

AUDEL™

Mécanique industrielle et maintenance

Thomas Bieber Davis
Carl A. Nelson

Adapté par Michel Gauthier



Table des matières

Introduction	v
1. Outils indispensables	1
2. Outils portatifs	9
3. Machines-outils	33
4. Forets hélicoïdaux	38
5. Dessin industriel	44
6. Schémas d'électricité	54
7. Dessins en projection isométrique	59
8. Schémas de canalisations	61
9. Croquis	65
10. Localisation de l'emplacement des machines	68
11. Installation de machines	73
12. Assemblage mécanique	80
13. Utilisation des clés dynamométriques	83
14. Couple de serrage	87
15. Métrologie	91
16. Paliers lisses	100
17. Paliers à roulement	107
18. Vie utile des roulements	126
19. Montage et installation des roulements	129
20. Mesure des vibrations	137
21. Lubrification	143
22. Transmission de puissance mécanique	150
23. Arbres	155
24. Courroies plates	162
25. Courroies trapézoïdales	166
26. Courroies synchrones	182
27. Transmission à chaîne	186
28. Engrenages	198
29. Accouplement d'arbres	208
30. Filetages	231
31. Boulonnerie	248
32. Hydraulique et pneumatique	257
33. Joints et garnitures d'étanchéité	280
34. Pompes	306
35. Ventilateurs	314
36. Électricité	322
37. Moteurs c.a.	334
38. Entretien préventif de l'équipement	346
39. Profilés en acier	351
40. Soudage	368
41. Gréage	382
42. Conduite des opérations de levage par signaux	401
43. Tuyauterie et tuyautage	407

44. Mathématiques d'atelier	426
45. Géométrie d'atelier	430
46. Trigonométrie.....	440
Annexes	443
Index.....	475

4. FORETS HÉLICOÏDAUX

Nomenclature et géométrie des forets hélicoïdaux

La figure 4-1 illustre les parties d'un foret hélicoïdal. Attardons-nous d'abord à l'un de ses aspects les plus importants, c'est-à-dire sa pointe. On y distinguera entre autres l'angle de la pointe, c'est-à-dire l'angle formé par les lèvres de coupe du foret ainsi que l'angle de dépouille ou le talon des lèvres.

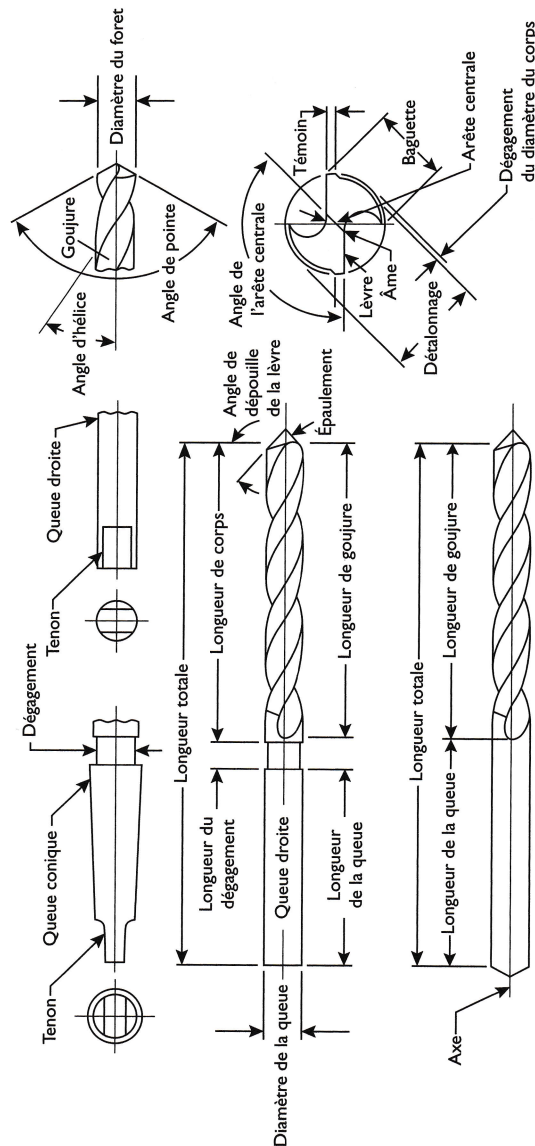


Fig. 4-1 Parties d'un foret hélicoïdal.

La pointe classique formant un angle de 118° convient parfaitement aux travaux de perçage de l'acier. Par contre, on tirera avantage d'un angle de pointe de 135° pour les travaux sur matériaux durs ou résistants, surtout si l'on utilise une perceuse à piles ou à moteur électrique.

