

INDEX

	(PAGE)
SOUFFLETS MÉTALLIQUES ÉLECTRODÉPOSÉS SERVOMETER	2
APPLICATIONS TYPIQUES POUR LES SOUFFLETS ÉLECTRODÉPOSÉS	3
SECTION I - CONCEPTION D'UN SOUFFLET	
LA CONCEPTION D'UN SOUFFLET	4
TYPES D'EXTRÉMITÉS DES SOUFFLETS	4
MODE D'UTILISATION DU TABLEAU	4
SOUFFLETS SERVOMETER TENUS EN STOCK	5
TABLEAU DES CARACTÉRISTIQUES DES ONDULATIONS	5
SECTION II - CARACTERISTIQUES DES SOUFFLETS SERVOMETER	
TOLÉRANCES	6
LIMITES DE CONCEPTION	6
MATIÈRE	6
ÉTATS DE SURFACE	6
ÉTANCHÉITÉ	6
TOLÉRANCES À L'ENVIRONNEMENT	6
ASSEMBLAGE DU SOUFFLET ET DES EMBOUTS	7
SOUFFLETS SPÉCIAUX	7
SOUFFLETS À HAUTE COMPRESSIBILITÉ	7
SOUFFLETS À ÉPAISSEURS MULTIPLES	7
SOUFFLETS PRÉ-COMPRIMÉS	7
SECTION III - CONCEPTION MATHÉMATIQUE DES SOUFFLETS	
LÉGENDE DES SYMBOLES UTILISÉS	8
PRESSION	8
COURSE AUTORISÉE	8
CALCUL DE LA COMBINAISON COURSE & PRESSION	8
DURÉE DE VIE	8
COMBINAISON PRESSION & DURÉE DE VIE	8
RAIDEUR	8
SURFACE EFFECTIVE	9
PRESSION CRITIQUE DE FLAMBAGE	9
CAPACITÉ DE FLÉCHISSEMENT EN ARC	9
DÉSALIGNEMENT PARALLÈLE	9
FLÉCHISSAGE	9
MASSE LINÉAIRE	9
RÉSONANCE DES FRÉQUENCES DE VIBRATION	9
ELECTROFORMS SERVOMETER	
CONSIDÉRATIONS DE CONCEPTION	11
AVANTAGE	11
MATIÈRES ET PROPRIÉTÉS	11
LIMITES DE TAILLE	11

INTRODUCTION

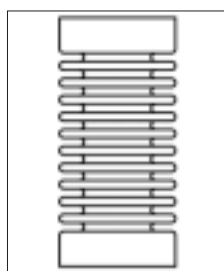
SOUFFLETS EN MÉTAL ÉLECTRODÉPOSÉ **SERVOMETER**

Il existe cinq types principaux de soufflets métalliques : roulés, hydroformés, soudés, déposés chimiquement et électrodéposés. Les soufflets électrodéposés sont obtenus : par le tournage ou décolletage d'un mandrin suivant la géométrie intérieure du soufflet, électrodéposition de l'épaisseur adéquate d'un métal à haute rigidité, mise en forme des extrémités puis dissolution du mandrin.

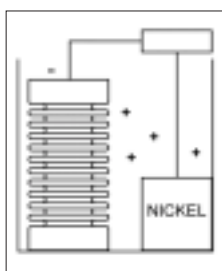
SERVOMETER est le premier fabricant de soufflets électrodéposés. Comparativement aux autres types de soufflets, ils présentent les avantages suivants :

- L'épaisseur de paroi peut être la plus fine (jusqu'à 8/1000 mm), les destinant tout particulièrement aux applications instrumentales très précises requérant une très grande sensibilité. Ils peuvent présenter d'importantes déformations sous l'action de forces minimales. Ils peuvent être jusqu'à 25 fois plus flexibles que les soufflets hydroformés de la même gamme de taille. **SERVOMETER** fabrique des soufflets qui peuvent être comprimés avec une force de 4 grammes seulement.
- Ce sont les soufflets les plus flexibles. Ils offrent de superbes performances dans les applications telles que les joints d'étanchéité pour interrupteurs et disjoncteurs et autres instruments.
- Leur course peut atteindre 60% de la longueur effective en extension et combinée à un plus grand rapport diamètre intérieur/diamètre extérieur, ils présentent une capacité de déplacement en volume égale ou supérieure à la plupart des autres types de soufflets.
- Ils ont une durée de vie de 100.000 cycles et peuvent être conçus pour des durées de vie infinies.
- Ils sont sans soudures et non poreux. Aucune poussière, saleté ou moisissure ne peut pénétrer causant ainsi des dommages dans les applications critiques.
- De plus, chaque soufflet **SERVOMETER** subit un test d'étanchéité à 10^{-9} cc/sec au spectromètre de masse à hélium.
- Ils peuvent être fabriqués dans des tailles plus réduites que par n'importe quel autre procédé, répondant aux nombreuses applications de pointe nécessitant des soufflets miniaturisés. Les soufflets **SERVOMETER** peuvent être réalisés jusqu'à un diamètre extérieur de 9/10 mm tout en conservant sensibilité et flexibilité. Alors que les autres types de soufflets d'un diamètre extérieur inférieur à 6,35 mm sont raides et inutilisables dans la plupart des applications.
- Pour la majorité des soufflets, il n'y a pas de frais d'outillage réduisant ainsi les quantités économiques de fabrication.

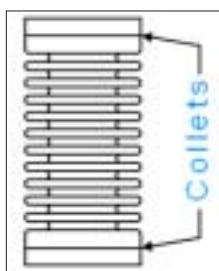
ELECTRODEPOSITION - L'autre façon de procéder.



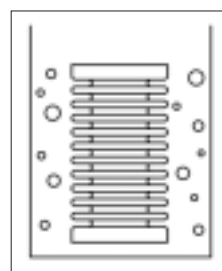
Usinage des mandrins en aluminium



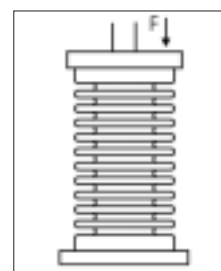
Electrodéposition



Découpe des collets



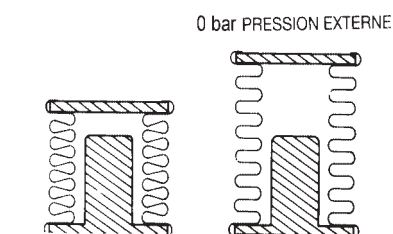
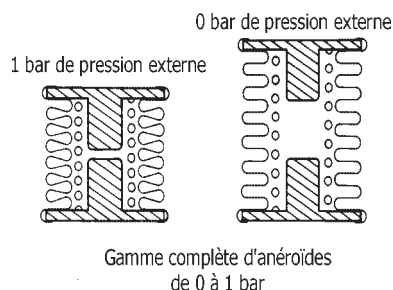
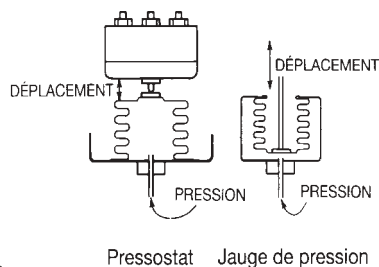
Dissolution chimique du mandrin



