$  = overrolling frequency of one point on inner ring, Hz  
 (frequency when one point on inner raceway is damaged)  
 $f_{ep}$  = overrolling frequency of one point on outer ring, Hz  
 (frequency when one point on outer raceway is damaged)  
 $f_{rp}$  = overrolling frequency of one point on rolling element, Hz  
 (frequency when one point on a rolling element is damaged. A ball may change its rotational axis and thus not always be overrolled at the same point)

Frequencies from potential damages

$f_{ip}$ , Hz

$f_{ep}$ , Hz

$f_{rp}$ , Hz

Figure V.2.13 : vue d'un programme permettant le calcul des fréquences de fonctionnement.

V.2.14- Vérification pour le taux de charge dynamique :

$$C = Re \left[ \frac{N_d \cdot H_{10}}{\frac{100}{3} \cdot 500} \right]^{\frac{1}{a}}$$

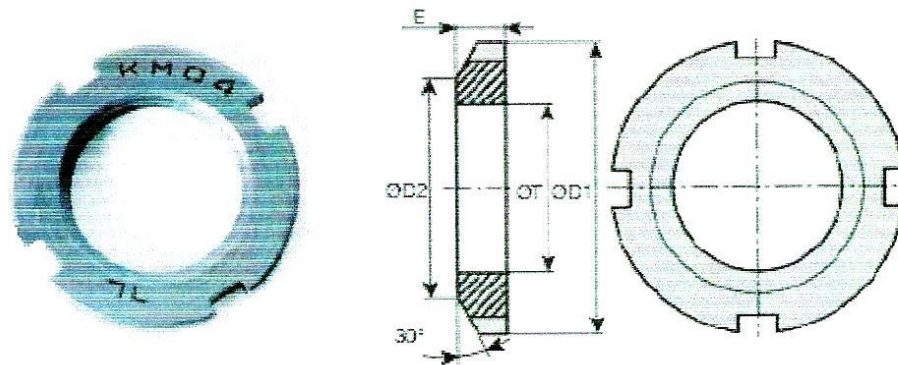
- Avec : a=3 pour roulement à bille.
- Nd : vitesse de rotation.
- H10 : nombre d'heures avant défaillance (R=90%).
- Re : charge équivalente.

Application numérique :

$$C = 2613,5 \left[ \frac{7,5 \cdot 10484}{\frac{100}{3} \cdot 500} \right]^{\frac{1}{3}} = 4383,31 < 83200 \Rightarrow \text{acceptable.}$$

Les roulements sont comprimés axialement par un écrou à encoches :  
 -De diamètre 80mm :





REFERENCE	Pour rondelle	Filetage ØT	ØD1	ØD2	E	Masse (g)	Prix Uni. 1 a 9
KM13	MB13	M65x2,0	65	79	12	200	13,61 €
KM14	MB14	M70x2,0	92	85	12	240	15,71 €
KM15	MB15	M75x2,0	98	90	13	290	16,39 €
KM16	MB16	M80x2,0	105	95	15	400	22,16 €
KM17	MB17	M85x2,0	110	102	16	450	27,23 €
KM18	MB18	M90x2,0	120	108	16	560	31,78 €

Figure V.2.14.1 : Ecrou à encoches sélectionné à partir du catalogue.

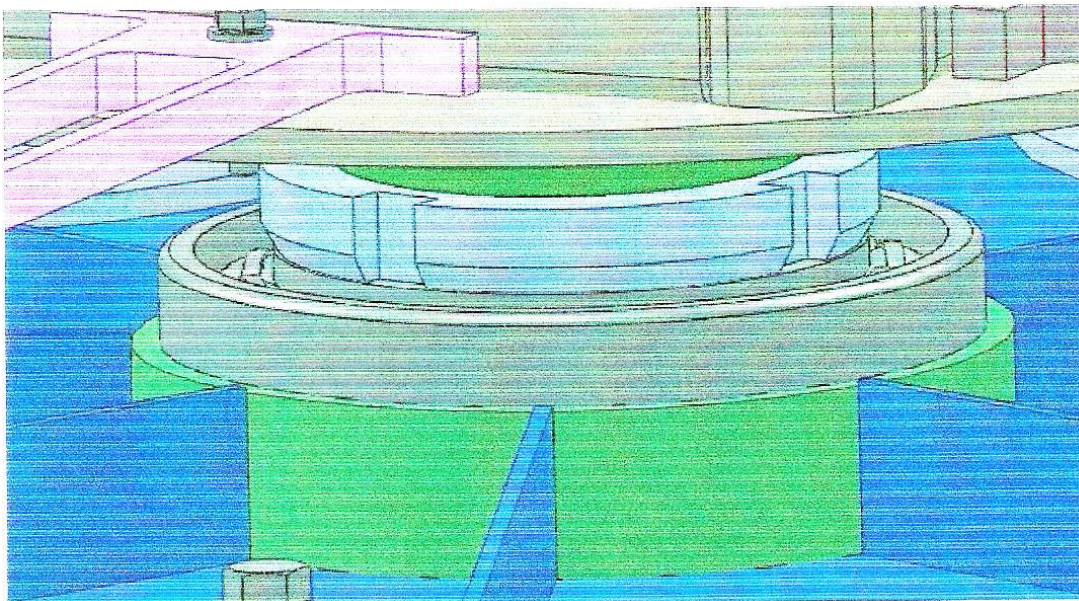


Figure V.2.14.2 : Emplacement de l'écrou à encoches sur le roulement.

-La structure en haut, fixe, est fixée par clavette de dimensions non important et un écrou à encoches de diamètre 70 mm.

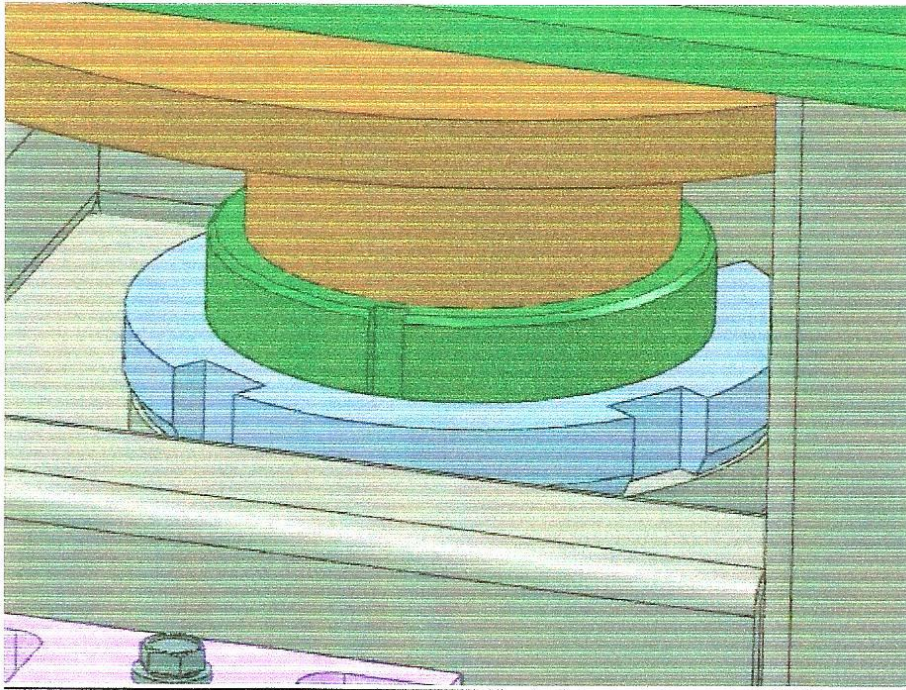


Figure V.2.14.3 : Emplacement de l'écrou à encoches sur la structure en haut fixe.



## CHAPITRE VI

### CONCEPTION DE LA PARTIE AU DESSUS

#### Conception et choix des vérins:

Tous les actionneurs sont pris par contrôle pneumatique en vue de son abondance et simplicité de son fonctionnement.

**VI.1 - Dans la poste 1:** la tige du vérin "1" s'avance d'une course maximale égale à 200mm pour s'approcher à l'alimenteur en verres. Ce tige est muni en son tête d'une ventouse pneumatique, celle-ci s'accroche à la surface inférieure du verre, après une opération de dépression, la ventouse sera liée au verre, la course de la rentrée commence tout en tirant le verre, lors du contact avec le grand plateau, la ventouse s'initialise et le verre est à ce moment liée au plateau.

#### VI. 1.1- Choix du vérin :

La tige du vérin continue à rentrer pour finir sa course.



Figure VI. 1. 1 : Vue du vérin dans la poste 1.

D'après le catalogue FESTO :

Vérin : numéro de la pièce 160883

CRDSNU-12-P-A

Cylindre standard

Séries Stainless steel

Résistant à la corrosion en accordance avec le DIN ISO 6432

*Caractéristiques* : Non corrosif, séries conducteurs "stainless steel" pour des conditions d'utilisations rudes dans des zones de grandes corrosions et avec des médias agressives. Ces conducteurs "stainless steel" assurent une excellente résistance aux agents variés de nettoyage, et moyenne pour le bon confort de nettoyage, qui est demandé en particulier lors du traitement des aliments et du remplissage industriel.

La série " CR " niveau "KBK4" remplit les exigences en avant par la protection contre la corrosion. Elle consiste à 5 différents alliages pour l'usage étendu des applications avec les connexions en acier inox, limiteurs de vitesse, capteurs de proximité et accessoires pour montage.



### VI. 1.2- Les accessoires :

- Adaptateur mamelon enfilé CRCN-1/8-PK-3, Séries Stainless steel.

Ces connecteurs faits une connexion facile des tubes, spécialement pour le contrôle des Cabinets, montage des châssis et le système compact M5.



- Avec ajustage de précision barbé.
- Pour ID standard d'air comprimé.
- Pour ID 2, 3, 4 et 6 mm des tuyauteries.
- M3 et M5 filetage métrique.
- G 1/8, G 1/4 et G3/8 filetage G "Gaz".
- variant résistant contre la corrosion et les acides.
- Avec joint, pour les tuyauteries plastiques PAN, PUN, PL, PP, PU

- Chape pour montage en pieds du vérin.

#### Clevis foot mounting CRLBN-12/16 Part no.: 161862

Feature	Data/description
Size	12/16
Assembly position	Any
Corrosion resistance classification CRC	4
Product weight	55 g
Materials note	Copper and Teflon-free
Material information, securing ring	Spring steel
Material information, mounting	High alloy steel, non-corrosive
Material information for shaft	High alloy steel, non-corrosive



Tableau VI.1.2 : Caractéristiques de la chape.

- Pièce pour montage en tête du vérin.



- Voir la figure ci-contre:

### VI.1.3- Ventouses :

Une ventouse permet la préhension (par le vide) et la manipulation d'objets divers différents par leur forme, leur aspect et leur masse. L'utilisation de venturi permet de générer du vide en diminuant la pression atmosphérique de l'ordre de 30 à 98%, s'approchant du vide absolu.

Pour obtenir la force théorique (N) d'une ventouse, on multiplie la surface de la ventouse (Cm<sup>2</sup>) par la dépression (%):

$$\text{Force ventouse (N)} = \text{surface ventouse (cm}^2\text{)} \times \text{niveau de vide (\%)} \times 0,099366$$

Pour garantir une sécurité d'utilisation optimal et pour tenir compte des mouvements et accélérations, nous divisons cette force par des coefficients de sécurité: soit 3 pour préhension horizontale ou 5 pour préhension verticale associant le glissement.

Vous trouverez dans le tableau ci-dessous les forces indicatives des ventouses (N) à différent taux de vide (%).

Ce sont des éléments de préhension souples destinés à être avec un générateur de vide. De matière, de forme et de diamètre différents elles permettent de répondre pratiquement à tous les cas d'applications de manutention.

- Matériaux et formes :

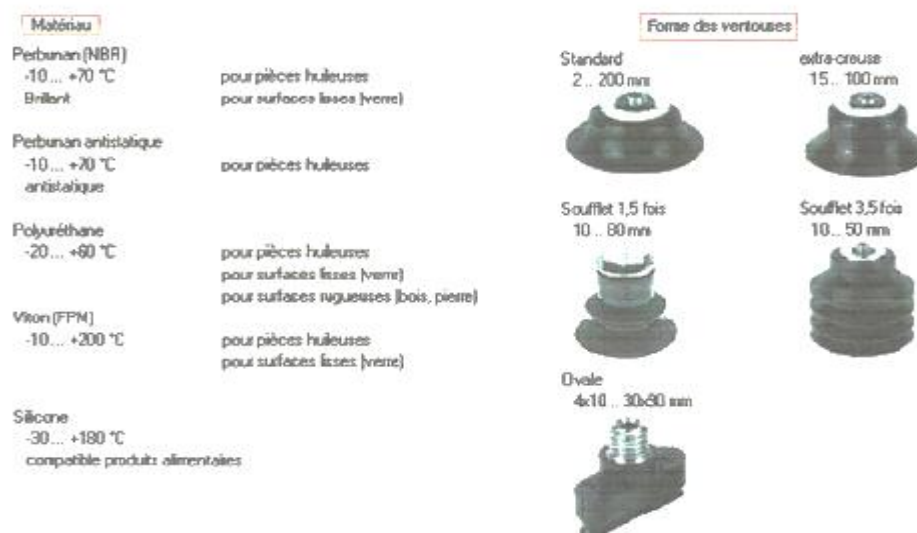


Figure VI. 1.3.1 : Matériaux et formes des ventouses

Matières	température d'utilisation C°	dureté shore	couleur	particularités
NBR = Nitrile	-25 à +110	55 ±5	noir	la plus standard
SI = Silicone	-30 à +220	55 ±5	translucide	résiste en basse et haute température compatible alimentaire
NR = Caoutchouc naturel	-25 à +90	50 ±5	gris	résiste au frottement et très bonne souplesse

Matières	Résistances : insuffisant 1						excellent 6					
	déchirement	fissurément	élasticité	usure	frottement	vieillesement	ozone	essence	huiles grasses	acides	acais	eau chaude
NBR = Nitrile	4	5	4	4	4	4	4	5	6	2	4	4
SI = Silicone	5	4	5	4	5	4	6	4	6	3	3	3
NR = Caoutchouc naturel	4	3	4	2	2	2	3	3	3	1	2	2

Figure VI. 1.3.2 : Caractéristiques mécanique des ventouses suivant leurs matières

- Relations entre formes et applications :

Ventouse 1,5 soufflets Pour surfaces inégales.

Ventouse 2,5 soufflets Pour surfaces inégales et cylindriques.

Ventouse plate Pour surfaces planes.

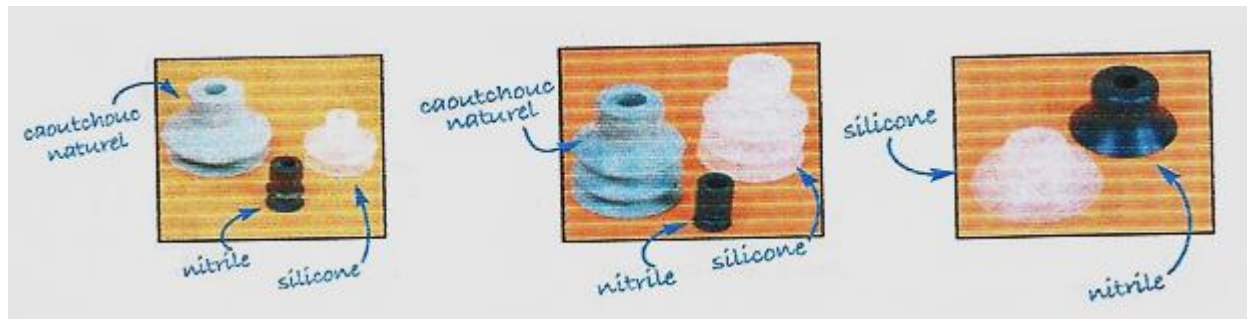


Figure VI. 1.3.2 : Formes et matériaux des ventouses.

#### VI.1.4 -Choix de la ventouse d'après le catalogue FESTO :

- Pièce : verre d'aspiration : ESS-100-GT-G 1/4.
- Matériaux : Silicone compatible avec tous les produits alimentaires
- Diamètre donné en bas de verre : 126mm.
- Force de tirage par ventouse =297N avec 70% vide.
- Masse des verres= 200g

En tenant compte du frottement, la masse sera égale à  $200 \times 1,6 = 320g$  ; cela nécessite une force de 3,2N c'est-à-dire un vide de 0,75% est suffisant pour tirer le verre.

**Conception :** On augmente la surface de contact de la ventouse en vue de diminuer le taux de vacuum avec la même force de tirage.

 **Suction cup ESS-100-GT-G1/4** Part no.: 525988

Feature	Data/description
Min. workpiece radius	135 mm
suction cup diameter	100 mm
Assembly position	Any
Design structure	round, bell-shaped
Correlation to suction-cup holder	Size 5
Operating medium	Atmospheric air
Corrosion resistance classification CRC	2
Ambient temperature	-10 - 80 °C
Break-away force at 70% vacuum	297 N
Max. tightening torque for mounting thread	11 Nm
Product weight	87.5 g
Mounting thread	G1/4
suction cup mounting	G 1/4
Colour	red/brown
Shore hardness	72 +/- 5
Materials information for screw-in stud	Wrought Aluminum alloy
Materials note	Copper and Teflon-free
Materials information for suction cup	PUR

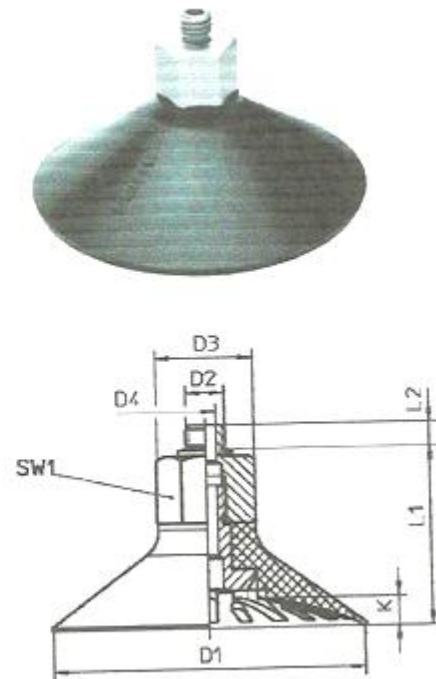


Figure VI.1.4.1 : Caractéristiques dimensionnels de la ventouse choisie.

Ces ventouses possèdent des inserts pour leur montage :

-Insert pour l'aspirateur en verre ESH-HB-3-PK

Type de montage:

- Insert pour ventouse Encliquetable.
- Insert de liaison pour ventouse de préhension.

Matière : laiton nickelé.

- Insert pour ventouse Vis creuse.

Matière : laiton nickelé.

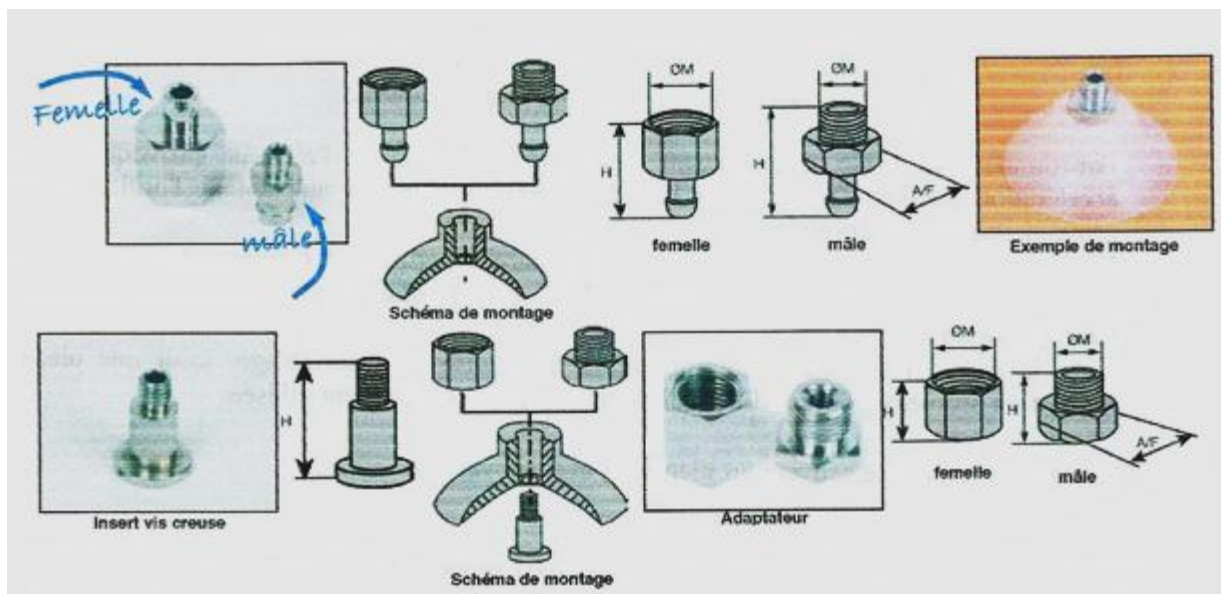


Figure VI.1.4.2 : Deux types des inserts pour ventouses.

**Suction cup holder ESH-HB-3-PK** Part no.: 189208

Feature	Data/description
Design structure	Vacuum connection at side
Correlation to suction cup holder	Size 3
Operating medium	Atmospheric air
Corrosion resistance classification CRC	1
Ambient temperature	-10 - 80 °C
Product weight	27 g
Mounting type	with internal (female) thread
suction cup mounting	M4x0.7
Vacuum connection	PK-4
Materials information for screw-in stud	Heat-treatment steel



Figure VI.1.4.3 : Caractéristiques du porteur de ventouse.