Le talon ou angle de dépouille d'une pointe à 118° doit être d'environ 8 à 12° , tandis que l'angle de dépouille d'une pointe à 135° doit mesurer entre 6 et 9° . La figure 4-2 résume les angles de pointe et de dépouille à utiliser selon les matériaux.

Un foret hélicoïdal coupe en s'enfonçant dans le matériau tout en soulevant un éclat. Plus l'angle de la pointe est prononcé, plus l'angle de dépouille des lèvres est grand et plus le foret pénètre facilement la matière à usiner. Mais plus l'angle de la pointe est grand, plus l'angle de dépouille des lèvres est petit et plus résistantes s'en trouvent les arêtes tranchantes du foret. De ces énoncés, nous pouvons logiquement déduire qu'un angle de pointe plus grand et un dégagement plus petit des lèvres sont préférables pour percer des matériaux durs et résistants, tandis qu'un angle de pointe plus petit et un angle de

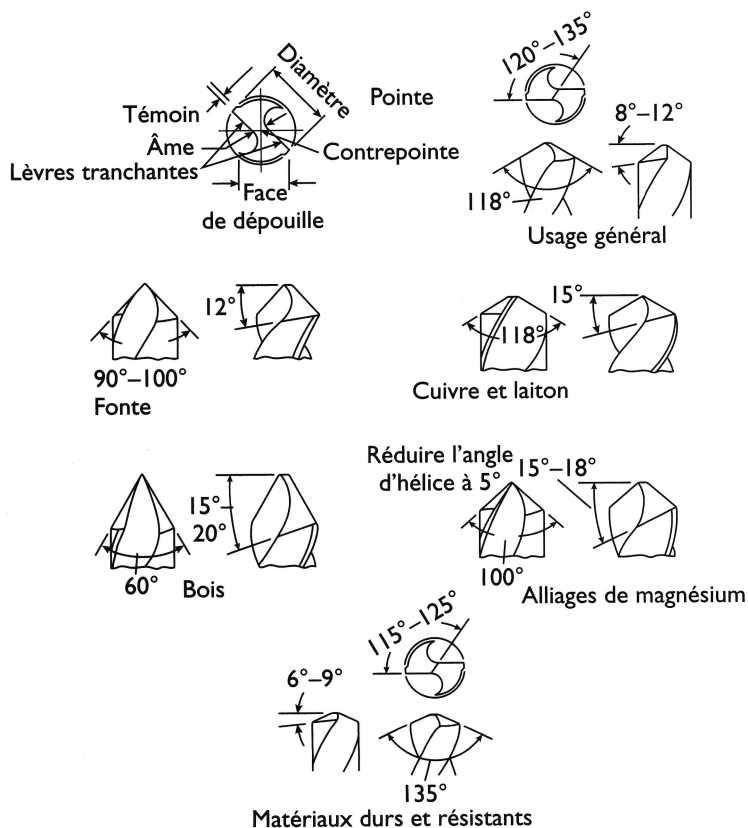


Fig. 4-2 Angles de pointe de forets selon le matériau à percer.

dégagement plus grand des lèvres faciliteront le forage de matériaux plus tendres.

Il faut se méfier d'un phénomène qui se produit souvent lors du perçage de métaux non ferreux tendres comme le laiton ou le cuivre alors que la pointe du foret tend à « mordre », c'est-à-dire à pénétrer trop rapidement dans le matériau, créant ainsi un trou imparfait et laissant une finition de piètre qualité.

L'acier inoxydable est un autre matériau dont il faut se méfier. Si vous n'exercez pas une pression suffisante pour que le foret pénètre et avance dans la matière, la chaleur engendrée par le frottement de l'outil pourrait provoquer un durcissement de l'acier inoxydable rendant impossible l'usinage subséquent de la pièce.

Affûtage de forets

Dès qu'il s'attaque au métal, le tranchant des lèvres d'un foret commence à s'émousser. L'usure se manifeste d'abord à l'extrémité des lèvres, en périphérie du foret, tandis que la chaleur entame la géométrie de l'arête centrale. Les signes d'usure se répandent progressivement sur la longueur complète des arêtes tranchantes et le long des faces de dépouille. La déformation des lèvres réduit dès lors sa vie utile.

L'usure est un phénomène irréversible dont les effets s'accroissent de manière exponentielle. Ainsi, toute détérioration de l'affûtage d'un foret se traduit par une augmentation de la chaleur que son usage génère. Et toute augmentation de chaleur en cours de perçage a pour effet, en retour, d'accélérer l'usure et les risques de défaillance de l'outil. En d'autres termes, le perçage du vingtième trou « fatiguera » davantage le foret que le perçage du dixième et la dégradation du foret sera encore plus prononcée lors

du trentième trou. À mesure que progresse ce phénomène, il faut recourir à toujours plus de couple et de poussée sur l'outil. Bref, utiliser un foret au-delà de sa durée de vie utile équivaut à conduire une automobile avec un pneu à plat.