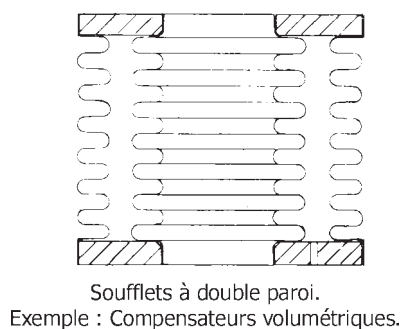
Test de raideur de 100% de la production

APPLICATIONS TYPIQUES POUR LES SOUFFLETS ÉLECTRODÉPOSÉS

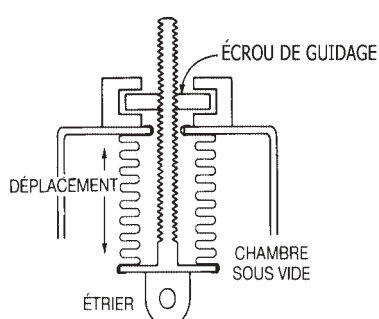
COMPOSANTS DE CONTRÔLE ET DE RÉGULATION DE PRESSION



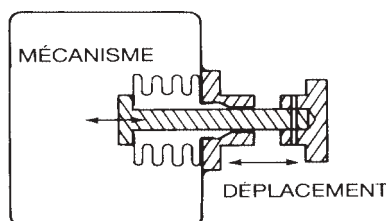
Les anéroïdes courts sont prévus pour un fonctionnement de 0 à une faible valeur de fraction d'une atmosphère.



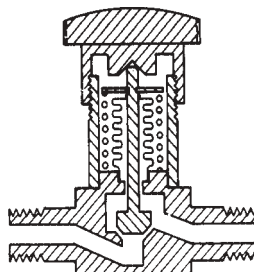
JOINTS MÉTALLIQUES D'ÉTANCHÉITÉ POUR MÉCANISME EN BOÎTIERS ÉTANCHE



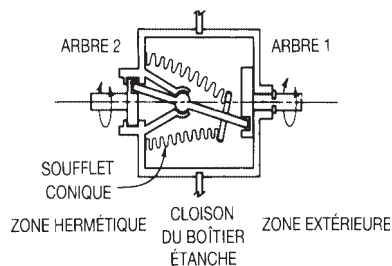
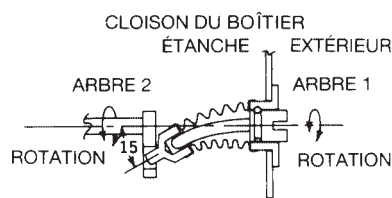
Manipulateurs sous vide de laboratoires



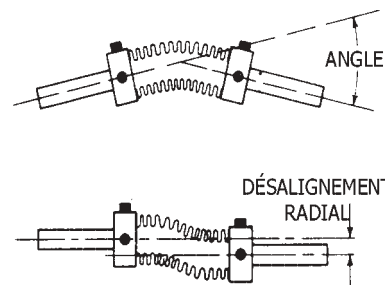
Disjoncteur électrique
Interrupteur à poussoir



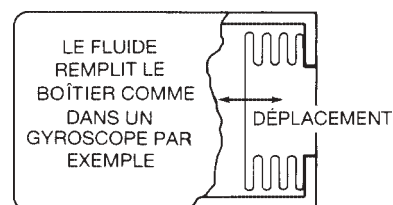
La valve soudée au soufflet est totalement étanche à la pression et au vide



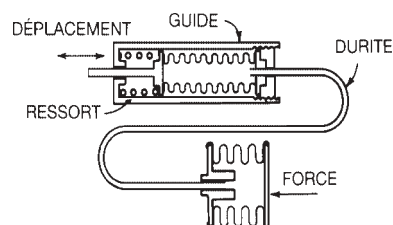
ACCOUPLLEMENTS FLEXIBLES



COMPENSATION D'UNE EXPANSION DE FLUIDE PAR UN SOUFFLET



MULTIPLICATEUR HYDRAULIQUE ET/OU TRANSMETTEUR A DISTANCE



Quelques autres applications

- Un soufflet va permettre d'isoler les vibrations dans la liaison d'un mécanisme et d'un appareil sensible.
- Un ensemble thermostatique est obtenu avec un ensemble soufflet, durite et poire de contrôle, rempli de liquide.
- Une dilatation thermique dans une liaison métallique peut être compensée par l'insertion d'un soufflet.
- Un soufflet miniature plaqué or assure le meilleur contact ressort dans les ensembles d'électronique à micro-ondes.
- La miniaturisation de satellites ou équipements expérimentaux est possible avec les soufflets SERVOMETER pour des diamètres extérieurs minimaux jusqu'à 0,5mm

LA CONCEPTION D'UN SOUFFLET

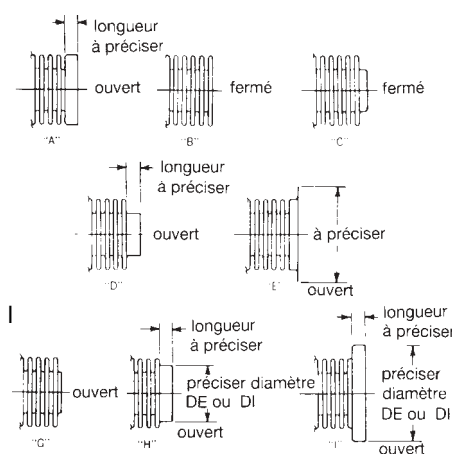
Vous pouvez déterminer les caractéristiques de votre soufflet en répondant aux onze questions suivantes:

1. Flexibilité requise du soufflet : préciser l'extension, la compression, le cintrage, la torsion, le désalignement parallèle, le couple et la vitesse de rotation. Merci de nous fournir un schéma ou un croquis des éléments à assembler et des extrémités à accoupler. Ces éléments sont très importants pour nous permettre de concevoir des ensembles fiables.
2. Préciser le taux de compression, d'extension et de flexibilité en millimètres et en degrés, ou indiquer les valeurs sur un diagramme (valeurs limites).
3. Préciser la différence de pression maximum instantanée entre l'intérieur et l'extérieur du soufflet. Indiquer également si la pression maximum est appliquée à l'intérieur ou à l'extérieur du soufflet.
4. Préciser si des butées rigides vont limiter le soufflet à l'extension ou à la compression à une force donnée ou si le soufflet devra supporter une pression sans butées. Ceci est très important car un soufflet avec butées affichera de bien meilleures performances.
5. Indiquer la raideur en N/mm ou, inversement, indiquer la force nécessaire pour obtenir la flexibilité souhaitée.
6. Indiquer la durée de vie utile du soufflet, exprimée en nombre de cycles en définissant la valeur d'un cycle.
7. Indiquer les températures extrêmes d'utilisation, basses et hautes.
8. Préciser la nature corrosive du milieu.
9. Préciser la méthode de fixation des embouts à chaque extrémité du soufflet : soudure, brasure, cimentation ou collage.
10. Indiquer les vibrations ou chocs que devra supporter le soufflet.
11. Préciser les types et longueurs des extrémités. Se référer au tableau «Types d'extrémités des soufflets».