### VI. 1.5 -Générateur de vide ou "Venturi"

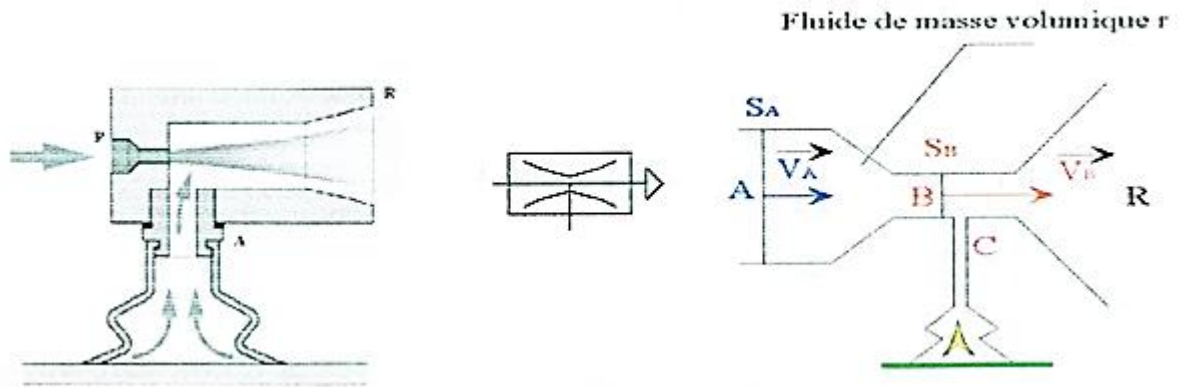


Figure VI. 1.5.1 : Vue d'une coupe de la ventouse.

**Fonctionnement :** Un étranglement prévu à l'intérieur de l'éjecteur provoque une accélération du flux d'air (P) vers l'orifice R qui entraîne l'air ambiant de l'orifice A et provoque ainsi une dépression

Basé sur le principe de l'effet venturi ces appareils permettent d'obtenir à partir d'une source d'air comprimé à 5 bars, un vide correspondant à 87% de la pression atmosphérique.

Avec le développement de l'automatisation de reprise et d'assemblage, saisir une pièce devient un problème courant. La préhension par le vide est souvent utilisée

Remarque : on utilise souvent un silencieux avec un venturi.

**Etude dynamique du venturi :** l'étranglement (B) provoque une accélération du flux d'air vers l'orifice de sortie (R) qui entraîne l'air ambiant de l'orifice (C) et provoquant ainsi une aspiration. Lorsque l'orifice C est bouché, il y a dépression.

$$\frac{S_A}{S_B} = KV_A^2 = \frac{2(P_A - P_B)}{\rho (K^2 - 1)}$$

SA, SB: Sections de la veine en mm<sup>2</sup>.

PA, PB: Pressions en A et B en Pascals.

VA, VB: vitesses du fluide en A et B.

**Choix du générateur de vacuum:**

Pièce No. 162503

Générateur de vacuum: VADM-140



Figure VI.1.5.2 : Figure du générateur de vacuum.

L'alimentation en air, de ces générateurs de vacuum, est contrôlée par une soupape solénoïde incorporé. Après commutation en alimentation par énergie, la soupape se déplace et le débit en air comprimé génère un vacuum par le principe d'éjecteur.

L'aspiration s'arrête, lorsque l'alimentation en courant électrique du solénoïde est coupée.

Le silencieux intégré diminue le bruit de l'échappement au minimum.


Variants :

- VADM : Avec soupape solénoïde incorporé pour vacuum On/Off.
- VADMI : Avec soupape solénoïde incorporé pour vacuum On/Off et impulsion d'éjecteur pour accélérer la libération du vacuum.
- VADMI-... -LS : Avec soupape solénoïde incorporé pour vacuum On/Off et impulsion d'éjecteur pour accélérer la libération du vacuum et diminue la consommation en air.
- VADMI-...-P : sortie PNP lors de la commutation du vacuum.
- VADMI-...-N : sortie NPN lors de la commutation du vacuum.

Caractéristiques :

- Temps de réponse court grâce à la présence de la soupape solénoïde incorporé.
- Libération fiable de la pièce sous aspiration par une impulsion d'éjecteur.
- Filtre 40  $\mu\text{m}$  intégré avec indicateur de contamination.
- Surveillance du vacuum avec commutateur pour vacuum.
- Installation simple grâce aux dimensions compactes et de plus en particulier convenable pour les opérations de manipulations
  - Assemblage effectif incorpore une soupape solénoïde, générateur de vacuum et silencieux ; tous en une seule unité.
  - Modèle compact.
  - Protection IP 65.



**Vacuum generator VADM-140** Part no.: 162503 

Feature	Data/description
Nominal size, Level nozzle	1.4 mm
Assembly position	Any
Ejector characteristic	High vacuum
Design structure	T-shaped
Operating pressure	1.5 - 8 bar
Max. vacuum	0.5 %
Duty cycle	100%
Nominal operating voltage DC	24 V
Operating medium	Filtered, unlubricated compressed air, 40 micrometer filtration
Medium temperature	0 - 60 °C
Protection class	IP65
Ambient temperature	0 - 60 °C
Authorisation	CE, UL, IEC - Recognized (UL)
Product weight	250 g
Electrical connection	Plug
Mounting type	Optional with through hole with internal (female) thread
Pneumatic connection, port 1	G1/8
Pneumatic connection, port 3	Non-ducted
Vacuum connection	G1/4
Materials note	Copper and Teflon-free
Materials information, housing	Aluminium

Tableau VI.1.4 : Spécifications du générateur de vacuum

### VI.1.6- Alimentation en verre :

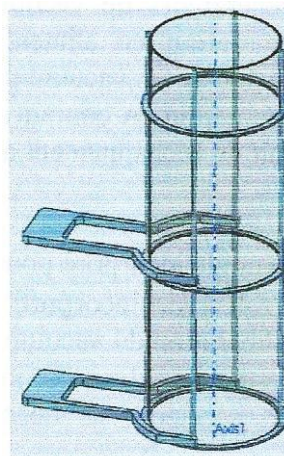


Figure VI.1.1.5 : Vue isométrique de l'alimenteur en verre.

Conception:

- Hauteur=600mm.
- Capacité maximale = $600/5=120$  pièces avec inter-distance de 5mm dépendant de la forme du verre.
- Masse totale des verres= $120*200=24$ Kg.

- Densité = 0.008 g/mm<sup>3</sup>.
- Masse = 8.45e+003 g.
- Volume = 1.06e+006 mm cube.
- Surface = 8.97e+005 mm<sup>2</sup>.
- Masse totale = 8,41+24=33Kg.

Majorant la force concentrée qui sera égale à 400N.

Vérification pour les quatre profils tubulaires:

$$\delta = \frac{F}{S} \leq \delta_e \Rightarrow \frac{400/4}{15,71.10^{-6}} = 6,36MPa \leq 290MPa_{OK}$$

Vérification pour les deux supports :

-en prenant la largeur est la plaque tout entier:

$$\delta = \frac{M_f}{\frac{I}{V}} \leq \delta_e \Rightarrow \frac{200.0,282}{\frac{b.h^3/12}{h/2}} = \frac{56,4}{\frac{2.b.h^2}{12}} = \frac{56,4}{2,3.10^{-6}} = 24,5MPa \leq 290MPa_{OK}$$

-en tenant la plaque comme étant deux tiges:

$$\delta = \frac{M_f}{\frac{I}{V}} \leq \delta_e \Rightarrow \frac{200.0,282}{\frac{b.h^3/12}{h/2}} = \frac{56,4}{\frac{4.b.h^2}{12}} = \frac{56,4}{4,8.10^{-7}} = 118MPa \leq 290MPa_{--- OK}$$

Donc les deux conditions sont satisfaites et vérifions la résistance en flèche :

$$f = \frac{F.L^3}{3.E.L} = \frac{200.0,282^3}{3.193.10^9.1,36.10^{-8}} = 5,67.10^{-4} \leq \frac{L}{500} = \frac{0,282}{200} = 1,41.10^{-3}_{OK}$$

**V1.2- Dans la poste 2 :** Après la fin du travail effectué sur la première poste, le grand plateau tourne à la vitesse programmée (variante) max=7,5 RPM pendant 1 seconde, et se pose en 2 secondes afin que le travail en poste 2 se termine.

Dans cette poste, il y a l'injecteur de la crème glacée, où cette crème s'injecte à partir d'un injecteur qui contrôle le débit, nombre des entrées et le temps d'injection, cet injecteur peut se déplacer verticalement car il est lié à la plateau des outils.

### VI.2.1-Calculs des dimensions de l'injecteur :

La conception de l'injection nécessite une connaissance sur l'écoulement et la nature du fluide qui le traverse, pour cela une étude sur la science de la crème est nécessaire.

#### -La production de la Crème glacée

Elle exige l'ingénierie chimique traditionnelle, conception du produit, et l'analyse multi échelle.

**-Science de la Crème glacée : l'origine et la nature des éléments causant sa viscosité:**

Il existe trois catégories en ingrédients dans le mélange de la crème glacée : crèmerie, adoucissant, et additives.

-Le lait, crème, et le lait solide sans matières grasses font la crèmerie portion de la Crème glacée.

-Le saccharose est utilisé pour sucrer le mélange, les stabilisateurs et les émulsifiants sont ajoutés, pour donner à la crème glacée le corps voulu et une sensation à la bouche. Aussi la présence de l'air dans la Crème glacée finie.

La Crème glacée standard contient un volume égal du mélange et d'air, ou un "over-run" du 100%. La crème glacée prime, possède un "over-run" seulement 80% pour la donner une richesse, sensation en plus - crème à la bouche.

Le lait est en suspension en état colloïdale dans l'eau, graisse, et lait solide. Les particules graisseuses en suspension varient en dimension de 0.8 à 20  $\mu\text{m}$ . Aussi est présent dans le lait, le sucre lactose en une concentration d'environ 4.9%. Sans lactose, le lait est traité par l'enzyme lactase, qui brise le lactose en simple sucre : le glucose et le galactose.

Le sucre de la table, on sucrose, est utilisé comme un édulcorant dans tous les mélanges de la crème glacée à l'exception de la crème glacée ayant peu du glucide. Le saccharose, est utilisé pour sucrer la crème glacée en taux réduit du glucide car il est indigestible mais reste peut sucrer le mélange.

Les stabilisateurs et les émulsifiants sont essentiels dans la production des produits de la crème glacée. Ces deux composants aident à donner à la crème glacée la stabilité de son corps et la texture, améliore en générale la sensation de la crème à la bouche. Les stabilisateurs travaillent par la diminution du taux d'eau libre dans le mélange de la crème.

Cet effet retarde la croissance de la glace cristalline durant le stockage et aussi fournit la résistance à la fusion. Cela est accompli à travers deux mécanismes, en dépendance en type de gomme.

Les gommes chargées, en inclus le carageenan, aident à réduire le taux d'eau libre en introduire 2 charges partielles dans le mélange. Ces charges réagissent avec les charges partielles d'eau et aident à restreindre le mouvement des molécules d'eau dans le mélange.

Les gommes chaînées, en inclus la gomme "guar", fournit la même capacité à réduire l'eau libre dans le système, mais accomplissent ceci en introduire des nombreux chaînes à cotés ramifiés dans le mélange. Les deux types des gommes limitent le taux d'hydrogène liés qui peut avoir lieu, cette façon, donner à la crème glacée les propriétés désirées.

De même, émulsifiants aident à réduire la coalescence des globules de graisses en diminuant la tension interfacéal entre les graisses et la matrice à l'intérieur du mélange de la crème glacée. Des types habituels des stabilisateurs sont utilisés pour la production de la crème glacée en inclus la gomme "guar", carageenan et gélatine. Mono et diglycérides sont les plus généralement utilisé comme agents émulsifiants. En addition de stabilisateurs et émulsifiants essentiels pour la base de mélange pour la crème glacée peuvent diminuer la contenance en graisses, Cela est le résultat du lait et des protéines du lait contenant des matériels naturels pour stabiliser et émulsifier. De plus, la crème glacée prime demandera des taux minimaux, de stabilisateurs ou émulsifiants additionnels.

Quand l'eau commence à congeler dans le mélange, la concentration des solides dissout en phase liquide augmente à cause du baisse du point de congélation.

Le bon mélange est essentiel à la sensation de la bouche et au goût de la crème glacée finie. Les gros globules de graisses augmentent la viscosité du mélange au-delà du taux désiré.

La viscosité typique de la crème glacée est dans l'intervalle de 50-300 cP. Les viscosités de la crème en glucide réduit sont trouvés être approximativement en ordre de grandeur plus grand que la crème glacée prime régulier. Il est pensé que des grandes viscosités sont le résultat d'une contenance augmentée aussi comme contenance augmentée un additive.

### VI.2.2 - Calcul de la perte de charge qui affecte l'écoulement de la crème dans les tuyères :

Supposant que les produits de la crème glacée ont un intervalle de viscosité de 50 à 300 CP, cet intervalle dépend de la nature et ingrédients des matières premières mises pour sa fabrication et encore d'un grand facteur qui est le pourcentage d'air introduit lors de la congélation continue "air overrun".

$$\bullet \quad \nu = (50 \dots 300) \text{ CP} = (0,5 \dots 3) \text{ Poises} = (5 \dots 30) \text{ poiseuille} = \text{Pa.s} = 3.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

Avec 1 poiseuille=10 poise ; {Pa.s}/ $\rho$ = {m<sup>2</sup>/s }.

- L'injecteur doit débiter en régime le plus complexe, deux litres en une seconde :

$$Q = 2l/s$$

- La perte de charge est donné par :  $J = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}$ ;  $V = \frac{Q}{S} \Rightarrow J = \frac{8 \cdot \lambda \cdot l \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot d^5}$  Avec :

$$Re = \frac{vD}{\nu}$$

- En régime laminaire d'écoulement de la crème :  $\lambda = \frac{64}{Re}$

Lors des écoulements turbulents, et pour des tuyaux hydrauliquement lisses :

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} \text{ Utilisable pour } 2300 < Re < 100000.$$

Supposant une vitesse d'écoulement de la crème de 2m/s.

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2} = 10^{-3} \text{ m}^2 \Rightarrow D = 35 \text{ mm}$$

$$Re = \frac{vD}{\nu} = \frac{2,0,035}{3 \cdot 10^{-4}} = 233,3 \Rightarrow \text{regime} - \text{la min aire}$$

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{233,3} = 0,274$$

$$h_{fr} = \lambda \frac{l}{D} \frac{v^2}{2g} = 0,274 \frac{1}{0,035} \frac{2^2}{20} = 1,56 \text{ m/1m}$$

$$\Rightarrow P = \rho \cdot g \cdot h_{fr} = 10^4 \cdot 1,56 = 0,156 \text{ bar}$$

Pour un mètre de tuyère on perd une hauteur 1,56m de pression en section de diamètre 35mm, c'est la longueur des tuyères et le chemin parcouru dans le distributeur.

En posant une pression résiduelle de 3 bars pour sortir la fuite en total et équilibrer les autres pertes de charges résultant du distributeur en marche, alors la pression totale à l'entrée de l'injecteur doit être égale à 10 bars, cette pression est débitée par un congélateur continu.

-Diamètre de la sortie de l'injecteur = 35mm.

A travers ce diamètre (section), la crème principale contient les trois saveurs secondaires, c'est pour cela la combinaison entre les diamètres des sections de passage suivent la relation suivante :

$$\phi_{sortie} = \sqrt{\phi_{s.principale}^2 + 3 * \phi_{s.secondeire}^2} \Rightarrow \sqrt{30^2 + 8^2} = 31 \text{ mm}$$

En prenant une section principale de diamètre 30mm et celle secondaire 8mm, on obtient la section de la sortie de diamètre 31mm, appliquons un coefficient de sécurité, le diamètre devient 35mm, cela en accord avec la vitesse de 2m/s déjà supposée.

Une deuxième condition à satisfaire :  $\phi_{s.principale} \geq \sqrt{3 * \phi_{s.secondeire}^2}$

Vérifions :  $\phi_{s.principale} \geq \sqrt{3 * \phi_{s.secondeire}^2} \Rightarrow 30 > \sqrt{3 * 8^2} = 13$ , acceptable avec une proportion secondaire/ principale =  $13,8/30=0,46$  c'est à dire 46%.

Mécanisme:

- Course maximale effectuant le débit [0-21/s]=30mm
- Le contrôle de la position du tiroir est assuré pneumatiquement : une pression d'air agit sur une section annulaire du tiroir, cette pression est contrôlée par une soupape solénoïde extérieur indépendant. Initialement le tiroir est en position neutre (débit nulle) car il est équilibré par deux ressorts.
- l'étanchéité est assurée par deux joints toriques.

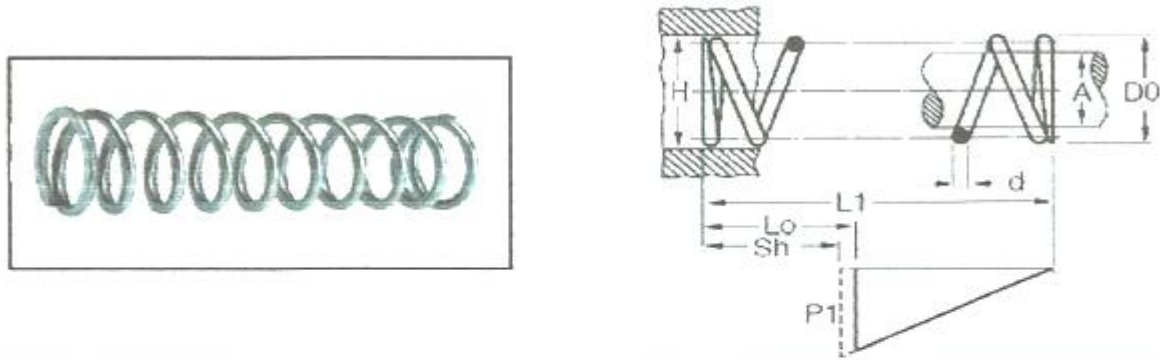
### VI.2.3 - Calcul du ressort :

Supposant qu'une pression de 0,7 bar déplace le tiroir en course maximale, cela génère une force de :  $P = \frac{f}{S} = 0,7 \cdot 10^5 = \frac{f}{859 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow f = 60N$

Alors le choix du ressort est basé sur sa raideur et son diamètre extérieur.

$$K = \frac{F}{\text{allongement}} = \frac{60}{30} = 2N/mm$$

- Ressort de compression cordes à piano Inox
- *Matières* : Cordes à piano Inox selon Din 17224 No. 1.4310. BS2056 EN58A Inox commercial recuit 302AMS.
- Enroulement: à droite.
- Extrémités: Fil  $\leq 0,8mm$  rapprochées, non meulées.  
Fil  $> 0,8mm$  rapprochées meulées.
- Charges : Les valeurs de charge indiquées sont basées sur une durée de vie de 50000 cycles à 50% de la charge admissible.
- Tolérances : Toutes les tailles et forces sont selon DIN 2095 (Grade 2).



REFERENCE	Ø Extérieur D0	Ø Fil d	Longueur à vide L0	Longueur en charge L1	Taille de l'axe A	Taille du trou H	Charge à L1 (N) P1	Raideur (N/mm) Pf	Hauteur solide Sh	Prix Uni. 1 à 5
CD2253	17,60	1,60	110,00	31,20	13,70	18,30	88,22	1,08	23,20	6,58 €
CD2254	17,60	1,60	165,00	44,60	13,70	18,30	88,22	0,73	32,80	6,58 €
CD2255	21,60	1,60	48,00	12,40	17,50	22,50	70,66	1,98	8,80	6,58 €
CD2256	21,60	1,60	73,50	17,60	17,50	22,50	70,66	1,27	12,00	6,58 €

Figure VI.2.3 : Choix et dimensions du ressort à partir du catalogue.

#### VI.2.4 - Calcul des dimensions du porteur d'injecteur :

Volume =  $788579.21 \text{ mm}^3$ , densité =  $0,000008 \text{ Kg/mm}^3$ ; donne une masse de 7Kg.

Balance des masses:

- Fluide : 2Kg.
- Châssis : 7Kg.
- Châssis en mouvement: masse totale\*2.
- Autre accessoire : 1Kg.
- En total : 20Kg sur une distance 200mm.

Condition de résistance:

$$\sigma = \frac{M_f}{\left(\frac{I}{V}\right)} = \frac{40}{1,92 \cdot 10^{-8}} = 208 < 290 \text{ MPa}_{\text{acceptable}}$$

Condition de flèche:

$$f = \frac{FL^3}{3 \cdot E \cdot I} = \frac{200 \cdot 0,2^3}{3 \cdot 193 \cdot 10^9 \cdot 1,92 \cdot 10^{-8}} = 1,43 \cdot 10^{-4} \leq \frac{L}{500} = \frac{0,2}{500} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ acceptable}$$

Pour plus de rigidité, on soude un pont comme indique la figure, afin d'augmenter l'inertie.

### VI.3 - Dans la poste 3: Doseur de granule.

Après l'étape de l'injection, le dosage de granules aura lieu par un doseur, constitué d'un cylindre en acier inox du même type que d'autre pièce métallique, dans lequel, il y a l'arbre solidaire du moteur pas à pas. Le dosage est assuré lors de la rotation d'un angle pré calculé de l'arbre par exemple 90 degrés, cette rotation tourne un plateau perforé en alignant les trous pour que les granules puissent y passer.

#### VI.3.1 - Dimensions du doseur:

Il s'agit d'un cylindre de diamètre intérieur 82mm, d'épaisseur 4mm, et de hauteur 600mm:

Cela donne une contenance maximale de  $3168,6\text{cm}^3$ ; c'est-à-dire de 3 litres.

Masse maximale des granules=3Kg.

Masse du doseur=  $446022,29 \cdot 10^{-9} \cdot 8003 = 3,5 \text{ kg}$ .

Choix du moteur : Puisque c'est un doseur, la solution la plus convenable est l'usage d'un moteur pas à pas.