Un affûtage se limitant aux seules arêtes tranchantes est inutile. Il faut rafraîchir toutes les parties usées, y compris les faces de dépouille qui se sont dégradées.

Le diamètre de l'âme d'un foret hélicoïdal augmente en épaisseur à mesure qu'on s'approche de sa partie cylindrique,



Fig. 4-3 Le diamètre de l'âme d'un foret augmente à mesure qu'il s'approche de sa partie cylindrique.

comme le montre la figure 4-3. Cela procure plus de rigidité au foret. Il s'en suit qu'après plusieurs affûtages, le foret ayant raccourci, la mesure de l'âme à la pointe augmente et crée une arête centrale plus longue, comme l'illustre la figure 4-4. À ce stade, il devient nécessaire d'effectuer une autre opération lors de l'affûtage afin que l'arête centrale retrouve sa longueur optimale. Cette opération se nomme l'*amincissement de l'âme*.

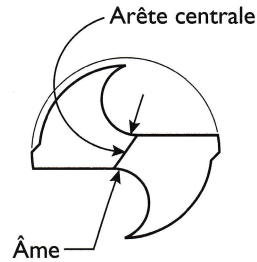
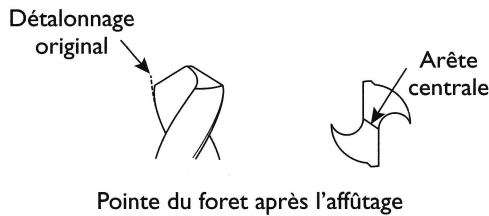


Fig. 4-4 Arête centrale.



Gardez l'épaisseur originale.



Méthode courante d'amincissement de l'âme d'un foret, lorsque cette dernière devient trop épaisse après plusieurs affûtages.

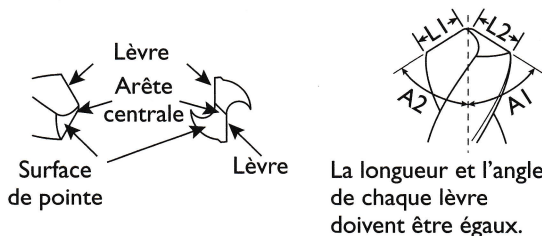
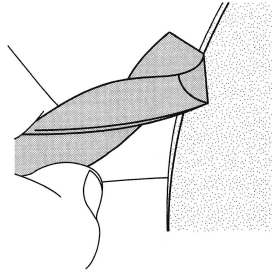


Fig. 4-5 Dimensions à respecter lors de l'amincissement de l'âme d'un foret.

Il existe plusieurs techniques pour amincir l'âme d'un foret. La méthode illustrée à la figure 4-5 est sans doute la plus courante. Ici, il faut que la longueur A mesure entre la moitié et les trois quarts de celle de l'arête tranchante.



Tenez le foret à un angle d'environ 30 à 35°.

Fig. 4-6 Amincissement de l'âme d'un foret avec une affûteuse.

Cette méthode répandue pour amincir l'âme d'un foret implique l'emploi d'une meuleuse d'établi ou d'une affûteuse sur socle munie d'une meule propre et bien profilée. Tenez le foret hélicoïdal à un angle d'environ 30 à 35° par rapport à l'axe du foret, tout en alignant le coin de la meule avec l'extrémité de l'âme, comme le montre la figure 4-6.

Pivotez ensuite la lèvre du foret sur environ 10° pour ne pas toucher l'arête tranchante avec la meule pendant le travail.

Après avoir éliminé la partie usée du foret et, au besoin, aminci l'âme, affûtez les surfaces de la pointe. L'intersection de ces deux surfaces coniques avec les faces des goujures forme les arêtes tranchantes, tandis que l'arête centrale est le point de rencontre des deux surfaces de la pointe. Les forets partagent avec tous les outils de coupe une exigence de construction incontournable : pour assurer la pénétration des arêtes tranchantes dans la matière, il faut dégager les surfaces au dos des lèvres d'attaque afin qu'elles ne frottent pas sur la pièce à forer.

Il faut dresser ces surfaces avec symétrie pour créer le bon angle de pointe et en assurer le dégagement. En d'autres termes, les angles des deux lèvres tranchantes (A1 et A2) doivent être identiques, peu importe l'angle de pointe. Des angles des pointes inégaux ou des lèvres de longueur différente créeront un foret ne coupant que sur une arête tranchante. Il en résultera des trous trop grands et l'usure rapide du foret.