Après avoir fourni les informations demandées dans les onze points ci-dessus, retourner le tout à SERVOMETER. Nos ingénieurs se chargeront de concevoir un soufflet conforme à votre demande.

Si vous préférez sélectionner rapidement votre soufflet, vous pouvez vous reporter au «Tableau des propriétés des ondulations de soufflet». Ces soufflets ne sont pas disponibles en stock mais sont fabriqués sur demande. Si vous devez faire plusieurs croquis test, vous trouverez des données mathématiques complètes dans la Section III de ce catalogue.

TYPES D'EXTRÉMITÉS DES SOUFFLETS

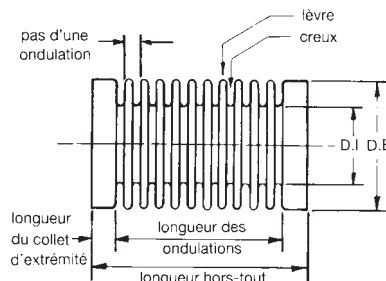


MODE D'UTILISATION DU TABLEAU 2

Ce tableau permet de sélectionner rapidement un soufflet. Il ne s'agit pas de soufflets tenus en stock.

Chaque ligne indique les propriétés d'une ondulation avec indication du diamètre intérieur (D.I), du diamètre extérieur (D.E) et de l'épaisseur de paroi. Un soufflet se compose d'un nombre choisi d'ondulations plus les embouts que vous pouvez sélectionner dans l'illustration «Types d'extrémités des soufflets».

Explications des en-têtes de colonne du tableau 2



Le diamètre extérieur (D.E), le diamètre intérieur (D.I) et le pas de l'ondulation sont illustrés sur la figure ci-dessus.

L'épaisseur de la paroi correspond à l'épaisseur **moyenne** de métal pour l'ensemble du soufflet.

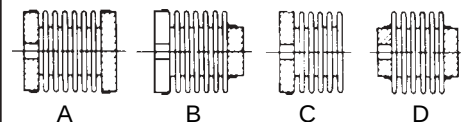
La surface effective correspond au carré du diamètre moyen entre DI et DE multiplié par $\pi/4$. C'est la surface de piston équivalente qui produirait le même déplacement fluide que le soufflet, pour la même compression ou extension axiale.

La raideur est la force, exprimée en Newton, appliquée axialement au soufflet, divisée par la compression (ou l'extension), exprimée en millimètres, résultant de cette force, et qui constitue une mesure de rigidité. La valeur indiquée dans le tableau correspond à une faible compression ou extension, n'excédant pas 10% de la longueur des ondulations du soufflet.

La course maximum par ondulation est la distance entre sa longueur au repos et sa longueur lorsqu'elle est soumise à des conditions de compression pour 100.000 cycles.

La pression maximum pour une demi course correspond à la pression nominale étalonnée du soufflet. Si le soufflet subit une pression en même temps qu'une flexion, il faut réduire la course maximale admise. Pour plus de détails, vous reportez à la Section III.

Remarque : Nombre d'ondulations actives : lorsque l'extrémité d'un soufflet est montée sur une bague de fixation, le côté de l'ondulation en contact avec la bague est généralement immobilisé par la soudure. Ceci signifie qu'une demi ondulation est perdue de ce côté-ci. Le nombre d'ondulations actives est toujours égal au nombre d'arrondis d'ondulation (une ondulation de moins que le nombre de creux (en A), le même nombre d'ondulations que de creux (en B et C), et une ondulation de plus que le nombre de creux (en D). Voir illustration ci-dessous)



Exemple d'utilisation du tableau 2

Supposons que vous désiriez un soufflet de 0,316 cm² de surface utile, de 3,5 N/mm de raideur, de 2,4 mm de course et de 27,5 N/cm² de pression maximale.

Le soufflet de diamètre extérieur de 7,92 mm dans le tableau est retenu car il a 0,32 cm² de surface utile. Pour une pression de 27,5 N/cm², on peut choisir une épaisseur de paroi de 0,025 mm ou plus épais: 0,038 mm ou 0,051 mm.

Les épaisseurs plus importantes impliquent des soufflets plus longs. Chaque soufflet devra être défini comme suit :

Choisir d'abord l'épaisseur 0,051 mm. Puis, pour 3,5 N/mm de raideur, 40/3,5 donne 11,5 ondulations requises. On considère en principe, un nombre entier, ce qui donne 11 ou 12 ondulations. La course d'une ondulation est de 0,18 mm soit pour 12 ondulations (le soufflet complet) 2,19 mm. Puisque 27,5 N/cm² représentent moins de 40% des 237 N/cm² de raideur, cette course convient.

Comme nous avons besoin d'une course de 2,41 mm, on rajoute une ondulation ce qui nous donne 13 ondulations pour une course de 2,34 mm. Cependant, la raideur obtenue alors est de 40/13, soit 3,08, ce qui est trop faible.

Nous augmentons alors l'épaisseur de paroi, en utilisant la formule relative à la raideur en page 8 afin de trouver l'épaisseur voulue du soufflet. Le soufflet est maintenant défini, à l'exception des extrémités qui seront choisies dans l'illustration ci-dessus.

Soufflets standard – en stock à l'usine

Tab.1

Réf.	"A" mm	"B" mm	"C" mm	"D" mm	"E" mm	Ep. de paroi mm	Raideur N/mm	Course en compr. mm	nombre d'ondul.	Surf. effect. cm ²	Pression maxN/cm ² pour 1/2 course
FC-1	6,35	6,30	3,81	18,80	6,25	0,038	1,03	3,78	24	0,19	200
FC-2	6,35	6,30	3,81	9,40	6,25	0,038	2,07	1,78	12	0,19	200
FC-3	6,35	6,30	3,81	6,22	6,25	0,038	3,10	1,14	8	0,19	200
FC-4	6,35	6,30	3,81	4,70	6,25	0,038	4,14	0,81	6	0,19	200
FC-5	9,53	9,45	6,35	18,80	9,40	0,046	1,43	4,93	24	0,47	183
FC-6	9,53	9,45	6,35	13,97	9,40	0,046	1,90	3,61	18	0,47	183
FC-7	9,53	9,45	6,35	9,40	9,40	0,046	2,86	2,34	12	0,47	183
FC-8	9,53	9,45	6,35	7,75	9,40	0,046	3,43	1,91	10	0,47	183
FC-9	12,70	12,57	9,14	18,80	12,52	0,064	3,79	4,37	24	0,89	283
FC-10	12,70	12,57	9,14	12,45	12,52	0,064	5,68	2,84	16	0,89	283
FC-11	12,70	12,57	9,14	9,40	12,52	0,064	7,57	2,08	12	0,89	283
FC-12	19,05	18,90	14,48	24,89	18,82	0,076	5,38	5,28	21	2,12	245
FC-13	19,05	18,90	14,48	18,54	18,82	0,076	7,06	3,96	16	2,12	245
FC-14	19,05	18,90	14,48	14,72	18,82	0,076	9,42	2,90	12	2,12	245
FC-15	25,40	25,25	18,80	31,24	25,15	0,089	4,32	8,13	18	3,66	159
FC-16	25,40	25,25	18,80	18,54	25,15	0,089	7,83	4,29	10	3,66	159