#### VI.2.3- Calcul de la puissance du moteur :

Forces de traîné appliquées contre l'arbre et le plateau en bas :

$$F = P \cdot S \cdot \mu$$

$$\text{Avec } \begin{cases} F: \text{force de traîné} \\ P: \text{pression appliquée par le poids des granules} \\ \mu: \text{coefficient dépend de la nature du contact} \end{cases}$$

$$P = \gamma \cdot h = 10^4 \cdot 0,6 = 6000\text{N/m}^2$$

Prendre un coefficient de frottement  $\mu = 0,5$  ; S étant  $13655\text{mm}^2$  alors :

$$F = 6000 \cdot 0,013 \cdot 0,5 = 39\text{N} \text{ donc } C_R = 39 \cdot 0,041 = 1,6\text{N} \cdot \text{m}$$

Le couple dynamique du moteur est exprimé de la façon suivante :

$$C_M = C_R + J \cdot \theta''$$

$$J_{\text{plaque}} = \frac{\pi}{32} D^4 = \frac{\pi \cdot 0,09^4}{32} = 6,43 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$$

$$J_{\text{arbre}} = \frac{\pi}{32} D^4 = \frac{\pi \cdot 0,04^4}{32} = 2,5 \cdot 10^{-7} \text{m}^4$$

$$J = J_{\text{plaque}} + J_{\text{tige}} = 6,4 \cdot 10^{-6} + 2,5 \cdot 10^{-7} = 6,65 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$$

$$\theta'' = \frac{0,4}{r} = 9,75\text{s}^{-2}$$



$$C_M = C_R + J\theta'' = 1,6 + 6,6 \cdot 10^{-6} \cdot 9,75 = 1,6 N.m$$

D'où un choix du moteur 103H7823-0140.

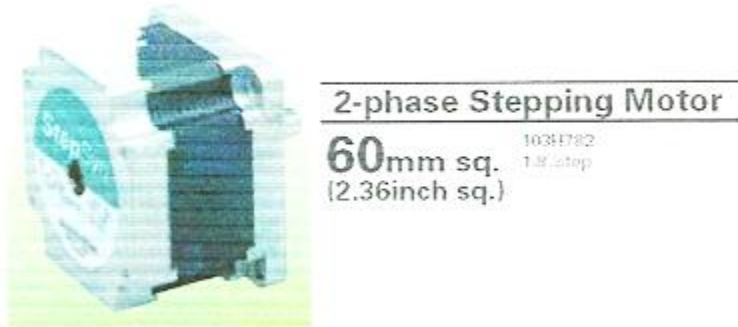


Figure VI.3.2.1 : Image du moteur pas à pas choisi.

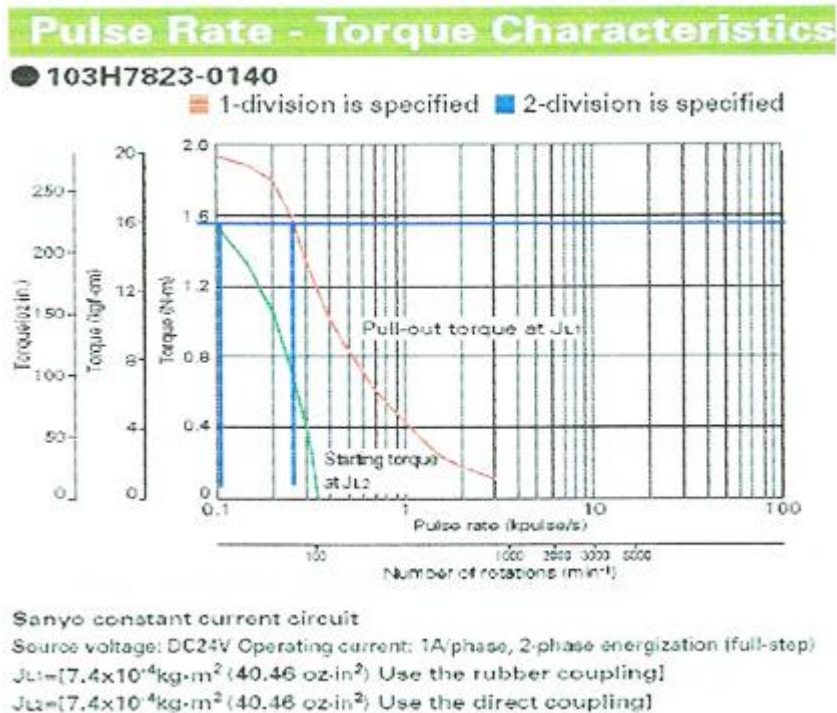


Figure VI.3.2.2 : Caractéristiques impulsions-couples.

- Choix de la vitesse de rotation :

D'après les caractéristiques dynamiques, la marge de vitesse est :  $0..100 \text{ min}^{-1}$   
 C'est-à-dire :  $0..100 \text{ tour} / \text{min} = 0..1,66 \text{ tour} / \text{seconde}$  ; Ce régime est convenable avec la vitesse de rotation du doseur ; le dosage peut prendre des valeurs  $\frac{1}{4}, \frac{1}{2}, 1 \text{ tour} / \text{seconde}$ .

L'angle de rotation pendant le temps de dosage peut être connu expérimentalement.

**103H7823-0140/0440/0740 (Single shaft)**  
**103H7823-0110/0410/0710 (Double shaft)**

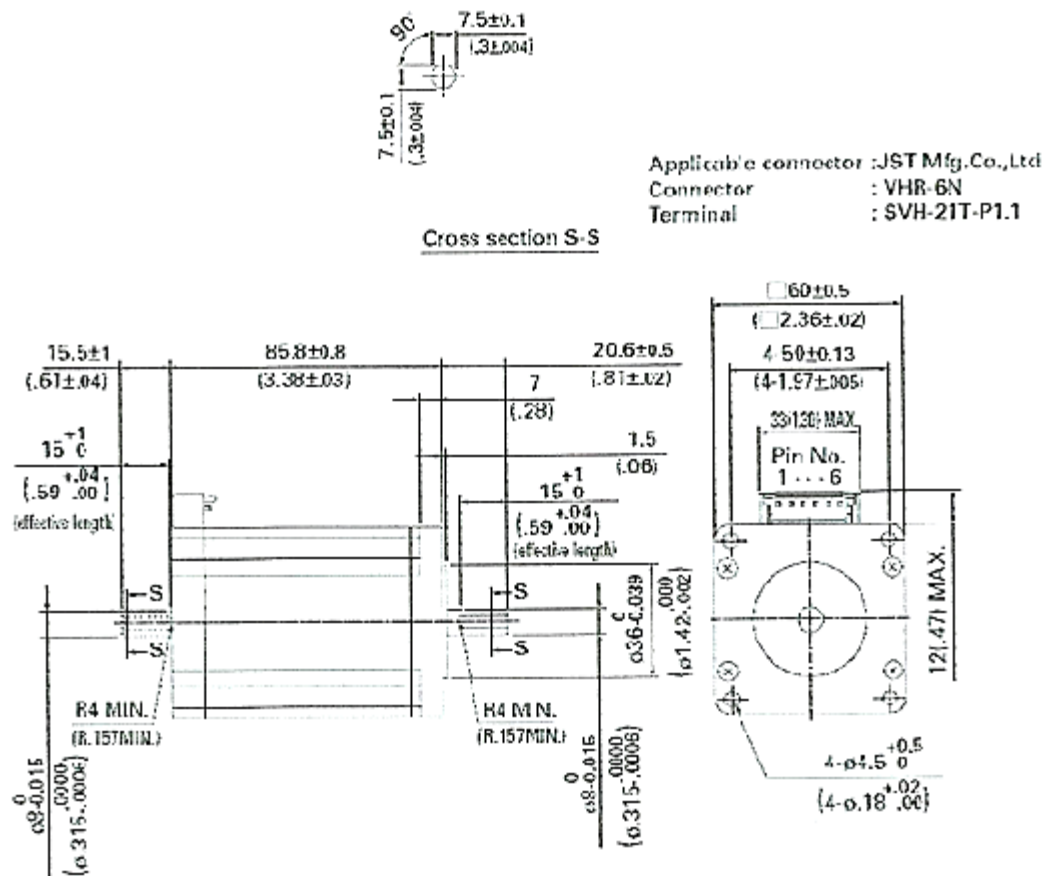


Figure VI.3.2.3 : Caractéristiques dimensionnels du moteur.

**VI.3.3-Choix d'accouplement :**

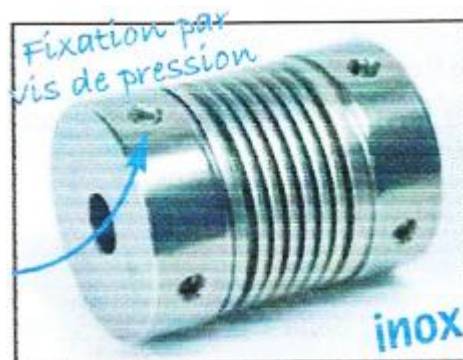


Figure VI.3.3 : Accouplement à soufflet inox.

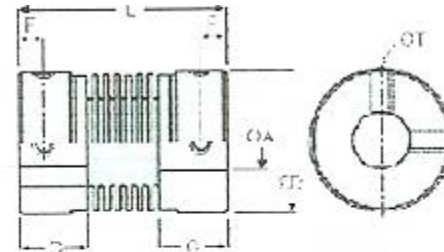
Accouplement : soufflet inox ; Couple : 0,5 à 3Nm

Référence : MFBS-16, voir le tableau VI.3.3 ci-dessous.

Caractéristiques :

- Grande précision
- Grande rigidité torsionnelle.
- Fonctionnement identique dans les deux sens de rotation.
- Matières : moyeu Inox 303.
- Soufflet Inox 316L.
- T° d'utilisation maxi. : +150 °C.
- Soufflet et moyeux assemblés par collage.

REFERENCE	Mésalignement			Couple	
	Radial (mm)	Axial (mm)	Angulaire	Nominal (Nm)	Maxi. (Nm)
MFBS-12	0.10	+0.40 -1.20	1.5°	0.5	1
MFBS-16	0.10	+0.40 -1.20	1.5°	1.0	2
MFBS-20	0.15	+0.60 -1.80	2.0°	1.5	3
MFBS-25	0.15	+0.60 -1.80	2.0°	2.0	4
MFBS-32	0.20	+0.80 -2.50	2.0°	3.0	6



REFERENCE	Alésage		Ød	L	C	ØT	F	Moment d'inertie (kg·m <sup>2</sup> )	Rigidité torsionnelle (Nm/Rad)	Masse (g)	Vitesse de rotation max (tr/min)	Prix Unl. 1 à 4	
	standard	Alésage max.										Alésages Standard	Alésages Modifiés
MFBS-12	3 x 3	6.35	12	23.5	7.5	M2.5	2.5	2,1 x 10 <sup>-7</sup>	100	9.1	32 000	44.75 €	67.79 €
MFBS-16	4 x 4	8	16	26.5	9.0	M3	3.0	8,0 x 10 <sup>-7</sup>	150	20.0	24 000	49.73 €	73.70 €
MFBS-20	5 x 5	10	20	32.0	10.0	M3	3.5	2,3 x 10 <sup>-6</sup>	220	37.0	19 000	58.38 €	83.84 €
MFBS-25	6 x 6	12	25	36.5	12.0	M4	4.5	7,0 x 10 <sup>-6</sup>	330	73.0	15 000	73.61 €	101.80 €
MFBS-32	8 x 8	16	32	42.0	13.5	M4	5.5	2,1 x 10 <sup>-5</sup>	490	130.0	12 000	77.39 €	106.25 €

Tableau VI.3.3 : choix de l'accouplement à partir du catalogue.

#### VI.3 4 - Vérification des dimensions de la structure portant le doseur:

Masse du doseur : 8,9 Kg.

Masse des granules supposés comme étant un volume d'eau :

$$P = \rho V = 10^3 \cdot \frac{1}{4} \cdot 0,082^2 \cdot 0,6 = 3,1 \text{ kg.}$$

Masse totale = 12 Kg implique une force de 120 N.

Cette masse est supportée par quatre supports.

Vérification en contrainte de flexion :

$$\sigma = \frac{M_f}{I} = \frac{30,0,275}{b \cdot h^2 / 6} = \frac{30,0,275}{0,005 \cdot 0,01^2 / 6} = 99 < 290 \text{ MPa} - \text{acceptable}$$

Vérification en Flèche :

$$f = \frac{Fl^3}{3EI} = \frac{30,0,275^3}{3,1,9 \cdot 10^{11} \cdot 4,16 \cdot 10^{-10}} = 2,6 \text{ mm} < 2,75 \text{ mm} = \frac{l}{100} \Rightarrow \text{acceptable}$$

En plus le doseur est muni d'une trémie pour une connexion d'alimentation si nécessaire.

**VI.4- Dans la poste 5 :** C'est là où le couvercle du verre se fixe à partir d'un alimenteur en couvercle et d'un actionneur pneumatique munie d'une ventouse.


la ventouse est affectée d'un mouvement de rotation par un actionneur semi rotatif (180°) pour prendre le couvercle à partir de son alimenteur , puis par un mouvement simultané de rotation par l'actionneur et un mouvement de translation par un vérin guidé , le couvercle est mis en place et il est prêt pour le clipsage dans le secteur suivant.

#### VI.4.1 - Choix de l'actionneur :

Pièce no: 35201; Semi rotary drive DRQ-16-180-PPVJ-A

Avec l'actionneur rotatif, le mouvement linéaire dans le cylindre est converti en mouvement de rotation par une unité d'engrenage contrecoup-compensative. La précision est augmentée par transmission sans contrecoup de la force de l'engrenage crémaillère au pignon.

- Double effet.
- Diamètre du piston de 16 à 100mm.
- Force de 0.5 à 150Nm.
- Angle de rotation de 0 à 360°.
- Arbre de sortie type robinet.
- Pour capteur de position sans contact.

 **Semi-rotary drive DRQ-16-180-PPVJ-A** Part no : 35201

Feature	Data/description
Size	16
Cushoning angle	72.2 deg
Rotation angle adjustment range	-4 - 4 deg
Swivel angle	180 deg
Cushoning	Pneumatic cushioning, adjustable at both ends (PPV)
Assembly position	Any
Design structure	Rack and pinion
Position detection	with proximity sensor
Operating pressure	2.5 - 10 bar
Max swivel frequency at 6 bar	2.6 Hz
Mode of operation	double-acting
Operating medium	Filtered compressed air
Ambient temperature	-10 - 60 °C
Torque at 6 bar	0.5 Nm
Permissible mass moment of inertia	0.00021 gm <sup>2</sup>
Product weight	0.55 kg
Mounting type	with internal (female) thread
Pneumatic connection	M5
Materials information for drive shaft	Case hardened steel
Materials information for seals	NBR TPE-U(PU)

Figure VI.4.1 : Caractéristiques d'emploi l'actionneur rotatif.

A l'arbre de sortie, les autres accessoires se lient :

-Adapter pour connexion arbre porteur de ventouse et l'actionneur :

Pièce no.163266 → Voir le dessin ci-contre.



-Connexion entre l'arbre moteur et le porteur de ventouse.

-Ventouse et son porteur, même élément que pour la première poste.

#### VI.4.2 - Vérification de la structure portant le système d'actionneur.

Masse du système d'actionneur est : 4Kg

En action dynamique majorant la force du poids 200%(\*2) : F=80N

Calcul en contrainte de flexion :

$$\sigma = \frac{M}{\left(\frac{I}{\nabla}\right)} = \frac{40.0,3.6}{b \cdot h^2} = \frac{72}{0,019.0,015^2} = 16,8 < 290MPa \Rightarrow \text{acceptable}$$

Vérification en flèche :

$$f = \frac{Fl^3}{3EI} = \frac{40.0,3^3}{3.1,9 \cdot 10^{11} \cdot 5,34 \cdot 10^{-9}} = 0,35mm < 0,6mm = \frac{l}{500} \Rightarrow \text{acceptable}$$

#### VI.4.3 - Vérification des dimensions de l'alimenteur en couvercle

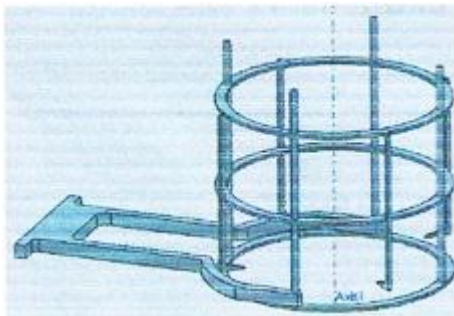


Figure VI.4.3 : Structure portant les couvercles.

Masse d'un seul couvercle = 22g

Hauteur d'un seul couvercle = 5mm

Hauteur utile de l'alimenteur = 300mm donc l'alimenteur peut contenir en max :

$$300/5=60 \text{ pièces.}$$

Masse des pièces =1200g

Masse de l'alimenteur =2Kg

En total 3Kg implique une force de 20N.

Calcul en contrainte de flexion :

$$\sigma = \frac{M}{\left(\frac{I}{\sqrt{}}\right)} = \frac{10.0,3.6}{b \cdot h^2} = \frac{18}{0,01.0,012^2} = 13 < 290MPa \Rightarrow \textit{acceptable}$$

Vérification en flèche :

$$f = \frac{Fl^3}{3EI} = \frac{10.0,3^3}{3.1,9 \cdot 10^{11} \cdot 1,44 \cdot 10^{-9}} = 0,33mm < 3mm = \frac{l}{100} \Rightarrow \textit{acceptable}$$

**VI.5- Dans la poste 6:** Là, la fixation du couvercle avec le verre se fait par clipsage.

Cela se fait mécaniquement, par un mouvement de translation verticale du plateau compresseur, qui comprime le couvercle sur son verre.



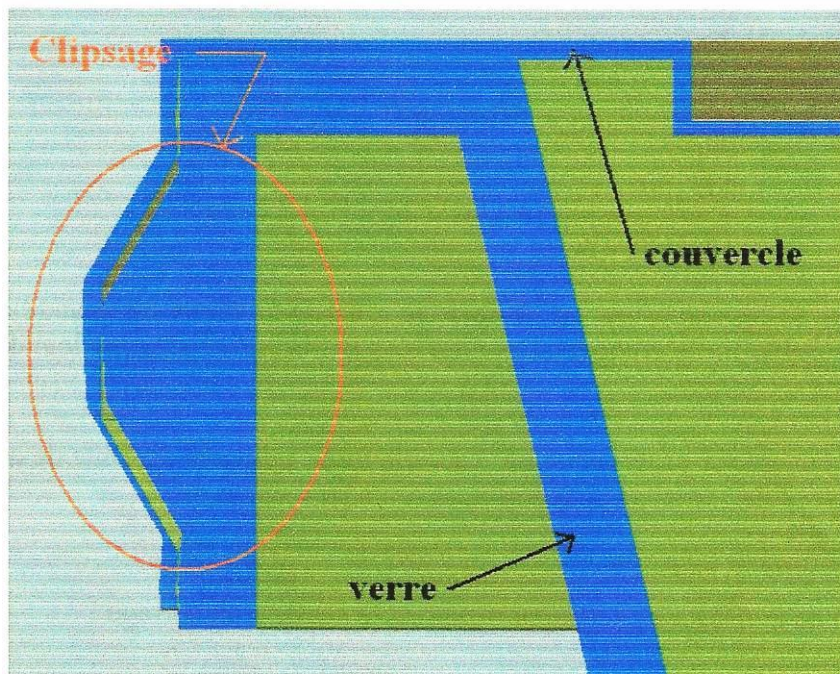


Figure VI.5.1 : Vue d'une coupe en section de l'assemblage par clipsage du verre/couvercle

La condition que le clipsage d'après le guide du chevalier, doit vérifier est :

- Forme trapézoïdal de hauteur  $s$  et la largeur du grand coté doit vérifier  $t > 4s$ .
- Pente du bossage forme un angle de 30 degré.

Vérification de la résistance du mécanisme de serrage (par pression) :

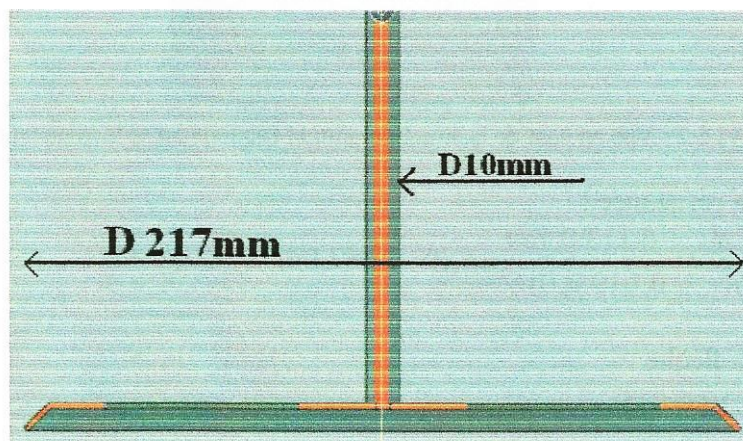


Figure VI.5.1 : Vue en coupe du système de presse montrant les dimensions principales.

La force du serrage maximale résulte de l'action du vérin qui assure la translation verticale du plateau des outils, la section du vérin étant de  $113\text{mm}^2$  et une force maximale que puisse le vérin y faire avec une pression de 10 bar:  $F = P.S = 10^6 \cdot 113 \cdot 10^{-6} = 113\text{N}$ .



Condition de la résistance :

$$\sigma = \frac{M_f}{\frac{I}{V}} = \frac{F/4.r}{b.h^2/6} = \frac{6.113/4.0,109}{0,018.0,003^2} = 114 < 290MPa \Rightarrow \text{acceptable}$$

Condition de la flèche :

$$I = \left[ \frac{b.h^3}{12} \right]_{\text{plus petite section}} = \frac{0,018.0,003^3}{12} = 4,05.10^{-11}m^4$$

$$f = \frac{FL^3}{3EI} = \frac{113.0,109^3/4}{3.1,9.10^{11}.4,05.10^{-11}} = 1,5mm > \frac{l}{500} = 0,2mm$$

La condition de résistance est satisfaite mais celle de la flèche est grande or la flèche n'a pas d'effet nuisible sur le comportement, en plus la force du piston est loin d'être de 113N, ce qui est très sécuritaire.

En ce qui concerne le profil tubulaire, la seule force agissante est celle de compression, le choix d'un profil de 10mm de diamètre est largement sécuritaire.