Grâce aux machines d'affûtage, on peut arriver au profilage optimal des angles de pointe, des longueurs et de l'angle de dégagement des lèvres, de même que de l'angle et de la mesure de l'arête centrale de n'importe quel foret. À défaut de les utiliser, il est possible de profiler manuellement des pointes de foret presque aussi précises, à condition de respecter minutieusement la marche à suivre décrite ci-dessous.

Affûtage manuel de la pointe d'un foret

Avec la procédure suivante, on taillera un angle de pointe de 118° sur un foret qui devrait produire d'excellents résultats sur une grande variété de matériaux.

1. Ajustez le support de pièce de l'affûteuse à une hauteur convenable afin d'y appuyer dans une position stable le dos de votre main pendant l'affûtage.

2. Tenez le foret entre le pouce et l'index de la main gauche. Serrez le corps du foret près de la queue avec votre main droite.
3. Positionnez votre main gauche sur le guide de support pour obtenir l'angle voulu entre l'axe du foret et la face avant de la meule de l'affûteuse (figure 4-7 a), puis abaissez légèrement l'extrémité du foret (figure 4-7 b).

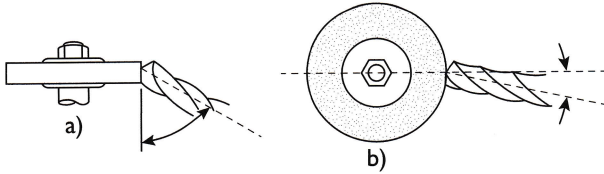


Fig. 4-7 Affûtage d'un foret.

4. Poussez légèrement le talon du foret contre la meule de l'affûteuse. Soulevez graduellement l'extrémité de la queue du foret tout en tournant ce dernier avec les doigts en sens antihoraire afin d'affûter les surfaces coniques dans le sens des arêtes tranchantes. Exercez juste assez de pression pour affûter la pointe du foret, sans la surchauffer. Refroidissez fréquemment le foret en le plongeant dans l'eau lors de l'affûtage.
5. Vérifiez les résultats obtenus avec un rapporteur d'angle pour vous assurer que les arêtes tranchantes ont la même longueur et l'angle requis (figure 4-8). Vérifiez aussi si le dégagement des lèvres est adéquat.



Fig. 4-8 Vérification des arêtes tranchantes et de l'angle de coupe.

25. COURROIES TRAPÉZOÏDALES

La forme unique de ces courroies dont la section ressemble à un « V » (V-belts) s'adapte parfaitement à la rainure des poulies avec lesquelles on les utilise. En effet, la tension pousse ces courroies au fond de la rainure et cela produit une forte adhérence entre les parois de la courroie et les surfaces de la rainure de la poulie. Bien que des détails de conception permettent de différencier certaines courroies des autres, l'industrie s'accorde pour généralement produire des courroies dont l'angle inclus de la section transversale mesure 42 degrés. Il existe trois grandes catégories de courroies trapézoïdales : pour les moteurs de faible puissance, multiples et cunéiforme (en forme de coin).

Courroies pour moteurs de faible puissance

Ce type de courroies convient aux applications intermittentes et à charge plutôt légère menées par des moteurs de moins de 1 cheval-vapeur. On en trouve en quatre formats différents, comme l'indique la figure 25-1a).

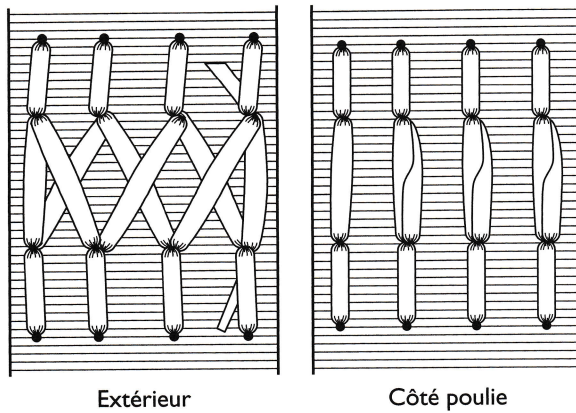
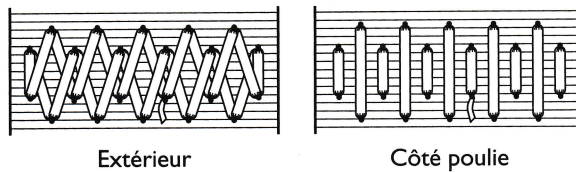
On peut se procurer des courroies de ce type pour chaque longueur variant entre 10 et 100 pouces, par incréments de 1 po. Il s'en trouve quelques-unes en dimensions fractionnaires.