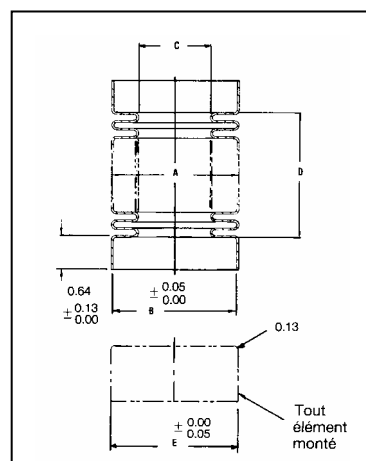


Tableau des propriétés des ondulations de soufflet. A titre indicatif uniquement

Valeurs standard. Toute valeur de DI et DE peut être obtenu par paliers de 0,025 mm et pour l'épaisseur de paroi par paliers de 0,0025 mm dans la limite des indications du paragraphe «Limites de conception» de la page 6.

Ces soufflets ne sont pas tenus en stock.

Tab. 2

DE mm	DI mm	Pas mm	Ep. de paroi mm	Surf. effect. cm ²	Raideur par ondul. N/mm	Course max. par ondul. mm	Pression max. N/cm ² pour 1/2 course	DE mm	DI mm	Pas mm	Ep. de paroi mm	Surf. effect. cm ²	Raideur par ondul. N/mm	Course max. par ondul. mm	Pression max. N/cm ² pour 1/2 course
1,60	1,02	0,26	0,008	0,013	4,2	0,04	150	12,70	9,14	0,81	0,030	0,935	9,8	0,30	65
1,60	1,02	0,26	0,010	0,013	10,2	0,03	270	12,70	9,14	0,81	0,038	0,935	19,3	0,26	101
1,60	1,02	0,26	0,013	0,013	20,1	0,03	425	12,70	9,14	0,81	0,051	0,935	46,1	0,24	180
2,39	1,52	0,26	0,013	0,030	9,1	0,06	192	12,70	9,14	0,81	0,064	0,935	90,2	0,19	283
2,39	1,52	0,26	0,015	0,030	15,8	0,05	274	14,27	10,67	0,81	0,038	1,219	21,2	0,30	99
2,39	1,52	0,26	0,020	0,030	37,7	0,04	494	14,27	10,67	0,81	0,046	1,219	37,1	0,27	142
3,18	1,91	0,36	0,020	0,050	15,2	0,08	229	14,27	10,67	0,81	0,056	1,219	67,9	0,22	212
3,18	1,91	0,36	0,025	0,050	29,8	0,06	359	14,27	10,67	0,81	0,064	1,219	99,8	0,19	275
3,18	1,91	0,36	0,030	0,050	51,5	0,05	516	15,88	11,43	1,42	0,038	1,458	12,4	0,51	65
3,96	2,29	0,41	0,020	0,076	8,1	0,14	130	15,88	11,43	1,42	0,051	1,458	29,6	0,38	111
3,96	2,29	0,41	0,025	0,076	15,8	0,11	204	15,88	11,43	1,42	0,064	1,458	58,0	0,29	179
3,96	2,29	0,41	0,030	0,076	27,1	0,09	293	15,88	11,43	1,42	0,076	1,458	100,7	0,25	259
4,75	2,92	0,51	0,025	0,115	15,1	0,13	171	19,05	14,48	1,42	0,038	2,206	14,0	0,52	61
4,75	2,92	0,51	0,030	0,115	26,1	0,11	245	19,05	14,48	1,42	0,046	2,206	24,3	0,43	88
4,75	2,92	0,51	0,038	0,115	51,1	0,09	385	19,05	14,48	1,42	0,056	2,206	44,5	0,36	131
6,35	3,81	0,81	0,030	0,203	12,8	0,21	128	19,05	14,48	1,42	0,064	2,206	65,3	0,30	170
6,35	3,81	0,81	0,038	0,203	24,7	0,17	200	22,23	15,62	1,83	0,051	2,806	12,3	0,76	51
6,35	3,81	0,81	0,051	0,203	58,7	0,13	355	22,23	15,62	1,83	0,064	2,806	24,0	0,66	78
7,92	4,83	0,91	0,025	0,319	5,1	0,37	59	22,23	15,62	1,83	0,076	2,806	41,3	0,53	114
7,92	4,83	0,91	0,038	0,319	17,0	0,24	134	22,23	15,62	1,83	0,102	2,806	98,9	0,41	210
*7,92	4,83	0,91	0,051	0,319	40,3	0,18	237	25,40	18,80	2,03	0,051	3,826	14,2	0,76	52
9,53	6,35	0,81	0,030	0,497	10,2	0,32	81	25,40	18,80	2,03	0,064	3,826	28,0	0,66	81
9,53	6,35	0,81	0,038	0,497	20,0	0,25	127	25,40	18,80	2,03	0,076	3,826	48,5	0,53	117
9,53	6,35	0,81	0,051	0,497	47,3	0,19	226	25,40	18,80	2,03	0,102	3,826	115,6	0,41	211
11,10	8,00	0,81	0,030	0,710	12,6	0,30	84	31,75	21,59	3,43	0,064	5,581	9,1	1,12	34
11,10	8,00	0,81	0,038	0,710	24,7	0,24	132	31,75	21,59	3,43	0,089	5,581	25,2	1,12	66
11,10	8,00	0,81	0,046	0,710	44,3	0,20	192	31,75	21,59	3,43	0,114	5,581	53,8	0,86	108
11,10	8,00	0,81	0,056	0,710	81,6	0,16	288	31,75	21,59	3,43	0,152	5,581	129,6	0,64	196

Unités couramment utilisées

Longueur	1 in	=	25,399956 mm	1 mm	=	0.03937014 in
Surface	1 in ²	=	645,16 mm ²	1 mm ²	=	0.0015500 in ²
Masse	1 lb	=	0,4535924 kg	1 kg	=	2.2046225 lb
Force	1 lbf (pound-force)	=	4,44822 N	1 N	=	0.224809 lbf (pound-force)
Moment de Force	1 lbf·in	=	0,1129848 N·m	1 N·m	=	8.8507481 lbf·in
Raideur	1 lbf/in	=	175,1268 N/m	1 N/m	=	0.0057101 lb/in
Pression	1 lbf/in ² (psi)	=	0,068947 daN/cm ²	1 daN/cm ²	=	14.50377 lbf/in ² (psi)

TOLÉRANCES**Dimensions:**

D.I (diamètre intérieur):

+/- 13/100 mm pour des soufflets dont le D.I est $\geq$ à 6,35 mm

+/- 8/100 mm pour des soufflets dont le D.I est $<$ à 6,35 mm

+/- 4/100 mm pour des soufflets aux extrémités ouvertes

D.E (diamètre extérieur) : la tolérance varie en fonction de l'épaisseur de la paroi et de la taille du soufflet.