$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{113}{66.10^{-6}} = 1,71MPa < 0.3\sigma_e = 57MPa$$

Vérification de la résistance du support portant le système de serrage.

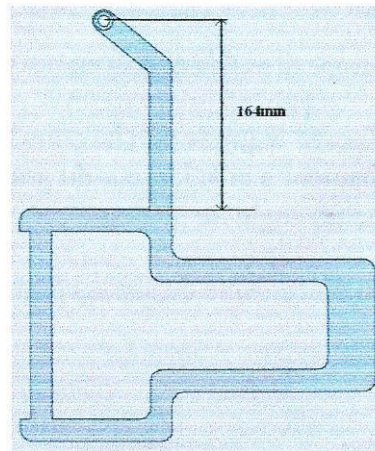


Figure VI.5.2 : Vue en haut de la structure portant l'actionneur et le système de serrage.

Condition de la résistance :

$$\sigma = \frac{M_f}{\frac{I}{V}} = \frac{6.F.d}{b.h^2} = \frac{6.113.0,164}{0,019.0,015^2} = 26 < 290MPa \Rightarrow \text{acceptable}$$

Condition de la flèche :

$$I = \frac{b.h^3}{12} = \frac{0,019.0,015^3}{12} = 5,3.10^{-9}m^4$$

$$f = \frac{FL^3}{3.E.I} = \frac{113.0,164^3}{3.1,9.10^{11}.5,3.10^{-9}} = 0,16mm < \frac{l}{500} = 0,3 \Rightarrow \text{acceptable}$$

**VI.6 – Dans la poste 8 :** En fin, c'est la dernière étape, dans cette position le verre complet se libère à travers de deux vérins pneumatique :

- En bas un vérin de même caractéristique que dans le premier secteur mais muni d'un plateau à la place de la ventouse.
- En haut, le deuxième vérin de course de 200mm assure l'évacuation de la pièce par un coup de force très rapide.

#### VI.6.1 – Choix du deuxième vérin :



Figure VI.6.1.1 : Vue du vérin no. 160880

Pièce no. 160880


Cylindre standard CRDSNU-12- -P-A

Séries Stainless steel

Sans corrosion, actionneur d'une série en acier inox pour les conditions dur d'utilisation dans les endroits très corrosifs ou agressive. Ces actionneurs assurent une résistance excellente aux agents variants de nettoyage, et aussi un nettoyage confort de moyen au bien, cela est demandé en particulier lors du traitement des aliments et lors de l'industrie d'emballage.

La série CR accomplit les exigences du niveau de la protection de la corrosion KBK4 ; DIN ISO 6432

Le modèle est avec un anneau élastique pour l'amortissement dans les positions de fin de course.

 **CRDSNU-12-P-A Standard cylinder** Part no.: 160890

Feature	Data/description
Stroke	200 mm
Piston diameter	12 mm
Cushioning	Flexible cushioning rings or plates at both ends (P)
Assembly position	Any
Conforms to standard	ISO 6432
Design structure	Piston Piston rod
Position detection	with proximity sensor
Variants	Single-ended piston rod
Operating pressure	1 - 10 bar
Mode of operation	double-acting
Operating medium	Filtered compressed air
Corrosion resistance classification CRC	4
Ambient temperature	-20 - 60 °C
Theoretical force at 6 bar, return stroke	51 N
Theoretical force at 6 bar, advance stroke	68 N
Additional weight per 10 mm stroke	4.2 g
Basic weight for 0 mm stroke	120 g
Mounting type	Optional with external (male) thread with accessories
Pneumatic connection	M5
Materials information for cover	High alloy steel, non-corrosive
Materials information for seals	TPE-U(PU)

Figure VI.6.1.1 : Caractéristiques opérationnels du vérin choisi

### VI.6.2 – Conception du porteur du Vérin :

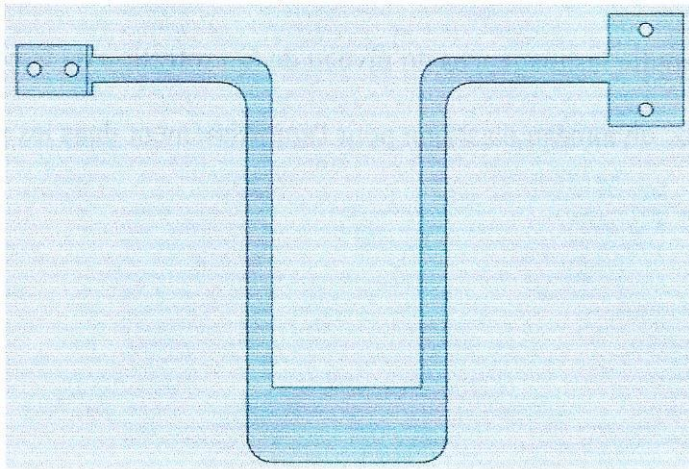


Figure VI.6.2 : Vue en haut du porteur de vérin.

Masse du vérin : 0,9Kg ; Appliquons un coefficient de sécurité  $s=2$  donc la masse devient 2Kg.

Condition de la résistance :

$$\sigma = \frac{M_f}{I} = \frac{6.20.0,164}{2.0,010.0,010^2} = 9,84 < 290MPa \Rightarrow \text{acceptable}$$

Condition de la flèche :

$$f = \frac{F.L^3}{3.E.I} = \frac{20.0,164^3}{3.1,9.10^{11}.8,33.10^{-10}} = 0,18mm < \frac{l}{500} = 0,3 \Rightarrow \text{acceptable}$$

Les résultats sont acceptables, la structure est résistance, aussi en dynamique.

**VI.7 – Dans la poste 0 :** Le plateau outils portant l'injecteur et l'actionneur est actionné par un vérin à double effet, guidé, assurant un mouvement de translation aux différents outils.

Ce vérin est fixé en dessus par une plaque elle-même fixé par des boulons sur la structure fixe assemblé par clavette et écrou à encoches sur le poteau tubulaire d'en bas.



Figure VI.7 : Vérin double effet guidé de la poste 0.

DFM-20-100-P-A-GF Guide unit Part no.: 170846		FESTO
Feature	Data/description	
Centre of gravity distance from working load to yoke plate	50 mm	
Stroke	100 mm	
Piston diameter	20 mm	
Operating mode of drive unit	Yoke	
Cushioning	Flexible cushioning rings or plates at both ends (F)	
Assembly position	Any	
Guide	Plain-bearing guide	
Design structure	Guide	
Position detection	with proximity sensor	
Variants	Single-ended piston rod	
Operating pressure	2 - 10 bar	
Max. speed	0.8 m/s	
Mode of operation	double-acting	
Operating medium	Dried compressed air, lubricated or unlubricated	
Corrosion resistance classification CRIC	2	
Ambient temperature	-20 - 80 °C	
Impact energy in end positions	0.14 Nm	
Max. torque Mx	2.1 Nm	
Max. working load at a specified distance	77 N	
Theoretical force at 6 bar, return stroke	141 N	
Theoretical force at 6 bar, advance stroke	188 N	
Moving mass	736 g	

## Conclusion :

Dans ce projet, on a fait la conception et le dimensionnement d'une partie d'une machine permettant le remplissage de la crème glacée, dans des verres. Cette machine alimente les verres pré programmés sur les pistes correspondantes, chaque piste est munie d'un outil permettant le traitement, le remplissage et la fermeture des verres. A la fin, le verre complet s'éjecte vers un convoyeur indépendant de la machine.

La réalisation de ce projet constitue une expérience riche et bénéfique, car il englobe plusieurs domaines tel que la conception, l'étude des constructions métallique, l'étude des matériaux, le travail avec les moteurs pas à pas, le système robotique pneumatisé...

Aussi ce projet a permis de se familiariser avec les logiciels de conception, dessin technique, animation et graphique.

Le travail avec ce type de machines, permet une introduction vers l'industrie alimentaire, et encore la réalisation des machines semi-automatique facilite la production, la rapidité, l'autonomie de l'utilisateur.

En plus ce travail ouvre des nombreux domaines tel que :

- L'étude de la précision de réponse, automatisme, l'intelligence industriels et l'intégration de l'automatisme par commande à distance (par ex : internet).
- L'étude de la maintenance industrielle.
- Science des matériaux
- Les nouvelles techniques de traitement de la crème permettant la production simple et semi-automatique pour la même qualité que l'industrie peut fournir.

Enfin, il reste la partie de la machine permettant la préparation du mélange, suivant le processus expliqué en chapitre II, cette partie peut être conceper et dimensionner en un autre projet en future.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Jean MOREL.1995. Conception et calcul des structures métalliques, EYROLLES.  
P. 84, 85, 79, 80, 81, 100.
- [2] André Chevalier, guide du dessinateur industriel, Edition 2003-2004, HACHETTE.
- [3] SANYO DENKI, guide pour les moteurs pas à pas, CATALOG No.759-4 '04.8.3DN
- [4] FESTO, dossier vérins, les vérins pneumatiques, choix et dimensionnement.
- [5] Liaisons mécaniques : Assemblages et guidages, Cotation fonctionnelle.



## Annexe 1

P R O D U C T D A T A S H E E T

# 304/304L

## STAINLESS STEEL

UNS S30400/UNS S30403



AK Steel Type 304 is a variation of the basic 18-8 grade, Type 302, with a higher chromium and lower carbon content. Lower carbon minimizes chromium carbide precipitation due to welding and its susceptibility to intergranular corrosion. In many instances, it can be used in the "as-welded" condition, while Type 302 must be annealed in order to retain adequate corrosion resistance.

Type 304L is an extra low-carbon variation of Type 304 with a 0.03% maximum carbon content that eliminates carbide precipitation due to welding. As a result, this alloy can be used in the "as-welded" condition, even in severe corrosive conditions. It often eliminates the necessity of annealing weldments except for applications specifying stress relief. It has slightly lower mechanical properties than Type 304.

Typical uses include architectural moldings and trim, kitchen equipment, welded components of chemical, textile, paper, pharmaceutical and chemical industry processing equipment.

### AVAILABLE FORMS

AK Steel produces Type 304 Stainless Steel in thicknesses from 0.01" to 0.25" (0.025 to 6.35 mm) max. and widths up to 48" (1219 mm). For other thicknesses and widths, inquire.

### COMPOSITION

	Type 304 %	Type 304L %
Carbon	0.08 max.	0.03 max.
Manganese	2.00 max.	2.00 max.
Phosphorus	0.045 max.	0.045 max.
Sulfur	0.030 max.	0.030 max.
Silicon	0.75 max.	0.75 max.
Chromium	18.00-20.00	18.0-20.0
Nickel	8.00-12.00	8.0-12.0
Nitrogen	0.10 max.	0.10 max.
Iron	Balance	Balance

### SPECIFICATIONS

AK Steel Types 304 and 304L Stainless Steels are covered by the following specifications:

Type 304	Type 304L
AMS 5513	AMS 5511
ASTM A 240	ASTM A 240
ASTM A 666	ASTM A 666

### MECHANICAL PROPERTIES

Typical Room Temperature Mechanical Properties

	UTS ksi (MPa)	0.2% YS ksi (MPa)	Elongation % in 2" (50.8 mm)	Hardness Rockwell
Type 304L	85 (586)	35 (241)	55	B80
Type 304	90 (621)	42 (290)	55	B82

304/304L-S-8-01-07

**AK STEEL****304/304L STAINLESS STEEL DATA SHEET****PHYSICAL PROPERTIES**

Density, 0.29 lbs/in<sup>3</sup>  
8.03 g/cm<sup>3</sup>

Electrical Resistivity, microhm-in  
(microhm-cm)

68°F (20°C) – 28.4 (72)  
1200°F (659°C) – 45.8 (116)

Specific Heat, BTU/lb/°F (kJ/kg•K)  
32 - 212°F (0 - 100°C) – 0.12 (0.50)

Thermal Conductivity, BTU/hr/ft<sup>2</sup>/ft/°F  
(W/m•K)

at 212°F (100°C) – 9.4 (16.2)  
at 932°F (500°C) – 12.4 (21.4)

Mean Coefficient of Thermal Expansion,  
in/in/°F (µm/m•K)

32- 212°F (0 - 100°C) – 9.4 x 10<sup>-6</sup>(16.9)  
32- 600°F (0 - 315°C) – 9.6 x 10<sup>-6</sup>(17.3)  
32- 1000°F (0 - 538°C) – 10.2 x 10<sup>-6</sup>(18.4)  
32- 1200°F (0 - 649°C) – 10.4 x 10<sup>-6</sup>(18.7)

Magnetic Permeability, H = 200  
Oersteds, Annealed - 1.02 max.

Modulus of Elasticity, ksi (MPa)  
28.0 x 10<sup>3</sup> (193 x 10<sup>3</sup>) in tension  
11.2 x 10<sup>3</sup> ( 78 x 10<sup>3</sup>) in torsion

Melting Range, °F (°C) – 2550 - 2650  
(1399 - 1454)

**CORROSION RESISTANCE**

These steels exhibit excellent resistance to a wide range of atmospheric, chemical, textile, petroleum and food industry exposures.

**OXIDATION RESISTANCE**

The maximum temperature to which Types 304 and 304L can be exposed continuously without appreciable scaling is about 1650°F (899°C). For intermittent exposure, the maximum exposure temperature is about 1500°F (816°C).

**HEAT TREATMENTS**

Type 304 is non-hardenable by heat treatment. Annealing: Heat to 1900 - 2050°F (1038 - 1121°C), then cool rapidly. Thin strip sections may be air cooled, but heavy sections should be water quenched to minimize exposure in the carbide precipitation region.

Stress Relief Annealing: Cold worked parts should be stress relieved at 750°F (399°C) for 1/2 to 2 hours.

**FORMABILITY**

Types 304 and 304L have very good drawability. Their combination of low yield strength and high elongation permits successful forming of complex shapes. However, these grades work harden rapidly. To relieve stresses produced in severe forming or spinning, parts should be full annealed or stress-relief annealed as soon as possible after forming.

**WELDABILITY**

The austenitic class of stainless steels is generally considered to be weldable by the common fusion and resistance

techniques. Special consideration is required to avoid weld "hot cracking" by assuring formation of ferrite in the weld deposit. Types 304 and 304L are generally considered to be the most common alloys of this stainless class. When a weld filler is needed, AWS E/ER 308, 308L or 347 are most often specified. Types 304 and 304L Stainless Steels are well known in reference literature and more information can be obtained in this way.

**METRIC CONVERSION**

Data in this publication are presented in U.S. customary units. Approximate metric equivalents may be obtained by performing the following calculations:

Length (inches to millimeters) –  
Multiply by 25.4

Strength (ksi to megapascals or  
meganewtons per square meter) –  
Multiply by 6.8948

Temperature (Fahrenheit to Celsius) –  
(°Fahrenheit - 32) Multiply by 0.5556

Density (pounds per cubic inch to  
kilograms per cubic meter) –  
Multiply by 27,670

The information and data in this product data sheet are accurate to the best of our knowledge and belief, but are intended for general information only. Applications suggested for the materials are described only to help readers make their own evaluations and decisions, and are neither guarantees nor to be construed as express or implied warranties of suitability for these or other applications.

Data referring to mechanical properties and chemical analyses are the result of tests performed on specimens obtained from specific locations with prescribed sampling procedures; any warranty thereof is limited to the values obtained at such locations and by such procedures. There is no warranty with respect to values of the materials at other locations.



Customer Service: 800-331-5050

AK Steel Corporation  
9227 Centre Pointe Drive  
West Chester, OH 45069

www.aksteel.com

© 2007 AK Steel Corporation



7100-0096 7/07

## Annexe 2

Electrode manuelle

# EutecTrode E308L-17

Pour aciers inoxydables

### Description

Electrode à enrobage rutile dont le rendement est d'environ 110 %. Dépôt austénitique avec environ 10 % de  $\delta$ -ferrite. Résiste à la corrosion intercritalline jusqu'à 350 °C. Résiste à l'oxydation dans l'air jusqu'à 850 °C. La température minimale en service est de -196 °C. Dépôt hautement polissable.

### Caractéristiques techniques

#### Normes

ISO 3581	E 19 9 L R 110 23
AWS A5.4	E308L-17
SFA 5.4	E308L-17
prEN 1600	E 19 9 L R 32
DIN 8556	E 19 9 L R 23 110
BS 2926	19.9 L AR
M. No :	1.4316
NF A81-343	EZ 19.9 L R 110 23

#### Analyse chimique typique

métal déposé en %:

0,02 C - 0,8 Si - 1,0 Mn - 20 Cr - 10,5 Ni - reste Fe  
teneur en ferrite 10 FN

#### Propriétés mécaniques

(sur éprouvette constituée 20 °C)

	Maximale
Limite élastique $R_{p0,2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	430
Résist. à la traction $R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	590
Allongement $A_5$ (%)	40
Résilience $A_5$ (J)	65
(ISO-V, à -70 °C = 35 J)	
Dureté (HB)	200

#### Homologations

TÜV

### Applications

Pour le soudage d'aciers inoxydables, stabilisés ou non stabilisés, par exemple.

X 12 CrNi 18 9	- AISI 302	- UNS S 30200,
X 5 CrNi 18 10	- AISI 304	- UNS S 30400,
X 6 CrNi 18 11	- AISI 304 H	- UNS S 30409,
X 2 CrNi 19 11	- AISI 304 L	- UNS S 30403,
X 2 CrNiN 18 10	- AISI 304 LN	- UNS S 30453,
X 6 CrNiTi 18 10	- AISI 321	- UNS S 32100,
	- AISI 321 H	- UNS S 32109,
X 6 CrNiNb 18 10	- AISI 347	- UNS S 34700,
	- AISI 347 H	- UNS S 34709,
	- AISI 348	- UNS S 34800,
	- AISI 348 H	- UNS S 34809,
X 10 CrNiTi 18 10,		
G-X 5 CrNi 18 9	- AISI CF-8	- UNS J 62600,

G-X 5 CrNiNb 19 10

- UNS J 92710,

G-X 8 CrNi 18 10,

G-X 6 CrNi 18 10

ainsi que pour les aciers plaqués correspondants et pour les revêtements anti-corrosion.

EutecTrode E308L-17 est utilisée dans les industries chimique, textile et alimentaire; dans la construction de machines; dans la fabrication d'appareils, de tuyauterie et de récipients.

### Procédure d'utilisation

#### Préparation

Nettoyer la zone de soudure.

#### Préchauffage

La température inter passe est limitée à 150 °C

#### Soudage

∅ Electrode (mm)	Courant (A)
2,0	35-60
2,5	50-80
3,25	60-120
4,0	100-160
5,0	160-220

Courant = (+) ou ~

Tension à vide:  $\geq 50$  V

Pour le nettoyage, n'utiliser que des brosses en acier inoxydable au nickel-chrome.

#### Positions de soudage

P, AP, C, VM, F, AF  
PA, PB, PC, PF, PE, PD,

selon EN 439.

### Stockage et manutention

Les électrodes doivent être conservées dans leur emballage d'origine, dans un endroit sec, afin d'éviter l'absorption d'humidité ou l'endommagement de l'enrobage.

En cas de reprise d'humidité, le traitement de séchage ci-après est recommandé: 250 °C / 3 h.

### Disponibilités

Dimension ∅ x l (mm)	Poids / boîte (kg)	Pièces (boîte)	ESC code
2,0 x 300	2,72	204	330044
2,5 x 300	3,63	186	331000
3,25 x 350	4,10	108	331022
4,0 x 350	4,54	84	331001
5,0 x 350	4,08	53	330048

Autres diamètres disponibles sur demande.

## Annexe 3

Baguette d'apport pour le procédé TIG

# CastoTIG® 45503 W

Pour maintenance, réparation et production

### Description

Baguette d'apport hautement alliée au CrNi à très faible teneur en carbone pour lutter contre la corrosion intergranulaire jusqu'à des températures de 350°C pour utilisation en procédé TIG (Tungsten Inert Gas). Résistance à l'oxydation et au clatinage dans des atmosphères non réductrices et pauvres en soufre, jusqu'à des températures de service d'environ 800°C.

### Caractéristiques techniques

DIN 8556:..... SG X2 CrNi 19 9  
W.Nr :..... 1.4316  
AWS/ASME SFA 5.9:..... ER 308 L Si

#### Normes

#### Propriétés mécaniques

(sur éprouvette constituée à 20°C)

	Minimum	Nominale
Résist. à la traction $R_{m}$ (N/mm <sup>2</sup> )	510	600
Limite élastique $R_{p0.2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	205	400
Allongement $A_5$ (%)	30	35
Résilience $A_5$ ISO-V (J)*	40	120
Dureté après soudage (HV <sub>30</sub> )	-	160

\*à -196°C, la résilience  $A_5$  est encore de 50 J

#### Gaz de protection

Gaz recommandé:..... 100 % Ar [DIN 32 526 I 1]

#### Homologation

TÜV

### Applications

CastoTIG 45503W est spécialement recommandée pour les assemblages et des revêtements des aciers inoxydables semblables ou très proches du type CrNi ainsi que pour des plaquages anticorrosion des aciers de construction. Domaines d'applications dans l'industrie des machines, alimentaire, chimique, textile, pour des réservoirs, conduites, machines à laver, installations de climatisation, ventilation, etc.

Recommandé pour les alliages suivants, selon la spécification DIN, par exemple:

1.4301 1.4306 1.4311 1.4541 1.4550

### Procédure d'utilisation

#### Préparation

Les surfaces des joints et zones avoisinantes doivent être propres, c'est-à-dire exemptes d'oxydation, de graisse, peinture, etc.

#### Préchauffage

Un préchauffage n'est généralement pas nécessaire pour le soudage des aciers inoxydables austénitiques. Pour l'assemblage d'aciers ferritiques et austénitiques, un préchauffage de la partie en acier ferritique peut être nécessaire selon le type et les dimensions de la pièce.

### Soudage

Polarité = (-) [polarité directe]

Angle de la torche par rapport à la pièce lors du soudage d'un joint à plat: 70 - 80°.

Angle de la baguette avec la pièce: 15 - 30°.