La nomenclature de ce type de courroies emploie des numéros pour identifier les dimensions de la section de la courroie ainsi que sa mesure nominale extérieure. Le dernier chiffre de l'identifiant représente le nombre de dixièmes de pouce. Il ne faut pas s'étonner que la longueur de travail des courroies mesure un peu moins que la longueur annoncée puisque cette dernière représente sa dimension extérieure.

Courroies standard — multiples

Cette catégorie de courroies regroupe celles que l'on retrouve habituellement dans les entreprises manufacturières et que l'on installe pour obtenir un service continu. Comme son titre l'indique, plusieurs courroies différentes de cette catégorie (multiples) peuvent fournir le travail recherché. En fait, les fabricants offrent généralement deux séries de courroies de qualité différentes : normale ou supérieure. Les courroies de la série normale s'adaptent parfaitement aux travaux réalisés en conditions normales : vitesse, charge, distance entre centres, dimensions des poulies s'accordant aux normes usuelles. La série de qualité supérieure vise à combler les besoins particuliers suscités par des conditions anormales de charges, le fonctionnement par à-coups, la vibration, les changements de température, etc.

Ces courroies sont disponibles en cinq formats de section identifiés par les lettres A, B, C, D et E, comme l'illustre la figure 25-1b).


Fig. 24-2

Fig. 24-3

Une barre de raccordement amplifie la solidité de l'assemblage déjà supérieure du fait qu'elle est constituée d'une seule pièce. Cela produit une prise très solide et distribue l'effort de tension uniformément sur toute la largeur de la courroie. Le mécanisme d'attache en une pièce assure également qu'aucune petite pièce ne puisse se détacher et aller dans le produit transporté. Le joint droit que l'on obtient avec un seul élément facilite également l'insertion du goujon servant d'axe de raccordement des deux sections de courroie.

A)		B)		C)	
Moteurs de faible puissance		Multiples		Cunéiformes	
Identification	Dimensions	Identification	Dimensions	Identification	Dimensions
«2L»	 1/4 5/32				
«3L»	 3/8 7/32				
«4L»	 1/2 5/16	«A»	 1/2 5/16	«3V»	 3/8 5/16
«5L»	 21/32 3/8	«B»	 21/32 13/32		
		«C»	 7/8 17/32	«5V»	 5/8 17/32
		«D»	 1-1/4 3/4		
		«E»	 1-1/2 29/32	«8V»	 1 7/8
Mesure de la longueur de la surface extérieure		Mesure de la longueur de la surface intérieure		Mesure de la longueur du diamètre primitif	
3L150 à 3L750 4L170 à 4L1000 5L230 à 5L1000		A26 à A128 B35 à B300 C52 à C420 D120 à D660 E144 à E660		3V250 à 3V1650 5V500 à 5V3550 8V1000 à 8V5000	

Fig. 25-1 Types de courroies trapézoïdales.

La longueur de travail de ces courroies pourrait mesurer plusieurs pouces de plus que leur longueur nominale puisque cette dernière est prise sur sa surface intérieure. Mais comme les mécaniciens utilisent la longueur de travail, il vaut mieux consulter un tableau de conversion des mesures nominales aux mesures de travail au moment de sélectionner la courroie.

Cunéiformes

Les courroies cunéiformes représentent une avancée dans la conception des courroies trapézoïdales qui se traduit par la réduction de leurs dimensions, de leur poids, et conséquemment du coût des transmissions par courroies. Les nouveaux matériaux avec lesquels on les fabrique réduisent le ratio section transversale/cheval-vapeur ; ces nouvelles courroies fonctionnent avec des poulies de plus petits diamètres dont la distance entre centres minimum s'en trouve beaucoup plus réduite qu'avec les courroies usuelles. Cette construction de qualité supérieure et leur capacité de travail accrue ont réduit à 3 les niveaux des dimensions standardisées là où il en fallait 5 avec les courroies multiples. Les dimensions de ces trois

formats de courroie cunéiforme, « 3V », « 5V » et « 8V », sont décrites à la figure 25-1C.

Cette nomenclature traduit simplement la mesure en 8° de po de la largeur de la surface extérieure de la courroie. Ainsi, comme on peut le lire à la figure 25-1C, la surface extérieure d'une courroie « 3V » mesure $\frac{3}{8}$ po de large, celle d'une « 5V », $\frac{5}{8}$ po, et celle d'une « 8V », 1 po.

Les longueurs annoncées de ces courroies représentent celle de leur diamètre primitif. Comme on établit généralement leur longueur dans le métier à l'aide de cette notion, on peut se fier directement à la nomenclature de ces courroies pour en faire la sélection.