Longueur des ondulations : +/- 26/100 mm

Longueur des extrémités : +/- 13/100 mm

Raideur : standard 30%. Cette tolérance peut être ramenée à 10% (avec surcoût).

LIMITES DE CONCEPTION

1 Les limites du D.E sont normalement de 63,50 mm mais des diamètres allant jusqu'à 229 mm peuvent être obtenus.

2 Le ratio D.I/D.E doit être $>$ à 0,6. La valeur optimale d'un soufflet est de 0,65. Un ratio supérieur peut être obtenu si une surface effective maximale est demandée ou si l'encombrement est minimal mais cela aux dépens de la course du soufflet.

3 L'épaisseur de paroi, les diamètres intérieurs et extérieurs doivent correspondre aux valeurs du tableau ci-dessous.

REMARQUE : pour les soufflets de grande longueur fonctionnant sous pression interne l'utilisation d'une tige guide à l'intérieur ou d'un manchon à l'extérieur est nécessaire pour éviter toute déformation. La longueur de la tige ou du manchon devra être d'environ 65% de la longueur du soufflet en extension. Il est possible de calculer la pression déformante à partir des informations que vous trouverez en section III.

Tab. 3

D.E. soufflet	épaisseur minimale	ondul.ext. largeur	ondul.ext. profondeur	ondul.int. largeur min.
1,60	0,008	0,08	0,28	0,05
3,18	0,013	0,10	0,61	0,08
6,35	0,018	0,36	1,24	0,18
9,53	0,023	0,61	1,88	0,25
12,70	0,025	0,71	2,16	0,30
19,05	0,036	1,19	3,10	0,43
25,40	0,051	1,91	4,57	0,64
31,75	0,056	2,29	5,08	0,76
38,10	0,064	2,54	6,35	0,89
50,80	0,076	2,54	6,35	1,02
63,50	0,089	3,18	6,35	1,09
76,20	0,102	3,18	6,35	1,14

MATIÈRE

Le métal utilisé pour nos standards est le nickel. Veuillez nous contacter si vous désirez d'autres matériaux.

En standard, une pellicule de cuivre de 3/1000 mm est déposée entre deux épaisseurs égales de nickel.

Les soufflets **SERVOMETER** ont pratiquement la même composition chimique que le nickel courant, à l'exception de la pellicule de cuivre. Nickel + cobalt : 99,80%

Impuretés (oxygène et carbone) : 0,05%

Deux qualités de nickel sont disponibles :

- **Nickel ordinaire** : c'est un métal brillant et très élastique. Du fait qu'il contient un maximum de 0,04% de soufre, ce qui le rend cassant lorsqu'il est chauffé à plus de 177° C, il ne peut être soudé.

- **Nickel sans soufre** : c'est un métal d'aspect « satiné » qui est équivalent au nickel ordinaire mais contenant un maximum de 0.02% de soufre, résistant beaucoup mieux à la corrosion. Il peut être soudé et brasé sans risque de cassure, mais une recuisson des ondulations est à éviter.

Propriétés mécaniques des deux qualités de nickel

Module d'élasticité : 759 N/mm²

Résistance à la traction : 862,50 N/mm²

Allongement : 1 % minimum

Dureté : 270 Vickers minimum

Coefficient d'élasticité : 161 115 N/mm² (Module de Young)

L'hystérésis du métal dans la limite des forces appliquées est très faible.

ÉTATS DE SURFACE

Les soufflets **SERVOMETER** ont normalement une bonne résistance de surface à la corrosion. Les finitions suivantes sont également disponibles

1 Le MIL-G-45204 est fourni en plaqué or 24 carats pour permettre une soudure sans flux ou pour obtenir une surface résistant aux champs micro-ondes.

2 Un placage argent est quelquefois effectué sur des soufflets destinés à guider des micro-ondes.

3 Un revêtement en parylène pour certains milieux particulièrement corrosifs.

ÉTANCHÉITÉ

L'étanchéité de tous les soufflets **SERVOMETER**, à l'exception de ceux utilisés comme accouplements ou compensateurs et ceux dont la pression est testée sous liquide, est testée à 100% par un système de détection de fuites par spectromètre à hélium. Aucun soufflet n'est livré avec un taux de fuite supérieur à 10⁻⁹ cc/sec d'hélium.

En 32 ans, la somme des taux de fuite n'atteint que 1cm³ d'hélium.

TOLÉRANCES A L'ENVIRONNEMENT**Tolérances de température :**

Les soufflets en nickel **SERVOMETER** sont adaptés à une utilisation à basse température, telle qu'avec l'oxygène ou l'hydrogène liquides, où ils conservent leur résistance et gagnent environ 30% en raideur.

Pour les applications à haute température, la limite se situe aux alentours de 177°C, température au-dessus de laquelle le nickel ordinaire devient cassant et le nickel sans soufre recuit.

Il y a quelques cas où nos soufflets en nickel sans soufre ont été chauffés à 760°C et utilisés avec succès pour une course réduite (en raison de la recuisson résultante et du module d'élasticité réduit)

Propriétés magnétiques :

Le nickel électrodéposé utilisé par **SERVOMETER** est ferromagnétique. Le cuivre électrodéposé est amagnétique et peut être utilisé pour des applications spécifiques.

Résistance à la corrosion :

Le nickel résiste davantage à la corrosion que le laiton ou le bronze, mais pas autant cependant que l'acier inoxydable.

Les soufflets en nickel ne s'oxydent pas à l'air ni au contact de liquides alcalins, mais ne supportent pas les acides. En eau de mer, les soufflets en nickel sont attaqués au bout de quelques semaines, ceci à cause de l'électrolyse qui se produit au contact des couples métalliques. Les soufflets en nickel sans soufre résistent mieux à la corrosion que les soufflets en nickel ordinaire.

Comme pour tout problème de corrosion, chaque cas doit être étudié séparément. L'utilisation des soufflets en nickel en milieu corrosif est réalisée avec succès dans la plupart des cas et nous conseillons à nos clients de procéder à

ASSEMBLAGE DU SOUFFLET ET DES EMBOUTS

Le succès ou l'échec d'une application soufflet dépend du mode d'assemblage employé pour fixer le soufflet à chacune de ses extrémités. Nous conseillons vivement à nos clients de nous consulter sur les méthodes de fixation et leurs particularités pour choisir un procédé de soudure, brasure ou autre.