Lors du soudage de la passe de fond, s'assurer de la parfaite pénétration de la géométrie et de la mouillabilité du bain. La température entre les passes ne doit pas excéder 150°C. Pour le nettoyage, utiliser une brosse métallique inoxydable.

Note: L'utilisation du flux activateur Activatec 500 augmente la pénétration ou la vitesse de soudage, donc la productivité sans influence sur les caractéristiques physiques ou chimiques de la soudure.

#### Positions de soudage

P, AP, C, VM, F, AF.  
PA, PB, PC, PF, PE, PD, selon ISO 6947.

#### Paramètres de soudage

Electrode W/ThO<sub>2</sub>(WT20); W/La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(WL10); W/CeO<sub>2</sub>(WC20)

Intensité recommandée (A)

⊙ électrode (mm) → ⊙ baguette (mm) ↓	1,0	1,6	2,4	3,2	4,0
1,0	30-60				
1,6	50-80	70-100	100-160		
2,0		90-150	100-160	100-160	
2,4			120-150	120-180	
3,2				160-200	180-250
4,0					400-450

#### Usinage

Par enlèvement de copeaux à l'outil de coupe. Le dépôt peut également être coupé par le procédé usuel de coupe plasma.

#### Emballage, présentation

Les baguettes CastoTIG 45503 W sont disponibles en longueur de 1000 mm, emballage carton, facilement recyclable.

Poids: 5 kg

Diamètres disponibles: 1,0 mm, 1,6 mm; 2,0 mm; 2,4 mm; 3,2 mm et 4,0mm.



### Annexe 4

**Courroies crantées synchrones (suite)**

**14.2.2. Terminologie de la transmission**

XL :	1/5" =	5,08 mm
L :	3/8" =	9,43 mm
H :	1/2" =	12,70 mm
XH :	7/8" =	22,22 mm
XXH :	1 1/4" =	31,75 mm

**14.2.3. Pas standard de fabrication**

XL pas 1/5" = 5,08	L pas 3/8" = 9,43	H pas 1/2" = 12,70	XH pas 7/8" = 22,22	XXH pas 1 1/4" = 31,75

**14.2.4. Largeurs et code des courroies et des poulies synchrones**

XL	L	H	XH	XXH
1/4" : 0,25 3/8" : 0,37	1/2" : 0,50, 1" : 1,00 3/4" : 0,75	3/4" : 0,75, 1 1/2" : 1,50, 3" : 3,00 1" : 1,00, 2" : 2,00	2" : 2,00, 4" : 4,00 3" : 3,00	2" : 2,00, 4" : 4,00 3" : 3,00, 5" : 5,00

**14.2.5. Longueurs primitives des courroies synchrones**

XL		L		H		XH	
prim	Nb.dents	Lg prim	Nb.dents	Lg prim	Nb.dents	Lg prim	Nb.dents
152,4	30	314,3	33	609,6	48	1209	58
177,8	35	381,0	40	685,8	54	1422,4	64
203,2	40	476,2	50	762,0	60	1600,2	72
228,6	45	533,4	56	838,2	66	1778	80
254	50	571,5	60	914,4	72	1955,8	88
279,4	55	609,6	64	990,6	78	2133,6	96
304,8	60	647,7	68	1066,8	84	2408,2	112
330,2	65	685,8	72	1143,0	90	2844,8	128
355,6	70	723,9	76	1219,2	96	3200,4	144
381	75	762,0	80	1295,4	102	3556	160
406,4	80	819,1	85	1371,6	108	3911,6	176
431,8	85	876,3	92	1447,8	114	4445	200
457,2	90	933,4	98	1524,0	120		
482,6	95	990,6	104	1600,2	126		
508	100	1066,8	112	1676,4	132		
533,4	105	1143,0	120	1778,0	140		
558,8	110	1219,2	128	1905,0	150	1178	60
584,2	115	1295,4	136	2032,0	160	2032	64
609,6	120	1371,6	144	2159,0	170	2286	72
635	125	1524,0	160	2286,0	180	2540	80
660,4	130			2540,0	200	3048	96
				2794,0	220	3556	112
				3175,0	250	4064	128
				3556,0	280	4572	144
				4318,0	340		

**14.2.6. Diamètre primitif et nombre de dents de la petite poulie synchrones**

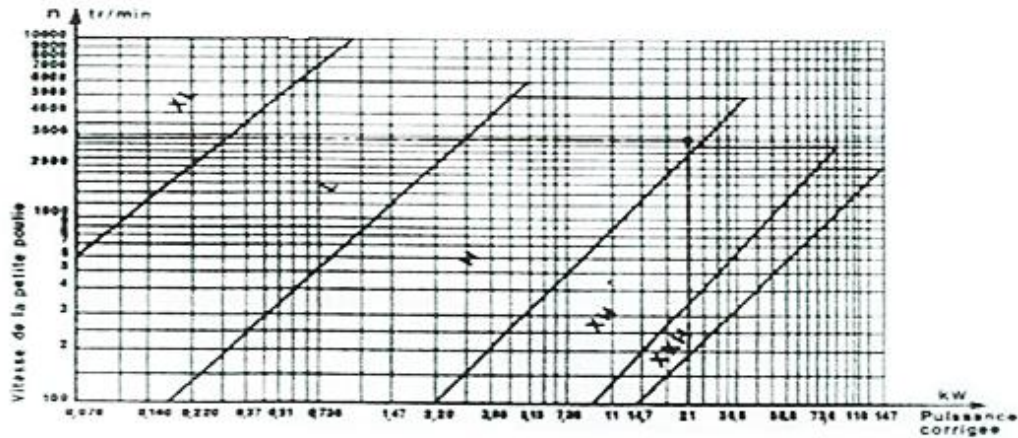
Pas	vitesse	Ø primitif (d)	Nb.de dents
XL 5,08 1/5"	730	16,16	10
	940	16,16	10
	1440	17,78	11
	2840	19,41	12
L 9,525	730	35,37	12
	940	35,37	12
	1440	42,44	14
	2840	48,51	16
H 12,7	730	61,66	16
	940	64,66	16
	1440	72,77	18
	2840	80,84	20
XH 22,22	730	135,62	22
	940	165,79	24
	1440	183,92	26
	XXH 31,75	730	202,30
940		242,54	24
1440		262,76	26

**Courroies crantées synchrones (suite)** TEXROPE

**14.2.7. Diamètres primitifs et diamètres extérieurs des poulies synchrones**

Pas de 5,08 XL			Pas de 9,527 L		
Nb. de dents	Diam. primaire	Diam. extérieur	Nb. de dents	Diam. primaire	Diam. extérieur
de 10 à 69	de 16,18 à 143,92	de 15,67 à 143,41	de 10 à 109	de 30,32 à 330,48	de 29,59 à 329,92
Pas de 12,70 H			Pas de 22,225 X H		
Nb. de dents	Diam. primaire	Diam. extérieur	Nb. de dents	Diam. primaire	Diam. extérieur
de 14 à 150	de 56,59 à 606,37	de 55,25 à 605,16	de 18 à 140	de 127,33 à 1061,16	de 124,51 à 1058,97

**14.2.8. Choix des courroies crantées synchrones**



**14.2.9. Puissance transmise en kW pour une largeur de courroie synchrone de 1 pouce**

Type	Nb. de dents n	Puissance transmise (kW)												
		11	12	14	15	16	18	20	21	22	24	25	28	30
XL	11	17,78	19,40	22,63	24,25	25,88	29,10	32,33	33,95	35,58	38,81	42,03	45,28	49,51
	730	0,125	0,132	0,154	0,170	0,176	0,200	0,220	0,235	0,242	0,264	0,287	0,316	0,331
	910	0,154	0,170	0,200	0,213	0,228	0,257	0,287	0,300	0,310	0,345	0,368	0,400	0,434
	1410	0,242	0,264	0,310	0,329	0,345	0,390	0,434	0,456	0,485	0,522	0,566	0,610	0,655
L	12	36,37	42,44	48,51	54,58	57,60	66,62	63,67	66,70	72,77	78,84	84,89	90,96	97,02
	730	0,330	0,400	0,450	0,500	0,530	0,550	0,590	0,620	0,610	0,720	0,780	0,830	0,900
	910	0,434	0,500	0,580	0,650	0,685	0,715	0,750	0,790	0,870	0,935	1,000	1,075	1,140
	1410	0,655	0,765	0,875	0,980	1,040	1,090	1,140	1,200	1,300	1,405	1,515	1,610	1,730
H	16	64,66	72,77	76,80	89,84	84,88	83,92	97,02	105,10	113,18	121,28	129,36	145,54	161,69
	730	1,525	1,700	1,810	1,890	2,000	2,090	2,275	2,460	2,650	2,840	3,030	3,400	3,775
	910	1,950	2,200	2,310	2,445	2,560	2,685	2,920	3,165	3,400	3,645	3,885	4,370	4,830
	1410	2,960	3,335	3,500	3,700	3,870	4,050	4,415	4,785	5,150	5,490	5,830	6,535	7,210
X H	18	127,33	141,47	155,62	169,76	183,92	198,09	212,24	226,39	240,54	254,69	268,84	282,99	297,14
	730	4,04	4,43	4,93	5,37	5,79	6,23	6,66	7,09	7,52	7,95	8,38	8,81	9,24
	910	5,18	5,74	6,27	6,84	7,36	7,89	8,40	8,91	9,42	9,93	10,44	10,95	11,46
	1410	7,82	8,52	9,28	10,03	10,78	11,53	12,28	13,03	13,78	14,53	15,28	16,03	16,78

**14.3.3. Facteurs de service (s)**

Couple	Conditions de fonctionnement								
	8 heures / jour			16 heures / jour			24 heures / jour		
	uniforme	variable	très variable	uniforme	variable	très variable	uniforme	variable	très variable
Moteur électrique usuel (Cd : Cn < 2) Démarrages ou inversions de sens fréquents	1	1,12	1,25	1,12	1,25	1,40	1,10	1,32	1,50
Moteur électrique à couple de démarrage élevé	1,12	1,25	1,40	1,25	1,40	1,60	1,32	1,40	1,70
Moteur diesel à 1 ou 2 cylindres Inversions de sens ou démarrages fréquents à fort couple de démarrage	1,16	1,32	1,50	1,32	1,50	1,70	1,40	1,60	1,80
	1,32	1,50	1,70	1,50	1,70	1,90	1,60	1,80	2



## Annexe 5

## 2-phase Stepping Driver

**PMM-UA-4303-1****AC100V****Unipolar type**

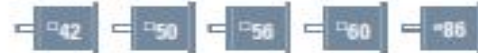
(Applicable motor rated current 1.2A/phase, 2A/phase)

**Full-step / Half-step**

(200 x 1 division)

(200 x 2 division)

● Applicable motor

**PMM-UA-4304-1****AC100V****Unipolar high-speed type**

(Applicable motor rated current 4A/phase)

**Full-step / Half-step**

(200 x 1 division)

(200 x 2 division)

● Applicable motor



## Standard combined stepping motors

## PMM-UA-4303-1

Dimensions of stepping motor	Stepping motor model number		Rated current [A/phase]	Holding torque [N·m(oz·in)]	Motor inertia [ $\times 10^{-4}$ kg·m <sup>2</sup> (oz·in <sup>2</sup> )]	Mass(Weight) [kg(lbs)]	Page
	Single shaft	Double shaft					
42mm (1.65inch)	103H5205-0440	103H5205-0410	1.2	0.2(28.32)	0.036(0.20)	0.23(0.51)	69 Page
	103H5208-0440	103H5208-0410	1.2	0.3(42.48)	0.056(0.31)	0.29(0.64)	
	103H5209-0440	103H5209-0410	1.2	0.32(45.31)	0.062(0.34)	0.31(0.68)	
	103H5210-0440	103H5210-0410	1.2	0.37(52.39)	0.074(0.40)	0.37(0.82)	
	103H6701-0440	103H6701-0410	2	0.28(39.6)	0.057(0.31)	0.35(0.77)	
50mm (1.97inch)	103H6703-0440	103H6703-0410	2	0.49(69.4)	0.118(0.65)	0.5(1.10)	75 Page
	103H6704-0440	103H6704-0410	2	0.52(73.6)	0.14(0.77)	0.55(1.21)	
	103H7121-0440	103H7121-0410	2	0.39(55.2)	0.1(0.55)	0.47(1.04)	
56mm (2.20inch)	103H7123-0440	103H7123-0410	2	0.83(117.5)	0.21(1.15)	0.65(1.43)	79 Page
	103H7124-0440	103H7124-0410	2	0.98(138.8)	0.245(1.34)	0.8(1.76)	
	103H7126-0440	103H7126-0410	2	1.27(179.8)	0.36(1.97)	0.98(2.16)	
	103H7821-0440	103H7821-0410	2	0.78(110.5)	0.275(1.50)	0.6(1.32)	
60mm (2.36inch)	103H7822-0440	103H7822-0410	2	1.17(165.7)	0.4(2.19)	0.77(1.70)	87 Page
	103H7823-0440	103H7823-0410	2	2.1(297.4)	0.84(4.59)	1.34(2.95)	
	103H8221-0441	103H8221-0411	2	2.15(304.5)	1.45(7.93)	1.5(3.31)	
86mm (3.39inch)	103H8222-0441	103H8222-0411	2	4.13(584.8)	2.9(15.86)	2.5(5.51)	91 Page
	103H8223-0441	103H8223-0411	2	6.27(887.9)	4.4(24.06)	3.5(7.72)	

• For information about the general specifications and dimensions of each stepping motor, refer to its page.

## PMM-UA-4304-1

Dimensions of stepping motor	Stepping motor model number		Rated current [A/phase]	Holding torque [N·m(oz·in)]	Motor inertia [ $\times 10^{-4}$ kg·m <sup>2</sup> (oz·in <sup>2</sup> )]	Mass(Weight) [kg(lbs)]	Page
	Single shaft	Double shaft					
86mm (3.39inch)	103H8221-0941	103H8221-0911	4	2.15(304.5)	1.45(7.93)	1.5(3.31)	91 Page
	103H8222-0941	103H8222-0911	4	4.13(584.8)	2.9(15.86)	2.5(5.51)	
	103H8223-0941	103H8223-0911	4	6.27(887.9)	4.4(24.06)	3.5(7.72)	
106mm (4.17inch)	103H89222-0941	103H89222-0911	4	10.8(1529.4)	14.6(79.83)	7.5(16.53)	97 Page
	103H89223-0941	103H89223-0911	4	15.5(2194.9)	22(120.28)	10.5(23.15)	

• For information about the general specifications and dimensions of each stepping motor, refer to its page.



## Specifications of PM Driver

Item		PMM-UA-4303-1	PMM-UA-4304-1
Basic specifications	Input source	Single phase AC 100V±10,-15% 50/60Hz±3Hz	
	Source current	3A	5A
	Rated current	2A/phase (Changeable to 1.2A/phase, refer to Page 20)	4A/phase
	Operating ambient temperature	0~+50°C	
	Conservation temperature	-20~+70°C	
	Operating ambient humidity	35~85%RH (no condensation)	
	Conservation humidity	10~90%RH (no condensation)	
	Vibration resistance	4.9m/s <sup>2</sup> Frequency range 10~55Hz, Direction: along X, Y and Z axes, for 2 hours each.	
	Impact resistance	Considering the NDS-C-0110 standard section 3.2.2 division "C", not influenced.	
	Withstand voltage	Not influenced when AC 1000V is applied between power input terminal and cabinet for one minute.	
Insulation resistance	10MΩ MIN. when measured with DC500V megohmmeter between input terminal and cabinet.		
Max./Weight	0.6kg(1.32lbs)	3kg(6.61lbs)	
Function	Protection function	Against PM driver overheat	
	Selection, setting function	Exciting mode selection- DIP switches enables selection of Full-step and Half-step mode. Automatic current down selection- Automatic current down function can be selected. Driving current switch setting- DIP switch enables setting driving current of the Stepping Motor. PMM-UA-4303-1 — 1A/phase, 1.2A/phase, 1.5A/phase, 1.8A/phase, 2A/phase 5 selections. PMM-UA-4304-1 — 3.6A/phase, 4A/phase, 4.6A/phase, 5A/phase, 4 selections.	
	LED indicator	Alarm monitor	
IO signal	Signal line	5-pin cable	5-pin cable
	CW pulse input signal (CW)	CW+	CW-
	CCW pulse input signal (CCW)	CCW+	CCW-
	Alarm output (AL)	AL1	AL2

\* The CW direction indicated above is the rotation direction of the stepping motor in clockwise as facing to the output shaft side (flange side). The CCW direction is the same in counter-clockwise.

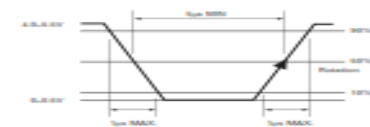
## Operation, Connection, and Function

### ● Input circuit configuration (CW, CCW) --- MM-UA-4303-1 and PMM-UA-4304-1 in common



- Pulse duty 50% MAX.
- When the crest value of the input signal is 5V, the external limit resistance R must be 0Ω.
- When the crest value of the input signal exceeds 5V, use the external limit resistance R to limit the input current to approximately 25mA.

### Input signal specifications

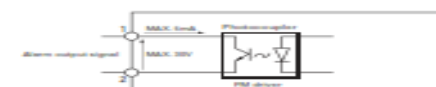


### Timing of the command pulse 2-input mode (CW, CCW)



- The internal photo coupler turns ON within the ■ and, at its falling edge to OFF, the internal circuit (stepping motor) is activated.
- When applying the pulse to CW, turn OFF the CCW side internal photo coupler.
- When applying the pulse to CCW, turn OFF the CW side internal photo coupler.

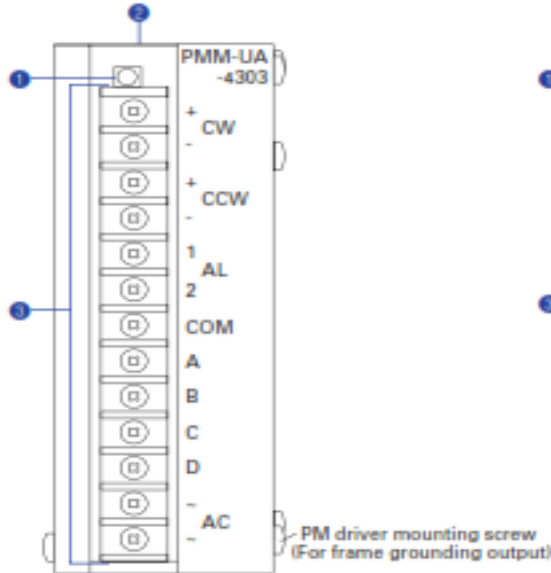
### ● Output circuit configuration (AL) --- PMM-UA-4303-1 and PMM-UA-4304-1 in common



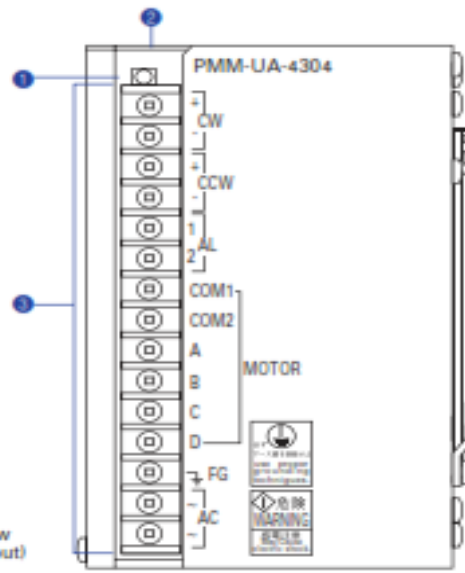
- Alarm output signal
- Contact mode: Photocoupler open collector output
- Contact capacity: 30V DC 5mA MAX.

## Operation, Connection, and Function

### PM driver component names PMM-UA-4303-1



### PMM-UA-4304-1

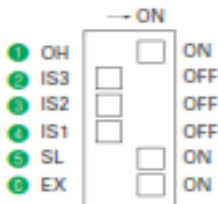


#### Monitor indication (AL) — PMM-UA-4303-1 and PMM-BA-4304-1 in common

Indication	Color	State
AL	Red	When the element temperature becomes 80°C MIN, in the PM driver, heat protective alarm circuit for the internal elements is activated and this LED illuminates. As the alarm circuit is activated, the operating current is shut and the stepping motor becomes in a de-excited state. Simultaneously, the alarm output relay is closed to generate the output signal. When the element temperature falls back to 80°C MAX, the alarm is automatically released and the current flows into the stepping motor. When the alarm is ON, turn the main power OFF before the automatic recovery system works, and take measures to reduce heat generation such as forced cooling to the PM driver enclosure

#### Function selection DIP switch pack (OH, IS3, IS2, IS1, SL, EX)

##### PMM-UA-4303-1



- The factory setting is shown in the figure above.
- Turn off the power supply to the PM driver before changing DIP switch setting.

#### OH (OH selection)

This switch is not used. Do not set it to OFF.

#### SL (Auto current down selection)

Select for the automatic current reduction.

SL	Auto current down
ON	Approx 50% of current rating when stopped
OFF	100% of current rating when stopped

- The temperature increase in the motor driver can be controlled by setting SL to On (approx. 50% of the rated current).
- The output torque when SL is On (approx. 50% of the rated current) is approx. 50% of the that when SL is Off (100% of the rated current).

#### IS1, IS2, IS3 (Operating current selection)

\*When excited for single phase:

IS3	IS2	IS1	Wire-wound current (A)
OFF	OFF	OFF	2A/phase
ON	OFF	OFF	1.8A/phase
OFF	ON	OFF	1.5A/phase
OFF	OFF	ON	1.2A/phase
ON	OFF	ON	1.0A/phase

- The operating current reduces to 80% for the 2-phase exciting.

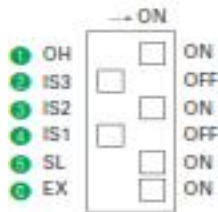
#### EX (Exciting mode selection)

Select exciting mode.