Poulies et courroies

L'efficacité d'une transmission à courroies multiples en parallèle réside dans la répartition équitable de l'effort sur chacune des courroies. L'élément clé pour y parvenir se trouve dans l'utilisation de courroies de longueur identique. Comme on ne pourrait pas maintenir une production commerciale à des coûts compétitifs tout en respectant une longueur rigoureusement identique entre les produits, la plupart des fabricants utilisent un système de marquage des longueurs exactes de chacune des courroies (tableaux 25-1 et 25-2).

On mesure la longueur de chaque courroie soumise à une même tension et on a recours au système de marquage pour indiquer le degré de variation entre la mesure exacte de la courroie et sa mesure nominale. Le code 50 indique que la longueur de la courroie respecte les tolérances de longueurs généralement admises dans l'industrie. Pour chaque dixième de pouce que mesure réellement la courroie au-dessus de sa valeur nominale, on élève le code d'une unité. Et vice versa. Pour chaque dixième de pouce sous la longueur nominale, on le réduit d'une unité. La figure 25-2 montre un exemple du marquage usuel d'une courroie par son fabricant.

Si par exemple, une courroie de 60 pouces, classe B, mesure $\frac{3}{10}$ po de plus que la longueur nominale prévue, on remplacera le 50 dans l'exemple précédent par 53. Ce sera plutôt un 47, qui remplacerait le 50 dans le cas contraire d'une longueur de $\frac{3}{10}$ po plus courte que la longueur nominale. Même si ces deux courroies portaient le même numéro B60 par exemple, il ne serait pas

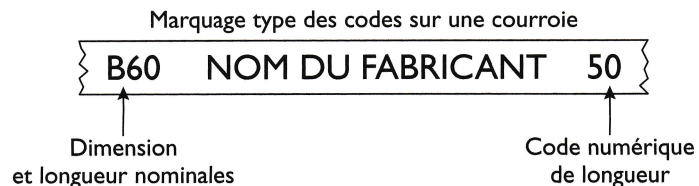


Fig. 25-2 Lecture du code numérique d'identification de la courroie.

Tableau 25-I Choix de longueur des courroies multiples

Numéro de courroie indicateur de sa longueur nominale	Longueur du pas				
	A	B	C	D	E
26	27,3				
31	32,3				
33	34,3				
35	36,3	36,8			
38	39,3	39,8			
42	43,3	43,8			
46	47,3	47,8			
48	49,3	49,8			
51	52,3	52,8	53,9		
53	54,3	54,8			
55	56,3	56,8			
60	61,3	61,8	62,9		
62	63,3	63,8			
64	65,3	65,8			
66	67,3	67,8			
68	69,3	69,8	70,9		
71	72,3	72,8			
75	76,3	76,8	77,9		
78	79,3	79,8			
80	81,3				
81		82,8	83,9		
83		84,8			
85	86,3	86,8	87,9		
90	91,3	91,8	92,9		
96	97,3		98,9		
97		98,8			
105	106,3	106,8	107,9		
112	113,3	113,8	114,9		
120	121,3	121,8	122,9	123,3	
128	129,3	129,8	130,9	131,3	
136		137,8	138,9		
144		145,8	146,9	147,3	
158		159,8	160,9	161,3	
162			164,9	165,3	
173		174,8	175,9	176,3	
180		181,8	182,9	183,3	184,5
195		196,8	197,9	198,3	199,5
210		211,8	212,0	213,3	214,5
240		240,3	240,9	240,8	241,0
270		270,3	270,9	270,8	271,0
300		300,3	300,9	300,8	301,0
330			330,9	330,8	331,0
360			360,9	360,8	361,0
390			390,9	390,8	391,0
420			420,9	420,8	421,0
480				480,8	481,0
540				540,8	541,0
600				600,8	601,0
660				660,8	661,0