Résistance mécanique

Cas 1 : si, lorsque le soufflet est en place, le joint subit une légère contrainte à l'extension, ou si dans le cas d'anéroïdes une pression est exercée contre les parties jointives, un rabat du collet sur la lèvre de l'embout n'est pas nécessaire. Une soudure à l'étain suffira à maintenir les deux ensembles et à assurer l'étanchéité du joint. Pour tout renseignement complémentaire, veuillez consulter nos ingénieurs.

Cas 2 : lorsqu'un joint subit une tension ou une torsion supérieure à ce que peut supporter une soudure à l'étain, deux choix sont possibles : (A) Emboutir ou retourner le bord du soufflet par-dessus une lèvre ou un rebord du corps de façon à obtenir un blocage mécanique, par opposition à une soudure (B) Braser ou souder le soufflet sur le corps.

Brasures à l'étain :

ce sont les joints les plus sujets aux fuites si la brasure n'est pas effectuée correctement.

Pour obtenir de bons résultats, étamer d'abord l'extrémité du soufflet et la surface du corps à assembler, puis assembler les deux pièces, faire pivoter le soufflet d'un quart de tour sur le corps avant la prise de la brasure afin d'éliminer les poches d'air et les bavures. Enlever les résidus de brasure en plongeant l'ensemble dans un bain d'eau chaude ou bouillante.

Flammes et hautes températures recuisent ou fragilisent la plupart des soufflets. C'est pourquoi il ne faut pas exposer les soufflets à la flamme ni à une chaleur inductive. Appliquer plutôt la flamme sur l'embout à assembler et laisser la chaleur arriver jusqu'au soufflet par l'intermédiaire du corps. Ainsi, le soufflet conservera toutes ses qualités élastiques.

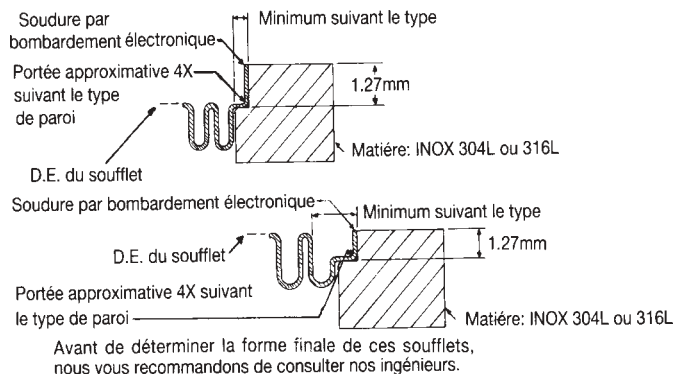
Soudures à l'argent :

utiliser des soufflets en nickel sans soufre et éviter toute surchauffe des ondulations à proximité du point de soudure. Un isolant calorifuge et ininflammable peut être enroulé autour du soufflet jusqu'au bord de la zone à souder. La chaleur est appliquée sur l'embout permettant ainsi une répartition sur le soufflet. Bien que délicate, cette opération permet d'obtenir de bonnes soudures du joint sans aucun endommagement du soufflet. Une fois qu'elle est maîtrisée, la procédure se révèle assez facile et économique.



Jointes soudés par Electro-Beam :

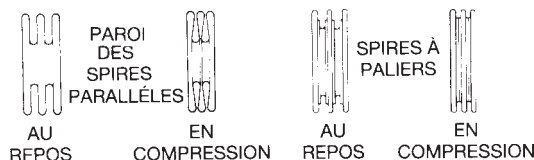
la soudure à bombardement électronique a l'avantage de concentrer le point de température exactement au point de soudure. Ainsi, le soufflet conserve ses propriétés d'élasticité. En général, le soufflet doit être conçu pour être soudé, comme indiqué sur le croquis ci-dessous :



SOUFFLETS SPÉCIAUX SOUFFLETS À HAUTE COMPRESSIBILITÉ

Les soufflets dont les parois des spires sont parallèles ne peuvent être comprimés au delà de 40% de la longueur effective des ondulations.

Des spires à paliers sont prévues pour des soufflets destinés à être comprimés jusqu'à 60% de leur longueur effective. Les spires à paliers ne sont utilisables qu'en compression ; elles se raidissent dès qu'elles sont soumises à une extension.



SOUFFLETS À MULTIPLES ÉPAISSEURS

La capacité de travail mécanique assurée par un soufflet peut être doublée ou triplée par 2 ou 3 épaisseurs métalliques. Par exemple, une cloison à 1 épaisseur assurera une certaine compression et supportera une pression donnée. Deux couches de la même épaisseur de paroi donneront la même compression et un taux de résistance à la pression deux fois supérieur. Trois couches tripleront la pression pour la même course. La raideur n'augmente que proportionnellement à la valeur de la première couche. Renforcer l'épaisseur de paroi d'un soufflet réduit la course en augmentant la raideur suivant le cube de l'épaisseur. Par conséquent, il n'y a pas d'autre procédé que la superposition de couches.

SOUFFLETS PRÉ-COMPRIMÉS

Une application soufflet nécessitant uniquement une extension peut utiliser les soufflets **SERVOMETER** à ondulations fermées. Ces soufflets sont adaptés pour d'importantes courses en extension et sont beaucoup plus linéaires que les soufflets standard. Merci de consulter nos ingénieurs si ce type de soufflet vous intéresse.

LÉGENDE DES SYMBOLES UTILISÉS

DE : diamètre extérieur du soufflet, en mm
DI : diamètre intérieur du soufflet, en mm
t : épaisseur de paroi (moyenne), en mm
N : nombre d'ondulations actives du soufflet
E : coefficient d'élasticité du métal du soufflet. Utiliser 161 115 N/mm² pour notre nickel électrodéposé
S : course maximum permise, pour le soufflet, en mm
s : course maximum permise, pour une ondulation, en mm
n : longueur d'une ondulation, en mm
L : longueur de l'ensemble des ondulations actives du soufflet, en mm
P : pression différentielle appliquée au soufflet, ou taux de pression du soufflet, en N/mm²
 δ : 3,1416
A : angle correspondant à l'arc de fléchissement, en degrés
r : raideur d'une ondulation, en N/mm.
d : densité du métal du soufflet, en g/mm³ soit 8,3 X 10⁻³ g/mm³ pour le nickel
f : déformation du soufflet, sous l'application d'une force, en mm
R : raideur axiale du soufflet, en N/mm
w : masse par unité de longueur du soufflet, en g/mm
W : force totale appliquée au soufflet, en N
z : fréquence de vibration, en cycle/seconde
g : accélération de la gravité terrestre 9,81 sec⁻²

PRESSION

$$P = \frac{8,62 \times 10^3 t^2}{(DE - DI - t)^2} = \frac{N}{mm^2}$$

La pression de test est 1,75 fois supérieure au taux nominal.