EX	Exciting mode
ON	Half step (0.9°/pulse)
OFF	Full step (1.8°/pulse)

## Operation, Connection, and Function

### PMM-UA-4304-1



- The factory setting is shown in the figure above.
- Turn off the power supply to the PM driver before changing DIP switch setting.

#### 1 OH (OH selection)

This switch is not used. Do not set it to OFF.

#### 5 SL (Auto current down selection)

Select for the automatic current reduction.

SL	Auto current down
ON	Approx 50% of current rating when stopped
OFF	100% of current rating when stopped

- The temperature increase in the motor driver can be controlled by setting SL to On (approx. 50% of the rated current).
- The output torque when SL is On (approx. 50% of the rated current) is approx. 50% of the that when SL is Off (100% of the rated current).

#### 2 3 4 IS1, IS2, IS3 (Operating current selection)

\*When excited for single phase:

IS3	IS2	IS1	Wire wound current (A)
OFF	OFF	OFF	5A/phase
ON	OFF	OFF	4.6A/phase
OFF	ON	OFF	4A/phase
OFF	OFF	ON	3.8A/phase

- The operating current reduces to 80% for the 2-phase exciting.

#### 6 EX (Exciting mode selection)

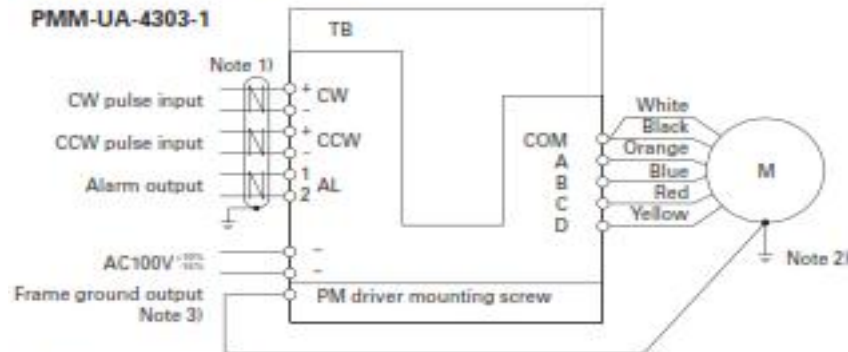
Select exciting mode.

EX	Exciting mode
ON	Half step (0.9°/pulse)
OFF	Full step (1.8°/pulse)

#### Terminal block (TB) — PMM-UA-4303-1 and PMM-BA-4304-1 in common

Connects I/O signals, single phase AC power supply, and the stepping motor power cord.

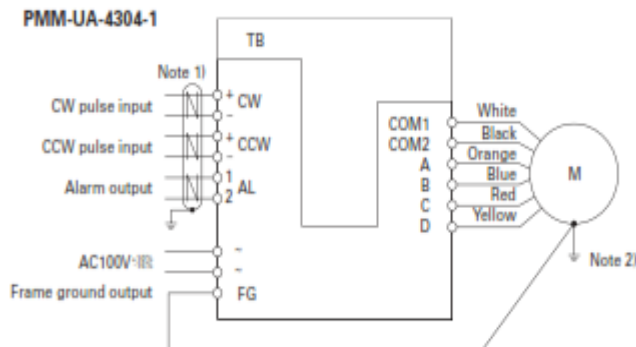
#### External wiring diagram



Note 1) Use twist pair shielded cables.

Note 2) Ground the flange of the stepping motor by fastening the grounding wire together with its mounting screw. The grounding shall be made at a single point.

Note 3) Make grounding by the stepping motor mounting screw share for mounting the PM driver. The grounding shall be made at a single point.

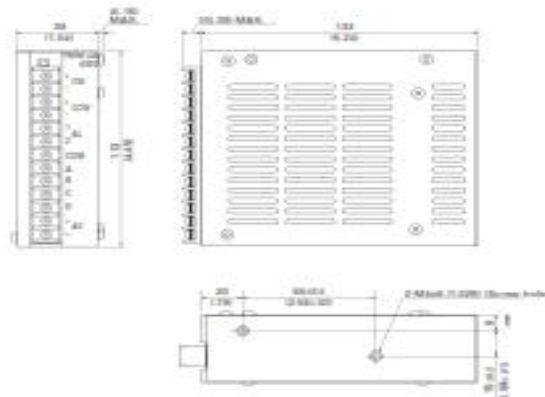


Note 1) Use twist pair shielded cables.

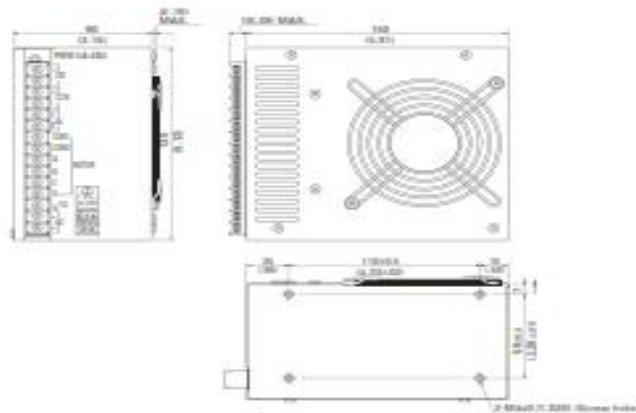
Note 2) Ground the flange of the stepping motor by fastening the grounding wire together with its mounting screw. The grounding shall be made at a single point.

## Dimensions [Unit: mm(inch)]

### PMM-UA-4303-1

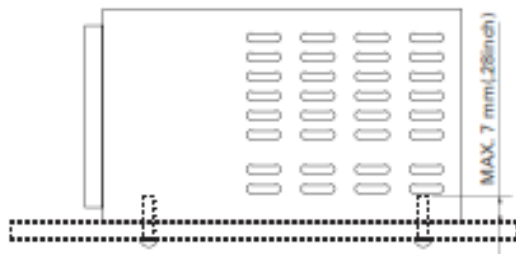


### PMM-UA-4304-1

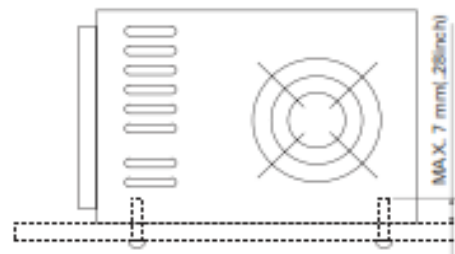


## Mounting direction and mounting position [Unit: mm(inch)]

### PMM-UA-4303-1



### PMM-UA-4304-1



- Mount the PM driver as it stands upright.
- Use the mounting holes in the bottom of the PM driver with M4 screws as shown in the figure. (No mounting hardware is required.)
- The length of the screws projecting inward the driver enclosure shall be shorter than 7mm(0.28inch).

## Annexe 6

## 2-phase Stepping Driver



## PMM-MD-23120-10

DC24V/36V

Unipolar type

(Applicable motor rated current 1.2A/phase, 2A/phase)

Micro-step (200 X 1-180 divisions)

(Smooth operation and low vibration even at low speeds.)

● Applicable motor



## Standard combined stepping motors

Dimensions of stepping motor	Stepping motor model number		Rated current (A/phase)	Holding torque (N·m/(oz·in))	Rotor inertia ( $\times 10^{-4}$ kg·m <sup>2</sup> /(oz·in <sup>2</sup> ))	Mass/Weight (kg/(oz))	Page
	Single shaft	Double shaft					
42mm	103H5205-0440	103H5205-0410	1.2	0.2(28.32)	0.036(0.20)	0.23(0.51)	68 Page
	103H5208-0440	103H5208-0410	1.2	0.3(42.48)	0.056(0.31)	0.29(0.64)	
	103H5209-0440	103H5209-0410	1.2	0.32(45.31)	0.062(0.34)	0.31(0.68)	
	103H5210-0440	103H5210-0410	1.2	0.37(52.39)	0.074(0.40)	0.37(0.82)	
50mm	103H6701-0440	103H6701-0410	2	0.28(38.6)	0.057(0.31)	0.35(0.77)	75 Page
	103H6703-0440	103H6703-0410	2	0.49(66.4)	0.118(0.65)	0.51(1.10)	
	103H6704-0440	103H6704-0410	2	0.52(73.6)	0.14(0.77)	0.51(1.10)	
56mm	103H7121-0440	103H7121-0410	2	0.39(55.2)	0.11(0.55)	0.47(1.04)	79 Page
	103H7123-0440	103H7123-0410	2	0.83(117.5)	0.21(1.15)	0.65(1.43)	
	103H7124-0440	103H7124-0410	2	0.98(138.8)	0.245(1.34)	0.81(1.78)	
	103H7126-0440	103H7126-0410	2	1.27(179.8)	0.36(1.97)	0.98(2.16)	
60mm	103H7821-0440	103H7821-0410	2	0.78(110.5)	0.275(1.50)	0.6(1.32)	87 Page
	103H7822-0440	103H7822-0410	2	1.17(165.7)	0.4(2.19)	0.77(1.70)	
	103H7823-0440	103H7823-0410	2	2.1(297.4)	0.84(4.59)	1.34(2.95)	
86mm	103H8221-0441	103H8221-0411	2	2.15(304.5)	1.45(7.93)	1.5(3.31)	91 Page
	103H8222-0441	103H8222-0411	2	4.13(584.8)	2.9(15.86)	2.5(5.51)	
	103H8223-0441	103H8223-0411	2	6.27(887.9)	4.4(24.05)	3.5(7.72)	

■ For information about the general specifications and dimensions of each stepping motor, refer to its page.

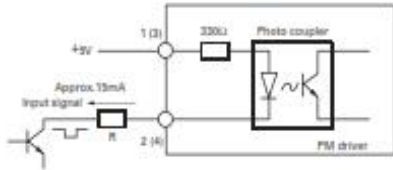
## Specifications of PM Driver

Item		PMM-MD-23120-10	
Basic specifications Environment	Input source	DC24V/36V±10%	
	Source current	3A	
	Rated current	2A/phase (Changeable to 1.2A/phase, refer to Page 40)	
	Operating ambient temperature	0~+50°C	
	Conservation temperature	-20~+70°C	
	Operating ambient humidity	35~85% RH (no condensation)	
	Conservation humidity	10~90% RH (no condensation)	
	Vibration resistance	4.9m/s <sup>2</sup> Frequency range 10~55Hz, Direction: along X, Y and Z axes, for 2 hours each.	
	Impact resistance	Considering the NDS-C-0110 standard section 3.2.2 division "C", not influenced.	
	Withstand voltage	Not influenced when AC500V is applied between power input terminal and cabinet for one minute.	
Insulation resistance	10MΩ MIN. measured with DC500V megohmmeter between input terminal and cabinet.		
Mass/Weight	0.6kg(1.32lbs)		
Function	Selection, setting function		
	Pulse input mode selection— DIP switches enables selection of Pulse and direction and 2-input mode. Resolution setting— Rotary switches enables 8 divisions ranging from 1~180 resolutions. Power down — External signal input enables to turn off the current that flows through the stepping motor. Automatic current down selection— Automatic current down function can be selected. Resolution selection— External signal input enables to select 2 resolutions. Driving current switch setting— The rotary switch enables to set driving current of the stepping motor from rated current to 0%.		
I/O signals	Signal Name (Event code)	Pin No. (CN3)	
	CW pulse Input signal (CW)	1	In the 2-input mode, inputs driving pulses to rotate in CW direction.
		2	
	(CK)		In the Pulse and direction mode, inputs driving pulse train to rotate the step motor rotation. Photo coupler input method, input resistance 330kΩ Input signal voltage: H = 4.0 to 5.5V, L = 0 to 0.5V Maximum input frequency 20kpulse/s
	CCW pulse Input signal (CCW)	3	In the 2-input mode, inputs driving pulses to rotate in CCW direction.
		4	
	(U/D)		In the Pulse and direction mode, inputs rotation direction signals to the stepping motor Internal photo coupler ON (CMOS type: "H" level) — CW direction Internal photo coupler OFF (CMOS type: "L" level) — CCW direction. Photo coupler input method, input resistance 330kΩ Input signal voltage: H = 4.0 to 5.5V, L = 0 to 0.5V Maximum input frequency 20kpulse/s
	Step angle setting selection input (S_SEL)	5	Input S_SEL signal to select step angle selection rotary switch (S_SEL). S_SEL input signal ON (Internal photo coupler ON) — SEL2 setting is enabled. S_SEL input signal OFF (Internal photo coupler OFF) — SEL1 setting is enabled. Photo coupler input method, input resistance 330kΩ Input signal voltage: H = 4.0 to 5.5V, L = 0 to 0.5V
6			
Power down input signal (PD)	7	Inputs PD signal to turn off the current that flows through the stepping motor. PD input signal ON (Internal photo coupler ON) — Power down function is enabled. PD input signal OFF (Internal photo coupler OFF) — Power down function is disabled. Photo coupler input method, input resistance 330kΩ	
	8		



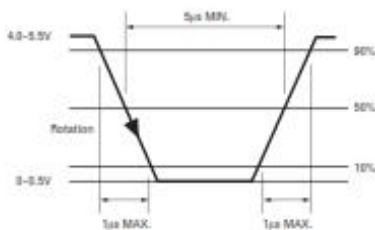
## Operation, Connection, and Function

### ● Input circuit configuration (CW, CCW)



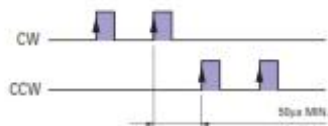
- Pulse duty 50% MAX.
- When the crest value of the input signal is 5V, the external limit resistance R must be 0Ω. When the crest value of the input signal exceeds 5V, use the external limit resistance R to limit the input current to approximately 15mA.

### Input signal specifications



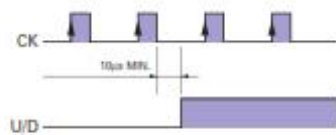
### Timing of command pulse

- 2-input mode (CW, CCW)



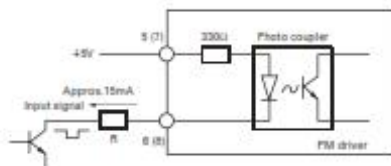
- The internal photo coupler turns ON within the    and, at its rising edge to ON, the internal circuit (stepping motor) is activated.
- When applying the pulse to CW, turn OFF the CCW side internal photo coupler.
- When applying the pulse to CCW, turn OFF the CW side internal photo coupler.

- Pulse and direction mode (CK, U/D)



- The internal photo coupler turns ON within the    and, at the rising edge to ON of the CK photo coupler, the internal circuit (stepping motor) is activated.
- Switching the input signal U/D shall be performed while the internal photo coupler on the CK side is OFF.

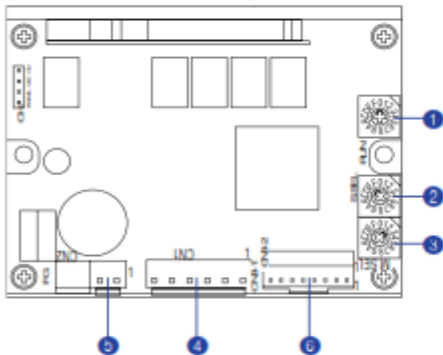
### ● Input circuit configuration (PD, S, SEL)



- When the crest value of the input signal is 5V, the external limit resistance R must be 0Ω. When the crest value of the input signal exceeds 5V, use the external limit resistance R to limit the input current to approximately 15mA.

## Operation, Connection, and Function

### PM driver component names



#### 1 Operation-current selection rotary switch (RUN)

Enable to select operating current value to stepping motor.

Dial	0	1	2	3	4	5	6	7
Stepping motor current (A/phase)	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6
Dial	8	9	A	B	C	D	E	F
Stepping motor current (A/phase)	0	0	0	0	0	0	0	0

• Factory setting is "0".

#### 2 Stepping angle selection rotary switch (S.SEL)

Enable to select standard step angle of stepping motor for 8 divisions ranging from 1~180 resolutions.

Dial		0	1	2	3	4	5	6	7
Division	SEL1	1	2	5	10	20	40	80	180
	SEL2	1	1	1	1	1	1	1	1
Dial		8	9	A	B	C	D	E	F
Division	SEL1	1	2	5	10	20	40	80	180
	SEL2	2	2	2	2	2	2	2	2

• Factory setting is "E".

#### 3 Mode selection rotary switch (M.SEL)

Enable to select every mode

Dial		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
Pulse input	2 input	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Pulse and direction	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Automatic current down	OFF	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	ON	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Low vibration method	OFF	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	ON	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

• Factory setting is "2".

• Enable at

• When low vibration is selected at 8~F, S.SEL setting is ignored and operate at low vibration mode of 1 division.

#### 4 Connector (CN1)

Connect motor power wire.

#### 5 Connector (CN2)

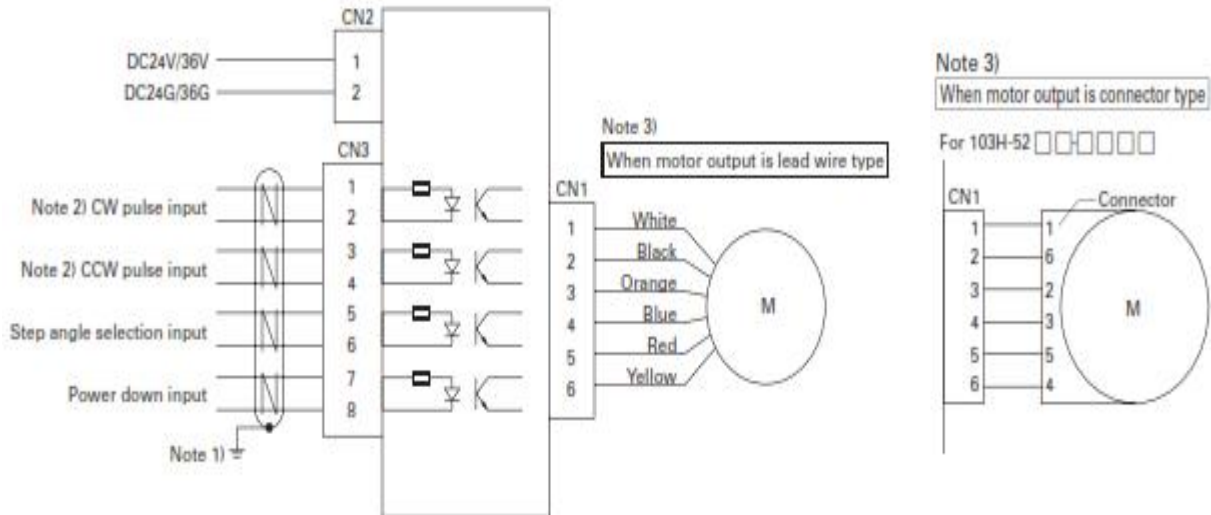
Connect DC power wire.

#### 6 Connector (CN3)

Connect I/O wire.

## Operation, Connection, and Function

### ● External wiring diagram



Note 1) Use twist pair shielded cables.

Note 2) Selection is possible between "2-input mode (CW pulse, CCW pulse)" and "Pulse and direction mode (CW, C/D)" by the mode selection rotary switch

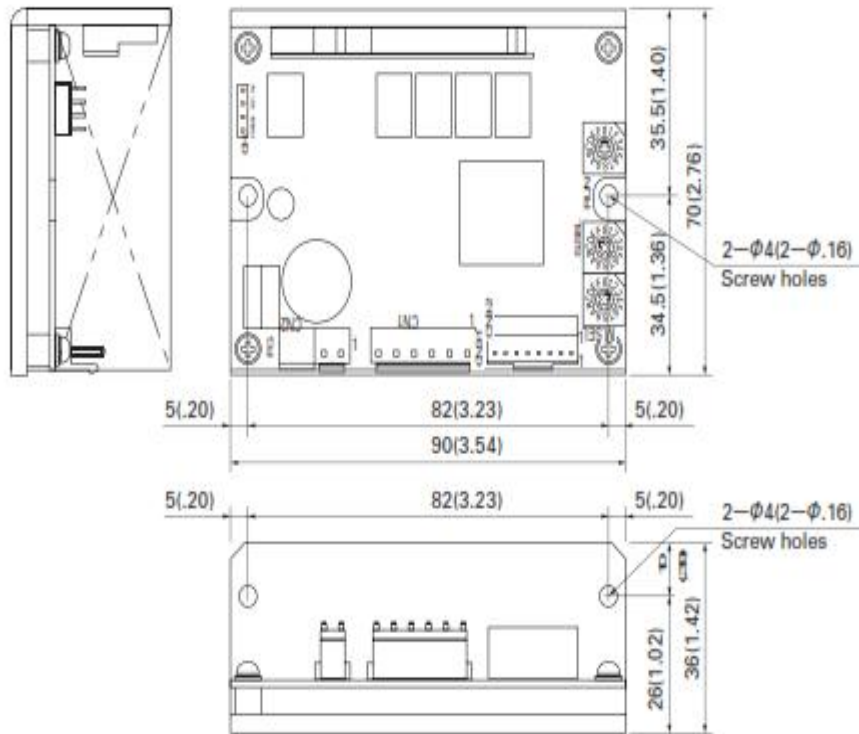
Note 3) Motor output of stepping motor models 103H52 □□ is connector type. Motor side pin number and driver side connector (CN1) pin number is not match. So please be careful when connecting.

### ● Connectors used

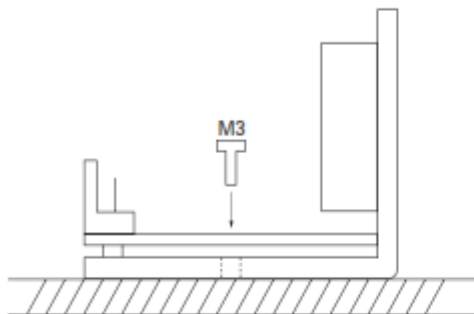
Driver side		Corresponding connector model number	Maker
Use for	Model No.		
Stepping motor (CN1)	B6P-VH	Applicable housing: VHR-6N Applicable contact: BVH-21T-P1.1	J.S.T. MFG. CO., LTD
DC Power source (CN2)	B2P-VH	Applicable housing: VHR-2N Applicable contact: BVH-21T-P1.1	J.S.T. MFG. CO., LTD
I/O signal (CN3)	IL-8P-S3 EN2-1	Applicable housing: IL-8S-S3L-(N) Applicable contact: IL-C2-1-10000	Japan Aviation Electronics Industry,Ltd

• For the applicable connector, the client is requested to procure or place orders with us from the optional connector sets or the connector cables we offer (Refer to the page 55).