Tableau 25-2 Longueurs des courroies de type cunéiforme

Longueur réelle du pas	Numéro de la couronne 3V	Numéro de la couronne 5V	Numéro de la couronne 8V	Longueur réelle du pas	Numéro de la couronne 3V	Numéro de la couronne 5V	Numéro de la couronne 8V
2,5	3V250			112	3V1120	5V1120	8V1120
2 6½	3V265			118	3V1180	5V1180	8V1180
28	3V280			125	3V1250	5V1250	8V1250
30	3V300			132	3V1320	5V1320	8V1320
30½	3V305			140	3V1400	5V1400	8V1400
33½	3V335			150		5V1500	8V1500
37½	3V375			160		5V1600	8V1600
40	3V400			170		5V1700	8V1700
42½	3V425			180		5V1800	8V1800
45	3V450			190		5V1900	8V1900
47½	3V475			200		5V2000	8V2000
50	3V500	5V500		212		5V2120	8V2120
53	3V530	5V530		224		5V2240	8V2240
56	3V560	5V560		236		5V2360	8V2360
60	3V600	5V600		250		5V2500	8V2500
63	3V630	5V630		265		5V2650	8V2650
67	3V670	5V670		280		5V2800	8V2800
71	3V710	5V710		300		5V3000	8V3000
75	3V750	5V750		315		5V3150	8V3150
80	3V800	5V800		335		5V3350	8V3350
85	3V850	5V850		355		5V3550	8V3350
90	3V900	5V900		375			8V3750
95	3V950	5V950		400			8V4000
100	3V1000	5V1000	8V1000	425			8V4250
106	3V1060	5V1060	8V1060	450			8V4500

recommandé de les installer en parallèle à cause de cette différence de longueur.

Il faut également tenir compte d'une autre éventualité. Il se peut qu'un entreposage prolongé ait affecté la longueur de la courroie. Dans la plupart des cas, cette différence devrait demeurer dans les limites des tolérances. En résumé, on pourrait dire que l'on sélectionne des courroies à utiliser dans un même système en se fiant aux codes numériques de leur longueur. Idéalement, on devrait toujours utiliser des courroies de même numéro. Mais, encore une fois, nous pouvons profiter de la résilience de ces courroies et étendre un peu les choix à notre disposition. Le tableau 25-3 affiche les variations de longueur maximum admissibles des courroies que l'on peut utiliser en parallèle.

Tableau 25-3 Variations

<i>Longueurs de courroie</i>					
	A	B	C	D	E
2	26-180	35-180	51-180		
3		195-315	195-255	120-255	144-240
4			270-360	270-360	270-360
6			390-420	390-660	390-660

Courroies sans codes de longueur

Les fabricants ont beaucoup amélioré leur procédé de fabrication au cours des dernières années. En imposant des tolérances encore plus étroites à tous les intrants comme le caoutchouc, les fibres et le carbone et en resserrant le contrôle de la qualité en cours de production, ils ont créé une toute nouvelle catégorie de courroies qui ne portent aucun code numérique de longueur. Disparue l'obligation de porter un code numérique de longueur puisque chaque courroie est rigoureusement identique en longueur à toute autre de même dimension et portant le même numéro de modèle. Bien entendu, n'achetez pas de courroies sans codes de longueur provenant de fabricants différents car les standards de longueur de chaque fabricant pourraient être différents et cela vous ramènerait au point de départ.

Usure de la poulie

Comme tout autre outil ou accessoire, les courroies et les poulies s'usent en cours de service. L'usure conduit à une pénétration plus grande de la courroie dans la gorge de la poulie. Habituellement, à l'installation, la surface du dessus d'une courroie neuve se trouve à environ 1,5 mm ($\frac{1}{16}$ po) en dessous de la circonférence des côtés de la poulie. S'il est vrai que les mécaniciens remarquent presque toujours l'usure des courroies, on ne peut en dire de l'usure combinée de la poulie et de la courroie.

Cette usure provoque la formation d'une couche lisse à la surface des joues des poulies. Cela n'est pas sans conséquence : patinage, instabilité, pertes de puissance et accélération exponentielle de l'usure. L'installation de nouvelles courroies dans les poulies usées donnera l'illusion de résoudre le problème, mais attendez de constater la vitesse avec laquelle l'usure se manifestera à nouveau sur les courroies ! Conclusion : lorsqu'on change des courroies, il importe de vérifier l'état des poulies et de prendre certaines mesures à l'aide de gabarits ou d'autres instruments.

Assurez-vous d'avoir sous la main le gabarit correspondant réellement à la poulie à vérifier. En effet, les poulies sont conçues pour accueillir une courroie dont la forme et le profil sont modifiés par la tension. Cela affecte la définition du type de poulie, sa forme et le pas diamétral à la base de sa formation. L'angle des joues des poulies de petit diamètre est plus fermé que celui des poulies de plus grand diamètre. On estime par exemple que dans les poulies de petit diamètre, l'angle inclus peut mesurer 34 degrés alors que dans les plus grandes, il peut atteindre 42 degrés.

Gorges des poulies

Lorsque l'usure atteint un degré inacceptable, des épaulements naissent dans la gorge de la poulie. Si on laisse en place une telle poulie, la rapidité de la détérioration des coins inférieurs des courroies neuves surprendra par sa rapidité. Plus la charge que doit supporter le système est importante, plus l'usure des poulies a de graves conséquences sur les opérations. Dans les applications légères ou moyennes, le fonctionnement du système peut supporter une usure estimée à $\frac{1}{32}$ po sans perte de performance alors que lorsque des charges importantes sont en jeu, une usure de 0,010 à 0,015 peut être suffisante pour affecter le rendement du système. Il faut donc vérifier l'usure, au bon endroit, soit au point illustré à la figure 25-3.