La pression d'éclatement est 2,5 fois supérieure au taux nominal.

Course autorisée

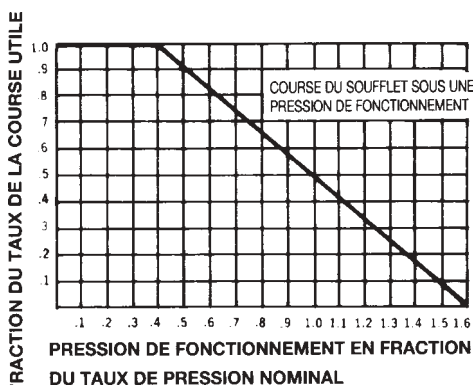
$$S = \frac{0,001(DE - DI - t)^2 N}{t} = mm$$

pour une durée de vie de 100 000 cycles.
 Le taux de déplacement en extension équivaut à 75% du taux en compression.

Cette équation est valable pour tous types d'ondulations et se fonde sur les limites de la raideur à la flexion, excepté les types V et à paliers qui ne peuvent être utilisés qu'en compression.

CALCUL POUR UNE COMBINAISON COURSE & PRESSION

Quand la pression de fonctionnement dépasse 40% du taux de pression nominal du soufflet, sélectionner la course admissible (axiale) en vous reportant au tableau ci-dessous.



Exemple : prenons un soufflet évalué à 100 N/cm² (d'après la formule P) et qui fonctionne sous 80 N/cm². Consulter le tableau ci-dessus avec la valeur 0,8 (pour 80%) sur l'échelle des pressions. Vous pouvez ainsi relever la valeur 0,67 sur l'échelle de la course utile. Multipliez cette valeur par le taux de la course (de la formule S) pour obtenir la course utile de ce soufflet sous une pression de fonctionnement à 80% du taux de pression nominal.

DURÉE DE VIE

La durée de vie d'un soufflet métallique est exprimée en cycles de déplacement et non pas en heures ou en vitesse de répétition de ces cycles.

Les données suivantes, résultent de tests de longévité intensifs et soignés sur les soufflets **SERVOMETER**.

Tableau des durées de vie.

Facteurs de longévité, fractions de la course du soufflet pour une durée de vie de 10⁶ cycles.

Durée de vie minimum en cycles	en compression	en rotation avec désalignement
1 000	1,50	1,70
10 000	1,25	1,40
100 000	1,00	1,00
1 000 000	0,84	0,82
10 000 000	0,78	0,74
100 000 000	0,75	0,73
infini	0,72	0,72

Exemple : Soit un soufflet conçu pour une durée de vie maximum de 1 000 000 de cycles avec une course de 8mm. Le tableau indique dans ce cas un facteur de longévité de 0,84. Cela signifie que la course autorisée est 0,84 fois la valeur de la formule. Par conséquent, la valeur de la formule divisée par 0,84 = 9,54 mm. En rentrant cette valeur dans la formule, le résultat indique qu'un soufflet 19% plus long est nécessaire.

Exemple :

Soit un accouplement à soufflet devant fonctionner avec un désalignement parallèle de 0,51 mm pour 5 000 000 rotations. Multiplier 5 000 000 par 2, puisque 1 rotation correspond à 2 cycles. Rechercher la valeur correspondant à 10 000 000 dans la colonne de la rotation avec désalignement parallèle et relever le facteur de longévité correspondant (0,74). Puisque la formule du désalignement parallèle de la page 9 nous donne le désalignement autorisé pour 100 000 cycles ; la valeur de la formule dans ce cas est 0,51 mm divisé par 0,74 soit 0,69 mm. Entrer cette valeur dans la formule et ressortir la relation entre la longueur du soufflet et le désalignement. Le résultat indique qu'un soufflet 15% plus long est nécessaire pour obtenir une durée de vie de 100 000 cycles.

LA COURSE DU SOUFFLET POUR LE RAPPORT PRESSION & DURÉE DE VIE

Rechercher la fraction de course dans le tableau «course du soufflet sous une pression de fonctionnement» de cette même page. Supposons que vous obteniez la valeur 0,65. Extraire le facteur de longévité du tableau des durées de vie pour la valeur requise. Prenons la valeur 1,25. La course sera de (0,65 x 1,25) fois la valeur obtenue dans la formule du calcul de la course.

RAIDEUR

$$R = \frac{4,3E (DE + DI) t^3}{(DE - DI - t)^3 N} = \frac{N}{mm}$$

Cette formule est valable pour les soufflets à spires parallèles. Pour les soufflets à spires paliers, ce taux est 1/3 plus important.

Cette formule permet de calculer la droite du rapport de la compression et des caractéristiques de force visualisant la résistance élastique due à la déformation des parois des ondulations.

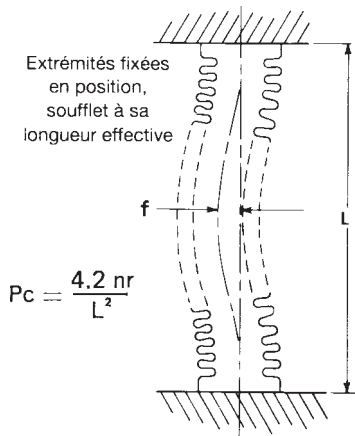
SURFACE EFFECTIVE (SE)

$$SE = 0,785 \frac{(DE + DI)^2}{4} = mm^2$$

Cette formule n'est théoriquement pas très précise mais permet cependant d'obtenir des résultats proches de la réalité.

PRESSION CRITIQUE DE FLAMBAGE

En appliquant une pression intérieure croissante à un soufflet fixé à ses extrémités, une pression critique, P_c , sera atteinte à laquelle le soufflet va fléchir dans tous les sens. Au-dessous de cette P_c , il n'y aura pas de flambage ; au-dessus, le soufflet va fléchir vers l'extérieur sans possibilité de contrôle et se détériorer pour des valeurs très réduites de dépassement de P_c . La pression critique est obtenue par la formule suivante:



CAPACITÉ DE FLÉCHISSEMENT EN ARC

Nous admettons le fléchissement naturel en arc suivant :

$$A = 71,6 \frac{Ns}{DE} = \text{deg}$$

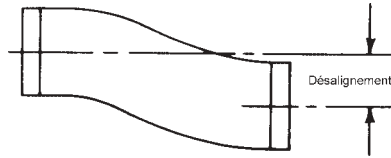
La valeur donnée par la formule peut excéder l'angle que l'on peut obtenir avec le soufflet, à moins que la course par ondulation, s , soit limitée à la valeur pour laquelle les spires entrent en contact.

La formule correspond à une durée de vie de 100000 cycles. Pour toute autre valeur, consulter le tableau des durées de vie et multiplier le facteur de longévité par la formule.

DÉSALIGNEMENT PARALLELE

$$\text{Désalignement} = 0,25 \frac{N^2 ns}{DE} = mm$$

La formule ci-dessus correspond à des soufflets ayant un angle de déviation inférieur à 30°.