## Dimensions (Unit:mm[inch])



## Mounting direction and mounting position



- Install the PM driver vertically.
- As shown in the figure, fix the PM driver by using the M3 screws through two fitting holes (2-φ 4) on the bottom surface of PM driver(no fitting metals are necessary).

## Caractéristiques des vérins

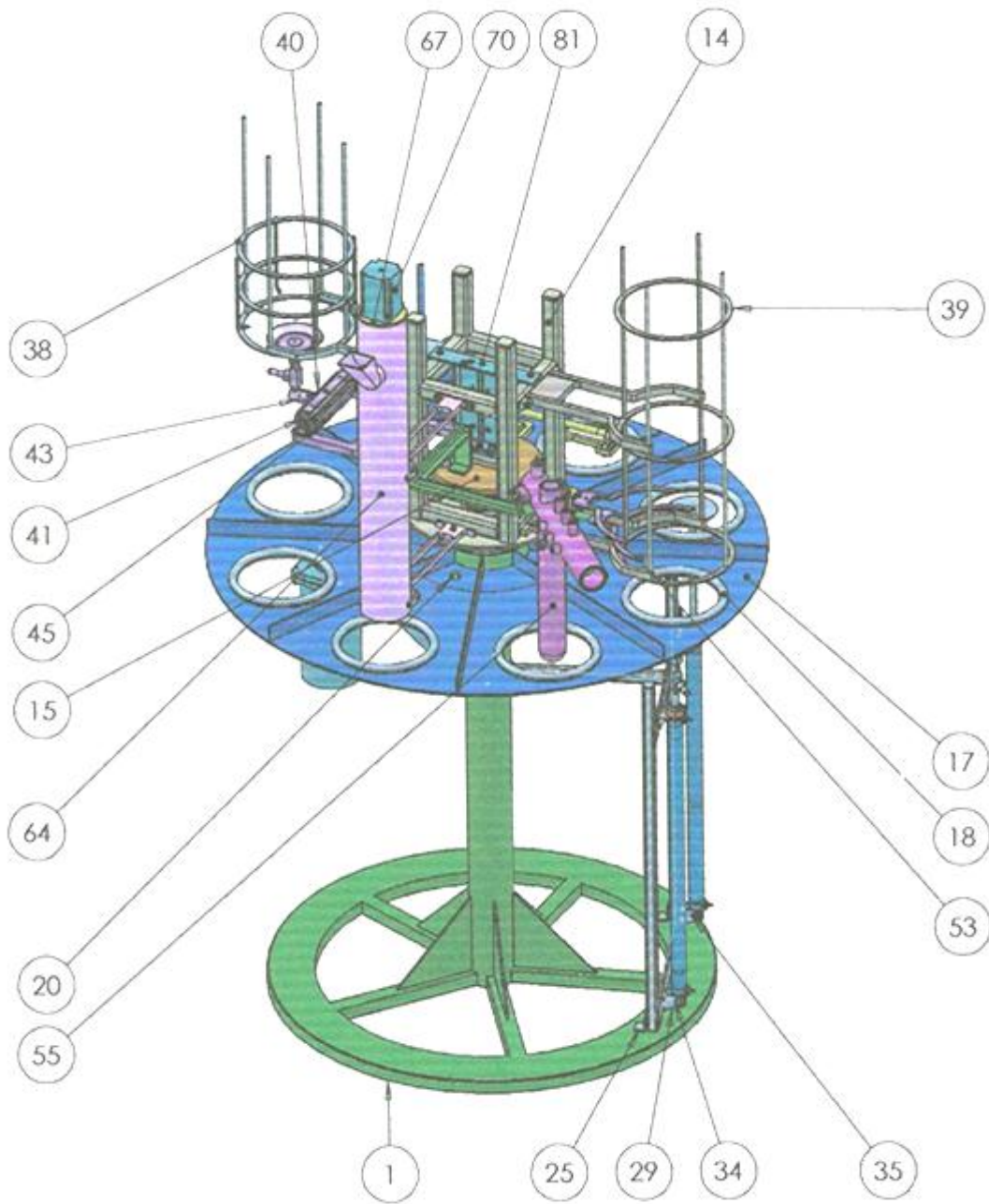
Pièce	code	Section alésage [mm <sup>2</sup> ]	Section annulaire [mm <sup>2</sup> ]	Section de la tige [mm <sup>2</sup> ]	Direction d'action	Force [N]	Pression de service [bar]	Temps de réaction [s]	Course [mm]	volume [mm <sup>3</sup> ]	Débit d'air [cm <sup>3</sup> /s]	Réduction %
Vérin Secteur1	160883	490.625	412.125	78.5	haut bas	1 20	0.0 0.5	1 1	200	98125	98.1 98.1	18.9 18.9
espaceur de piece secteur1	529351	216.3146	89.702	126.61265	devant derriere	120	5.5	0.5 0.5	20	4326.29	8.7	1.7
actionneur secteur5	35201	200.96				52.6	2.6	0.5 0.5	100	20096	40.2	7.8
Générateur de vide Sect 1-5							1.5					
Vérin H secteur8	160880	113.04	84.78	28.26	devant arriere	20 0	1.8 0.0	1 1	200	22608	22.6 22.6	4.4 23.0
Vérin V secteur8	160883	490.625	412.125	78.5	haut bas	1 20	0.0 0.5	1 1	200	98125	98.1 98.1	18.9 6.1
Vérin V secteur0	170846	314	235.5	78.5	haut bas	160 160	6.8 5.1	1 1	100 100	31400	31.4	99.7
maximum							6.8				518.0 31.1	cm <sup>3</sup> /s l/min



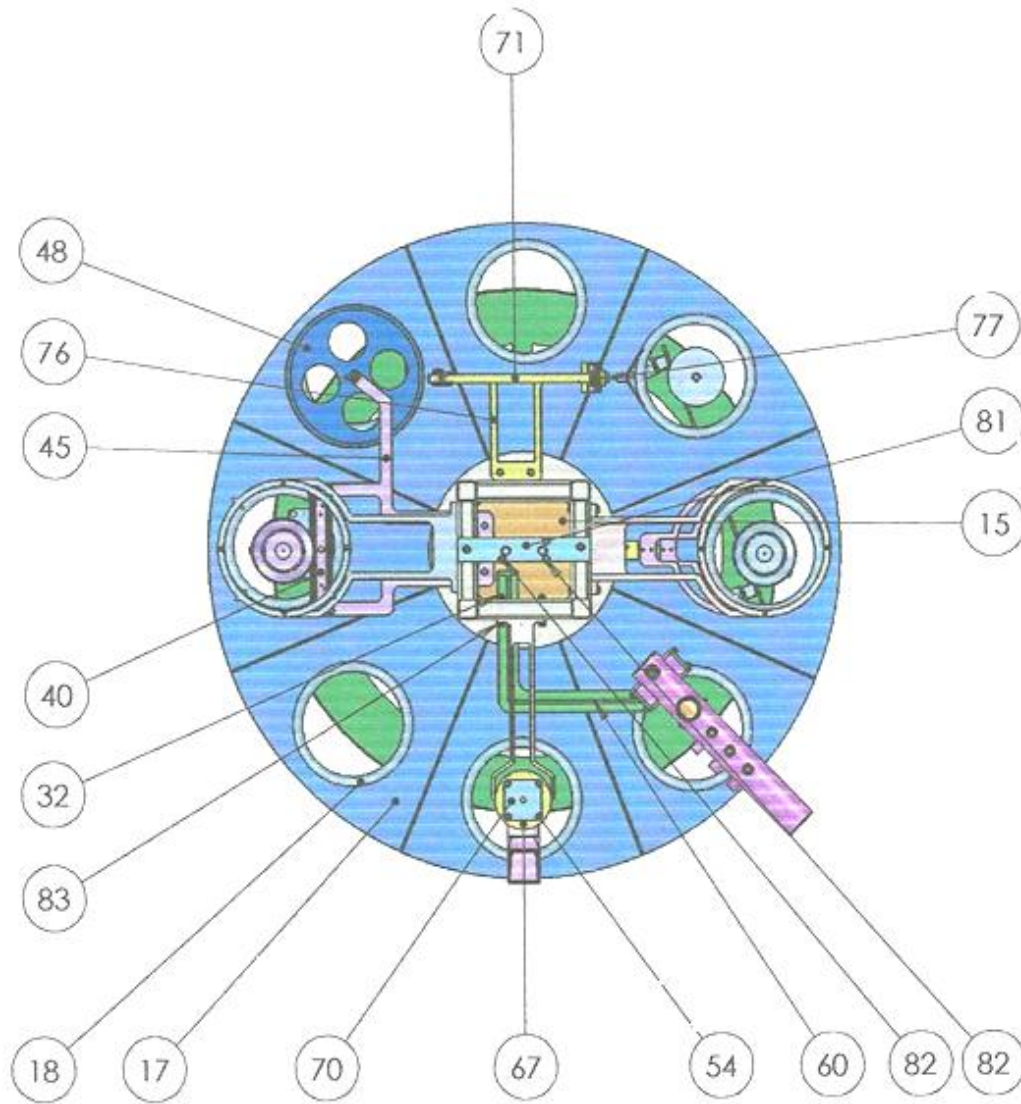
ITEM NO.	PART NAME	QTY.
1	axe verticale	1
2	bearing holder	1
3	grande poulie	1
4	SKF - 7216 BE - 14,DE,AC,14_68	2
5	motor holder	1
6	motor body	1
7	ISO 4016 - M5 x 30 x 16-WN	4
8	Hexagon Flange Nut ISO - 4161 - M5 - N	4
9	Washer ISO 7089 - 5	4
10	shaft	1
11	Small pulley	1
12	Key 5*5	1
13	B18.3.6M - M3 x 0.5 x 4 Hex Socket Type I Cup Pt. SS --C	3
14	Tools holder structure	1
15	Tools holder plate	1
16	Main plate holder	1
17	Cup holder	1
18	cup alignement	8
19	ecrou	1
20	B18.2.3.9M - Heavy hex flange screw, M5 x 0.8 x 8 --8C	18
21	B18.2.2.4M - Hex flange nut, M5 x 0.8 --N	30
22	Jack's rod	2
23	Sucton cup holder	2
24	suction cup	2
25	main structure jack	1
26	Hex nut M22*2.5	2
27	Jack's bore	2
28	nipple	4
29	down jack clevis mounting	2
30	up mounting	2
31	Bottom structure assembly	1
32	B18.2.3.2M - Formed hex screw, M5 x 0.8 x 25 --25WN	26
33	B18.21.2M-External Tooth Lock Washers AM5	22
34	Clevis Pin ISO 2341 - B - 6 x 24x 1.6 - St	3
35	Washer ISO 7090 - 5	5
36	ISO 1234-2x10-F	3
37	right jack plate	1
38	Lid feeder	1
39	Cup feeder	1
40	Semi rotary drive body	1
41	Mounting for rotary drive	2
42	spacing ring	2



43	Adapter	1
44	ISO 4762 M2.5 x 12 --- 12S	4
45	holder for semi rotary drive	1
46	suction holder	1
47	ISO 7380 - M4 x 8 --- 8C	1
48	cup heater	1
49	Part espacer body	1
50	Part espacer bushing	2
51	Part espacer rod	2
52	Part espacer cylinder mount	2
53	Part espacer hand	2
54	B18.6.7M - M5 x 0.8 x 16 Indented HFMS --16N	12
55	Injector body	1
56	Drawer	1
57	Joint	2
58	Adjustment screw	1
59	Spring	1
60	Injector holder	1
61	Adjustment screw without hole	1
62	Nipple pneumatic connection	1
63	ecrou 70	1
64	Granule spray body	1
65	Granule spray axe	1
66	Plate doser	1
67	motor base	1
68	motor axe	1
69	Coupling	1
70	motor body	1
71	H,Jaci's bore of sect8	1
72	Nipple	2
73	foot mount set8,H	1
74	top mount set8,H	1
75	B18.2.4.5M - Hex jam nut, M16 x 2 --D-N	1
76	holder for jack sect8,H	1
77	Jack's rod of sect8,H	1
78	cup push hand	1
79	Guided jack's rod	1
80	Guided jack's bore	1
81	Mount plate for guided jack	1
82	B18.2.3.4M - Hex flange screw, M5 x 0.8 x 8 --8C	3
83	B18.2.2M - Plain washer, 5 mm, narrow	8
84	Belt size L step 3/8"	1
85	ISO 8747-M2.5x10-St	1

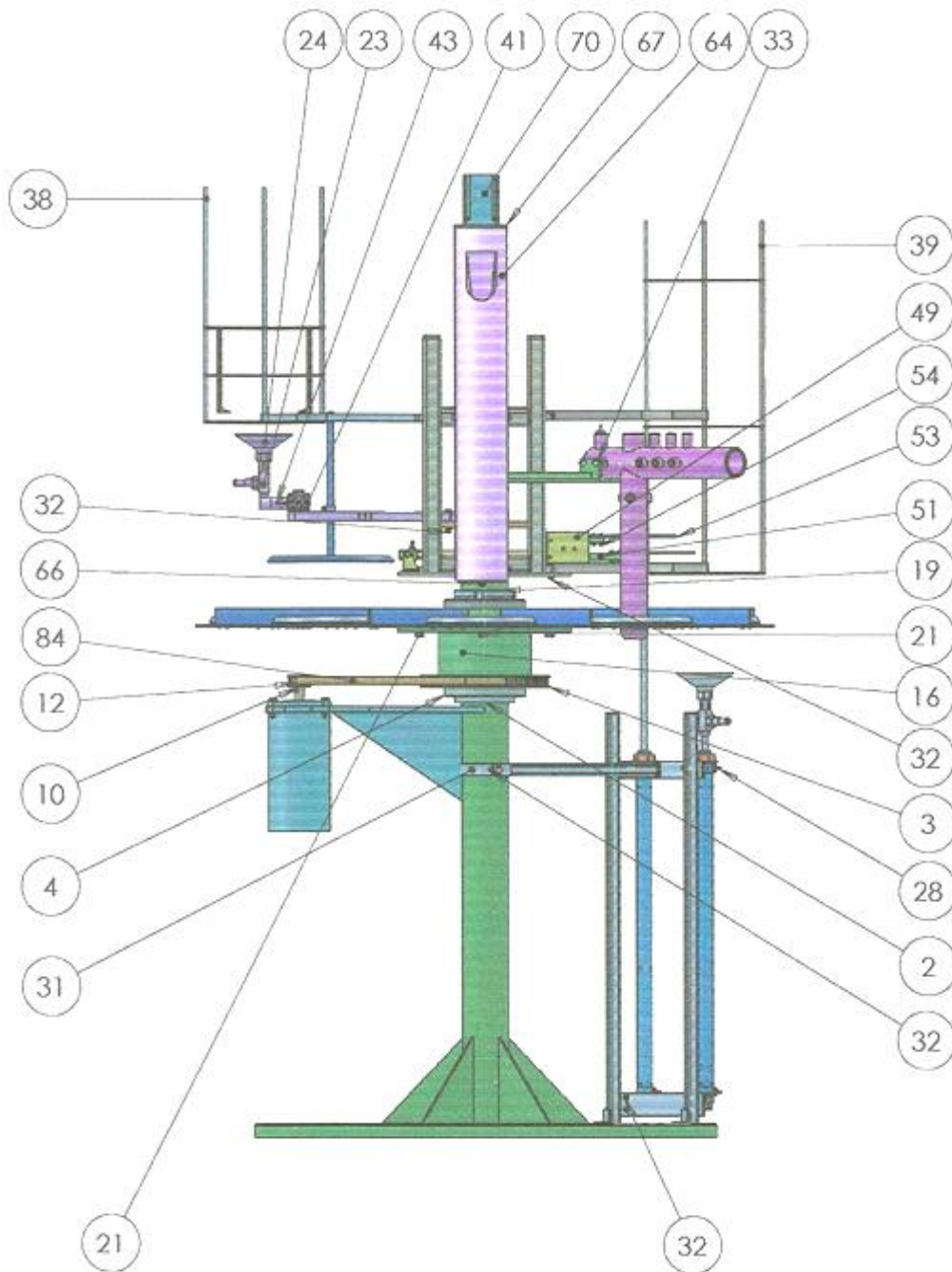


Isometric view  
for assembly model

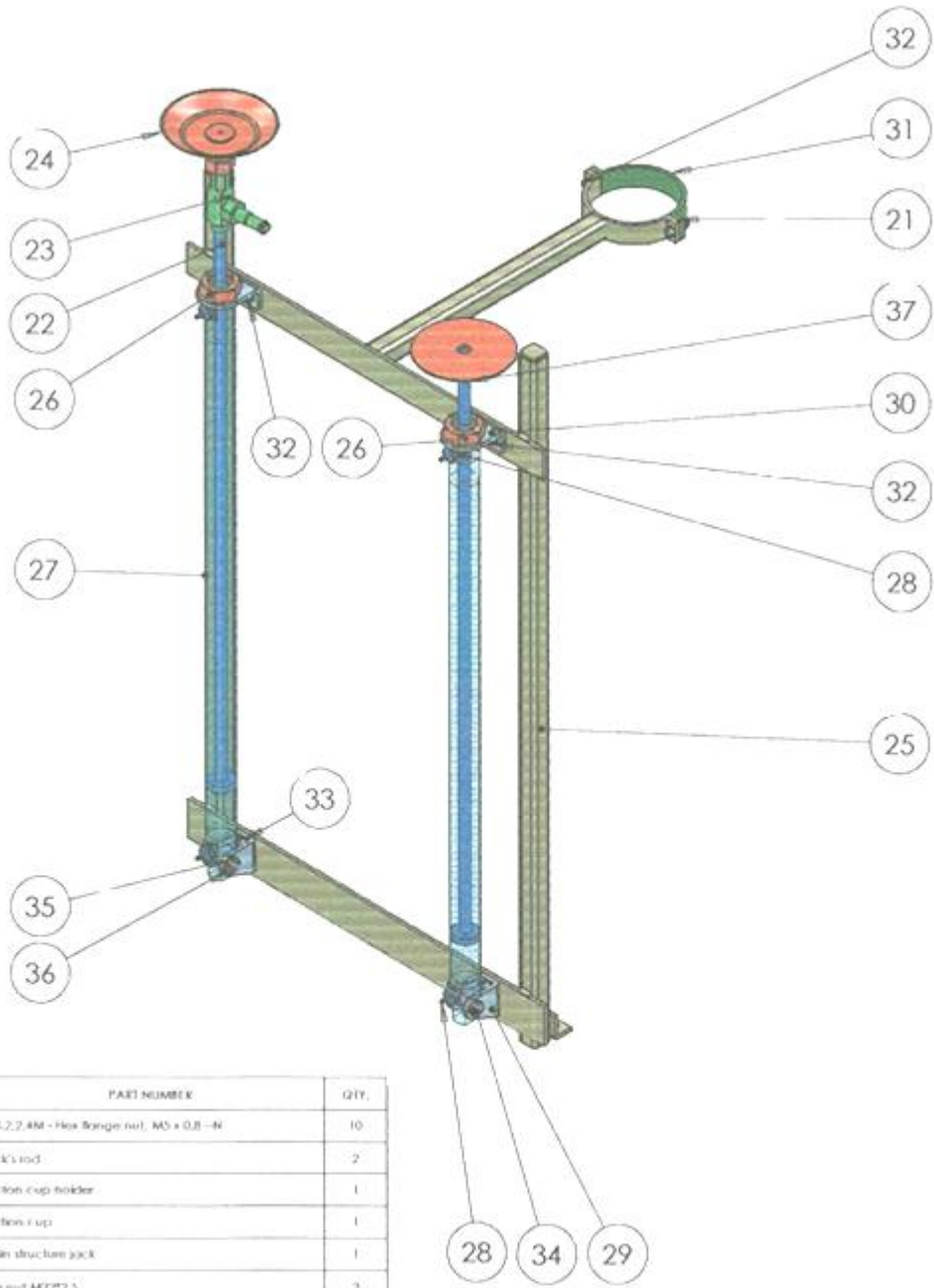


Top View of the model





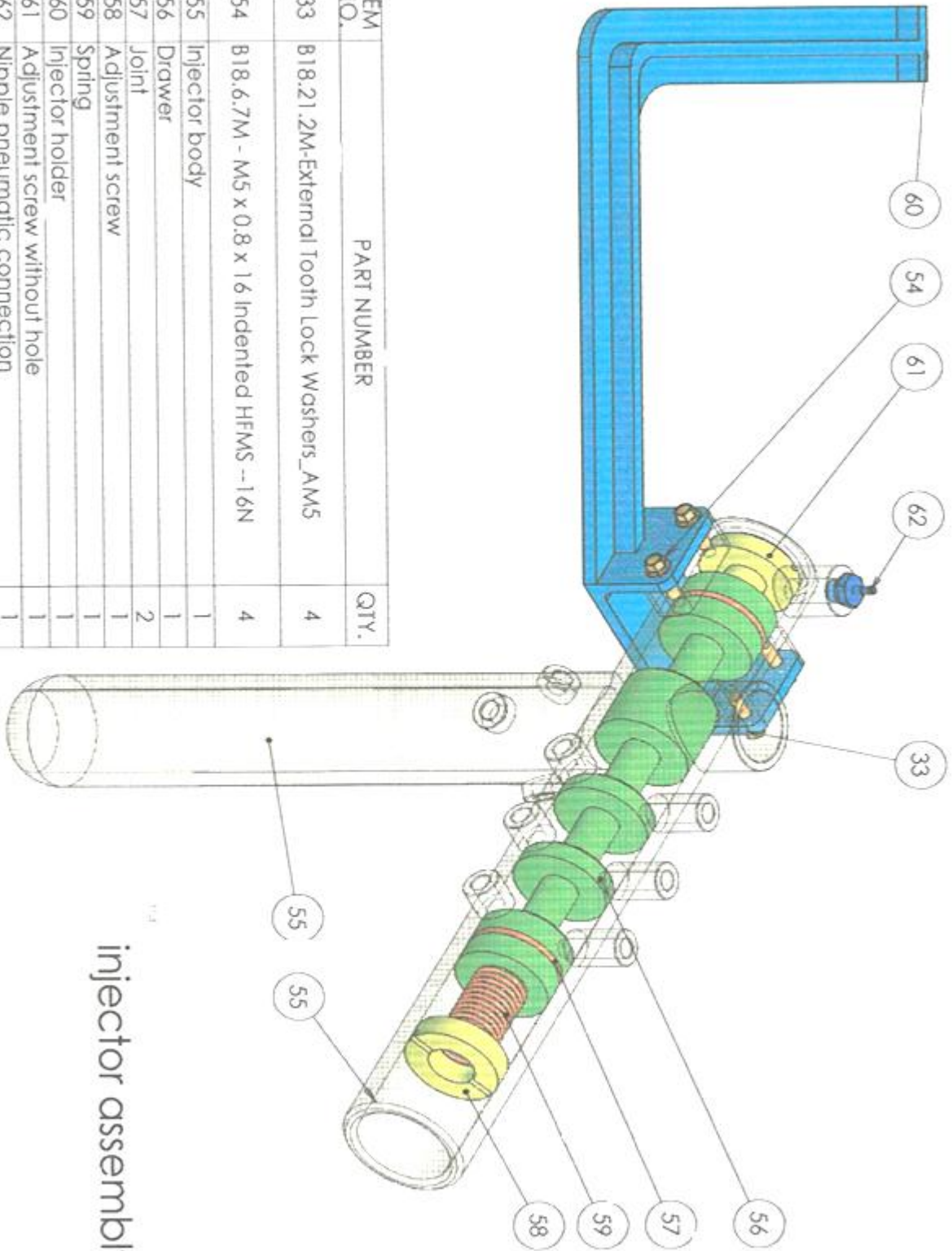
Front View of the model



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
21	Ø18,2,2,4M - Hex flange nut, M5 x 0,8 - H	10
22	jack's rod	2
23	Section cup holder	1
24	nut flon / up	1
25	main structure jack	1
26	Hex nut M27x2,5	2
27	jack's beam	2
28	nipple	4
29	down jack clevis mounting	2
30	up mounting	2
31	bottom structure assembly	1
32	Ø18,2,3,2M - Torx Hex Screw, M5 x 0,8 x 20 - 20WH	10
33	Ø18,21,2M External Tooth Lock Washers, AMS	10
34	Clevis Pin E.O 2341 - 8 - B x 33x 2 - 31	2
35	Washer E.O 7090 - 8	2
36	E.O 1234 - 2x10T	2
37	right jack plate	1