Noter que dans ce cas, le tiers central des ondulations du soufflet est pratiquement droit et libre de contraintes alors que les tiers des extrémités subissent d'importantes déformations.

Étant donné que le nombre de spires, N , varie suivant la longueur du soufflet, le désalignement parallèle autorisé varie suivant le carré de la longueur active.

Ce type d'utilisation se rencontre dans les applications du type accouplements flexibles.

La formule est donnée pour une durée de vie de 100 000 cycles. Pour toute autre valeur, consulter la colonne «en rotation avec désalignements parallèles» du tableau des durées de vie et multiplier le facteur de longévité par la valeur de la formule.

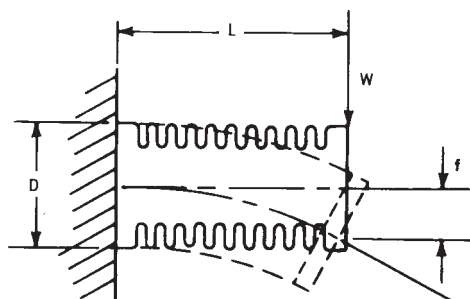
FLÉCHISSAGE

$$f = \frac{5,25WL^3}{DE^2 nr} = mm$$

où

W = force appliquée à l'extrémité libre du soufflet, en N

L = distance entre la base du soufflet et le point d'application de la force de flexion (levier), en mm



MASSE LINÉAIRE

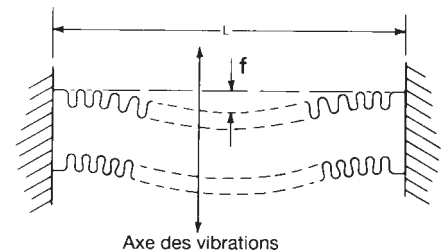
$$w = \frac{\pi d}{2n} [(DE - t)^2 - (DI - t)^2 + n(0,75 \times DE + DI)] = \frac{g}{mm}$$

RÉSONANCE DES FRÉQUENCES DE VIBRATION

En angle droit par rapport à l'axe central du soufflet

$$z = \frac{1}{6,28} \sqrt{\frac{g}{f}} = \text{cycles} / \text{sec}$$

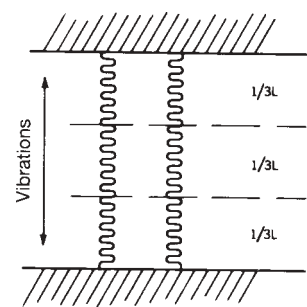
f = fléchissement de la partie centrale du soufflet sous l'action de la gravité, en mm.



Suivant l'axe du soufflet

$$z = \frac{1}{6,28} \sqrt{\frac{18 nrg}{wL^2}} = \text{cycles} / \text{sec}$$

Cette formule de fréquence se base sur l'estimation que le tiers central du soufflet vibre à l'inverse des deux autres parties. La formule ci-dessus donne le mode fondamental. Un mode harmonique se présentera à des fréquences plus élevées dans l'ordre 2-3-4 etc...



SERVOMETER

UNE TRADITION DE QUALITÉ ET DE FIABILITÉ

L'ÉLECTROFORM

IDÉAL QUAND DES FORMES INHABITUELLES, DES TOLÉRANCES RÉDUITES ET UNE GRANDE RÉSISTANCE SONT REQUISES.

INTRODUCTION

La technique de fabrication des composants électrodéposés est vieille de plus de 150 ans, mais c'est uniquement dans les dernières années que cette méthode a été utilisée avec succès pour l'obtention de composants extrêmement complexes aux découpes marquées et aux formes inhabituelles.

Depuis plus de 40 ans, la société **SERVOMETER**, pionnière dans la fabrication de soufflets métalliques miniatures électrodéposés est le fournisseur leader de ce type d'éléments.

La connaissance spécifique que nos ingénieurs et hommes de production ont acquis dans cette expérience est maintenant utilisée pour la fabrication d'électroformes, et plus particulièrement celle d'éléments complexes aux tolérances extrêmement fines et aux états de surfaces particuliers.

ÉLÉMENTS DE CONCEPTION

Utilisant un mandrin (généralement en aluminium) pour la fabrication des électroformes, ils se prêtent tout particulièrement pour les éléments aux dimensions intérieures critiques et complexes. L'ensemble de l'usinage, décolletage et fraisage nécessaire à l'élaboration de la face intérieure du produit fini correspond aux opérations externes exécutées sur le mandrin. Les dimensions externes doivent avoir si possible des tolérances larges afin d'éliminer les reprises après l'électrodéposition. L'épaisseur de paroi doit être réduite au minimum même si cela implique un coffrage en époxy de l'électroforme ou un montage sur une pièce usinée afin de permettre l'installation du produit fini. L'électroforme n'apporte pas habituellement une réduction effective des coûts si des pièces «acceptables» peuvent être obtenues par des procédés rapides comme l'hydroformage ou l'injection en moule. Si, cependant, les tolérances sont trop réduites ou la configuration trop complexe pour ces procédés de fabrication, l'électroforme vous apportera une solution.

Les électroformes **SERVOMETER** peuvent également réduire indirectement vos coûts de production en simplifiant vos problèmes d'assemblage ou par un gain de masse.

AVANTAGES

Les avantages présentés par les électroformes **SERVOMETER** sont les suivants :

- Une masse extrêmement faible pour une très grande résistance. Formes spéciales avec la possibilité de combiner différents éléments.
- Très petites tailles sur demande.
- Finition de l'état de surface de qualité supérieure. Tolérances extrêmement sévères.
- Différentes épaisseurs de parois sur une même pièce peuvent être obtenues.
- Ces éléments peuvent être conçus en intégrant un soufflet éliminant ainsi brasure ou soudure.
- Ces éléments peuvent être utilisés jusqu'à des températures extrêmes de - 252,78°C (20,37 kelvin).

MATÉRIAUX ET PROPRIÉTÉS

La matière de base est le nickel. Le cuivre, l'argent, l'or et l'étain sont également disponibles comme éléments complets ou en surface de finition.

NICKEL SERVOMETER

Résistance à la traction : 862,50 N/mm².

Module d'élasticité : 759 N/mm².

Allongement : 1 % min.

Dureté - Vickers : 270 min.

Nickel + cobalt : 99,80%

Soufre : 0,040% max.

LIMITES DE TAILLE

SERVOMETER peut fournir des électroformes dans une gamme de 0,76mm de diamètre à 200 x 200 x 150mm. Des éléments de plus grande taille peuvent également être obtenus. N'hésitez pas à transmettre vos plans et spécifications à **SERVOMETER**.

ASSISTANCE À LA CONCEPTION

Nos ingénieurs se feront un plaisir de vous assister pour déterminer les propriétés et spécifications nécessaires à votre application du type électroforme. Vos demandes sont les bienvenues.