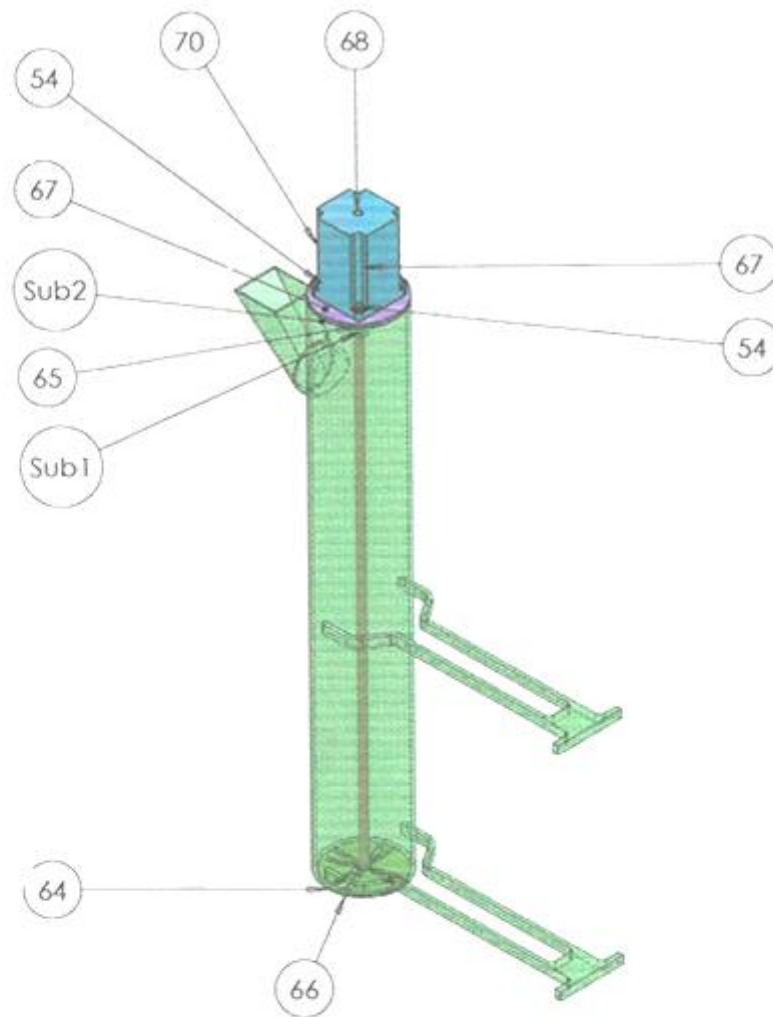
## Jacks assembly S1,8

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
33	B18.21.2M-External Tooth Lock Washers_AM5	4
54	B18.6.7M - M5 x 0.8 x 16 Indented HFMS --16N	4
55	Injector body	1
56	Drawer	1
57	Joint	2
58	Adjustment screw	1
59	Spring	1
60	Injector holder	1
61	Adjustment screw without hole	1
62	Nipple pneumatic connection	1



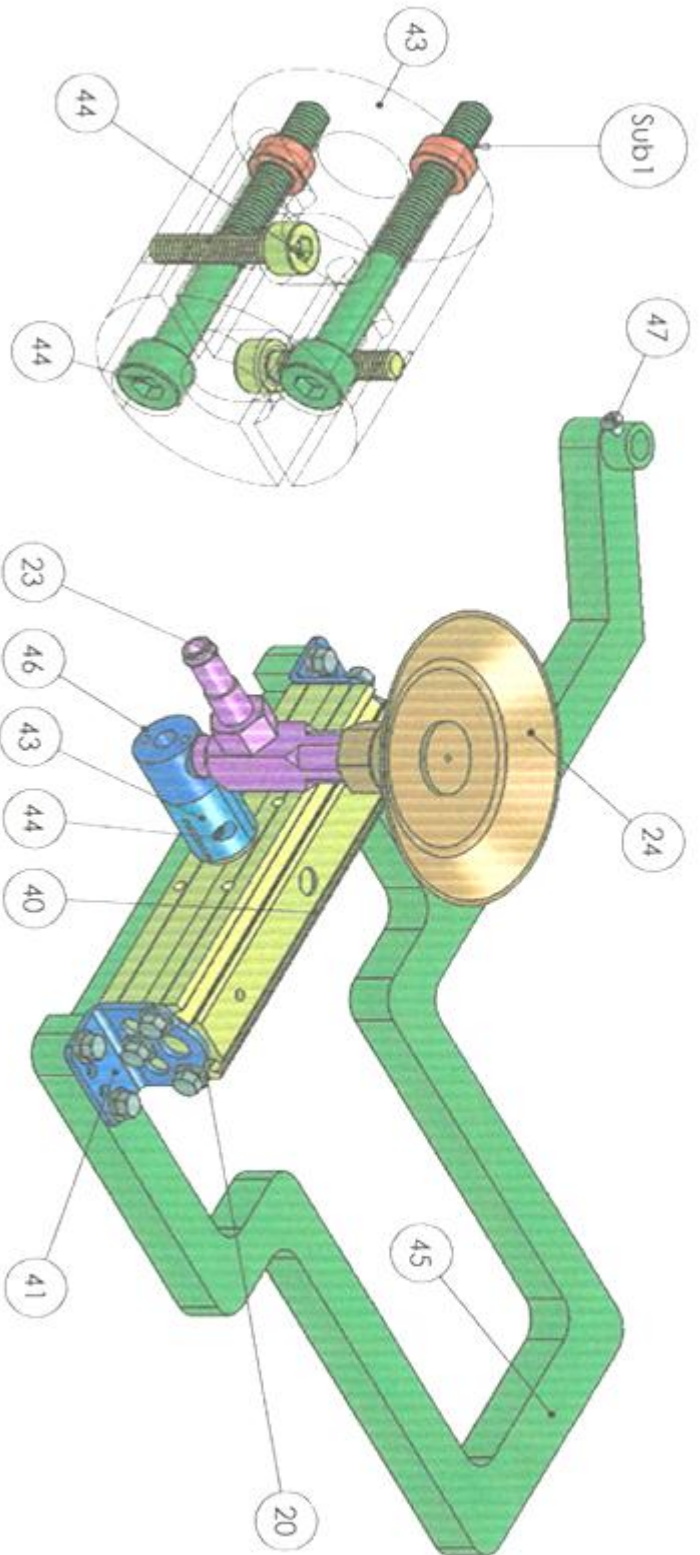
injector assembly





ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
54	B18.6.7M - M5 x 0.8 x 16 Indented HFMS --16N	4
64	Granule spray body	1
65	Granule spray axe	1
66	Plate doser	1
67	motor base	1
68	motor axe	1
69	Coupling	1
70	motor body	1
Sub1	B18.3.6M - M3 x 0.5 x 4 Hex Socket Type I Cup Pt. SS -C	2
Sub2	ISO 8747-M2.5x10-St	1

Granule feeder assembly

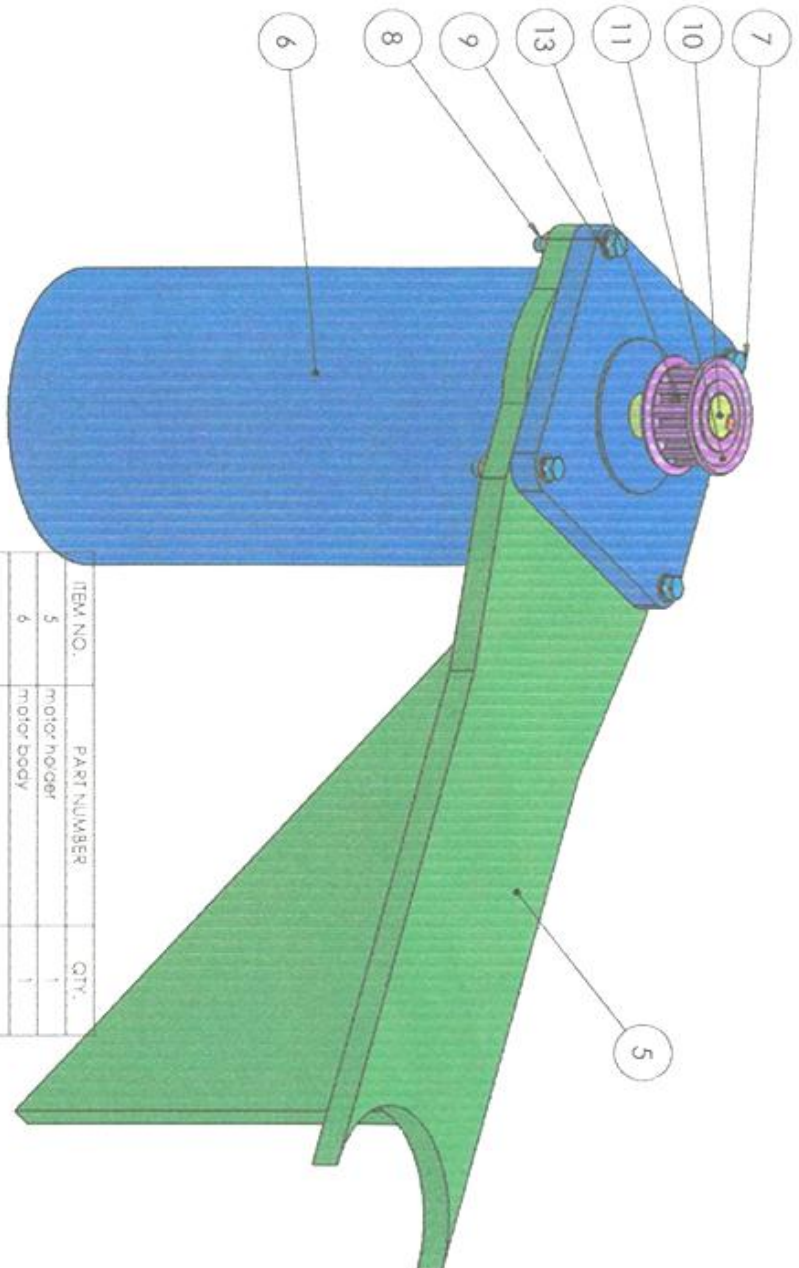


ITEM NO	PART NUMBER	QTY
20	816.7.3.9M - heavy hex flange screw, M5 x 0.8 x 8 -8C	10
23	Suction cup holder	1
24	suction cup	1
40	Semi rotary drive body	1
41	Mounting for rotary drive	2
42	Spooling ring	2
43	Assemble	1
44	SO 4262 M2.5 x 12 - 12C	4
45	holder for semi rotary drive	1
46	suction holder	1
47	SO 2360 - M4 x 8 - 8C	1

ITEM NO	PART NUMBER	QTY
Sub1	spooling ring	2

## Assembly of the semi rotary drive

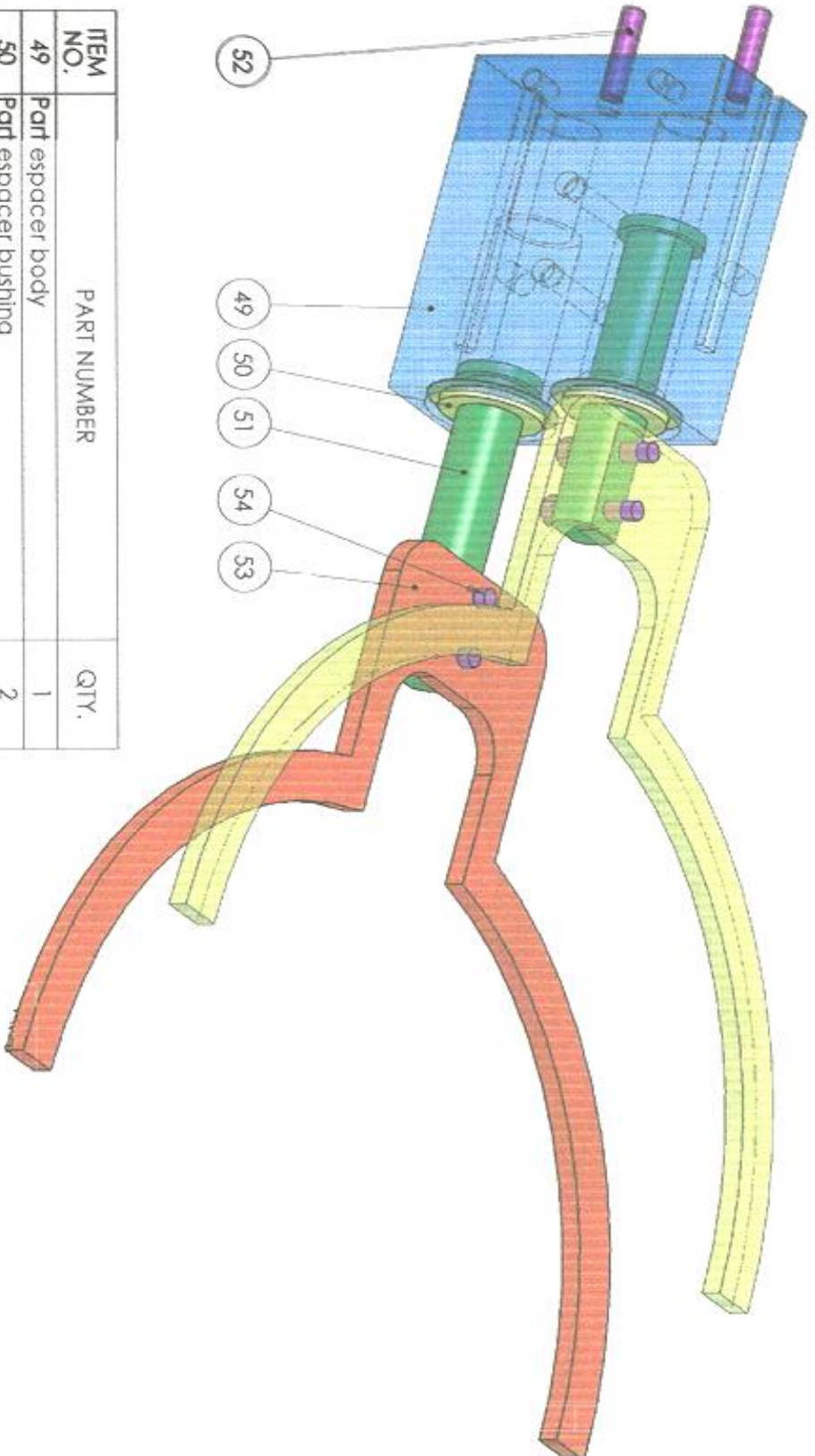




ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
5	motor holder	1
6	motor body	1
7	ISO 4016 - M5 x 30 x 16-WIN	4
8	Hexagon Forge Nut ISO - 4161 - M5 - N	4
9	Washer ISO 7089 - 5	4
10	pin	1
11	Small pulley	1
12	key 5x5	1
13	318.3.6M - M4 x 0.7 x 8 Hex Socket Type I Cup Pin SS - N	1

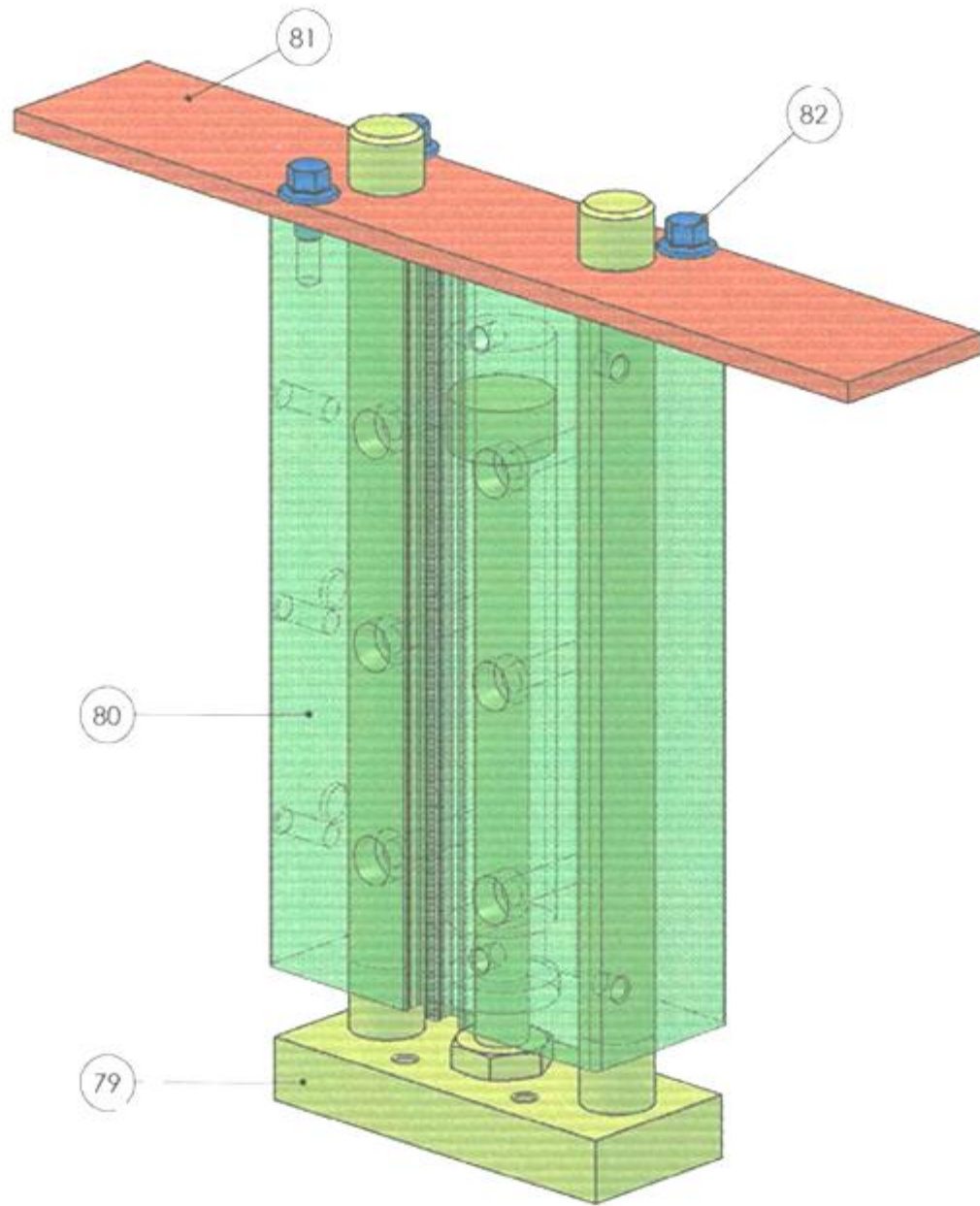
Assembly of stepper





ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
49	Part spacer body	1
50	Part spacer bushing	2
51	Part spacer rod	2
52	Part spacer cylinder mount	2
53	Part spacer hand	2
54	B18.6.7M - M4 x 0.7 x 16 Indented HFMS --16C	4

Part spacer assembly



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
79	Guided jack's rod	1
80	Guided jack's bore	1
81	Mount plate for guided jack	1
82	B18.2.3.4M - Hex flange screw, M3 x 0.8 x 8 -BC	3

17/11  
Guided jack assembly