Éliminer le battement

Une inspection routinière des poulies devrait comprendre aussi une mesure du battement radial et du battement axial, comme l'illustre la figure 25-4.

Que ce soit suite à un alésage déficient du moyeu de la poulie ou suite à un gauchissement de l'arbre ou une mauvaise installation d'un manchon, les raisons à la source de ces battements sont nombreuses. On doit utiliser un comparateur à cadran pour mesurer le battement et s'en tenir aux limites suivantes :

1. Limites du battement radial pour une poulie (mesure de l'excentricité)

Poulie de moins de 10 po de diamètre : 0,010 po maximum

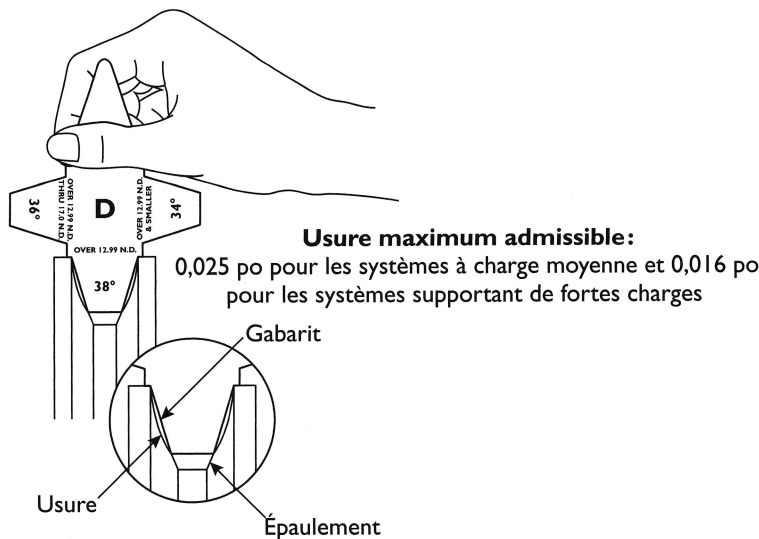


Fig. 25-3 Vérification de l'usure de la gorge d'une poulie.

Pour chaque pouce de diamètre additionnel, ajoutez 0,005 à cette tolérance.

2. Limites du battement axial (voilage de la face) d'une poulie

Jusqu'à 5 po de diamètre: 0,005 po maximum

Pour chaque pouce de diamètre supplémentaire, ajoutez 0,001 po.

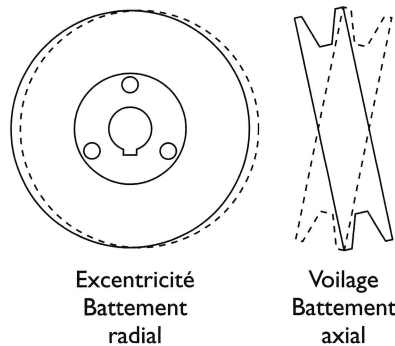


Fig. 25-4 Élimination du battement.

Alignement d'une transmission par courroie trapézoïdale

La durée utile d'une courroie trapézoïdale découle d'abord de la qualité des matériaux et des procédés utilisés lors de sa fabrication, puis de la qualité de l'entretien qu'on lui consacre et de la qualité du montage qu'on en fait. L'un des facteurs décisifs de la qualité du montage se trouve dans l'alignement des poulies qui la sous-tendent. En fait, la piètre qualité de l'alignement des poulies constitue probablement la cause la plus répandue de l'usure prématurée des courroies.

Bien que de par leur construction les courroies trapézoïdales résistent mieux que d'autres types de courroies au mauvais alignement des poulies, cette tolérance a des limites rapidement

atteintes. Le plein potentiel de vie utile d'une courroie ne s'obtient que par l'alignement soigné et méticuleux des poulies alors qu'inversement, sa durée utile diminue en fonction de l'importance de tout mauvais alignement. Un écart dans l'alignement de plus de $\frac{1}{16}$ po par 12 pouces (1,5 mm par 300 mm) de distance entre les centres des poulies suffit amplement à réduire de manière considérable la durée utile d'une courroie.

En fait, un mauvais alignement d'une transmission par courroie trapézoïdale peut trouver sa source dans un désaxement angulaire ou radial entre les arbres ou tout simplement du mauvais alignement de la gorge des poulies, comme l'illustre la figure 25-5.

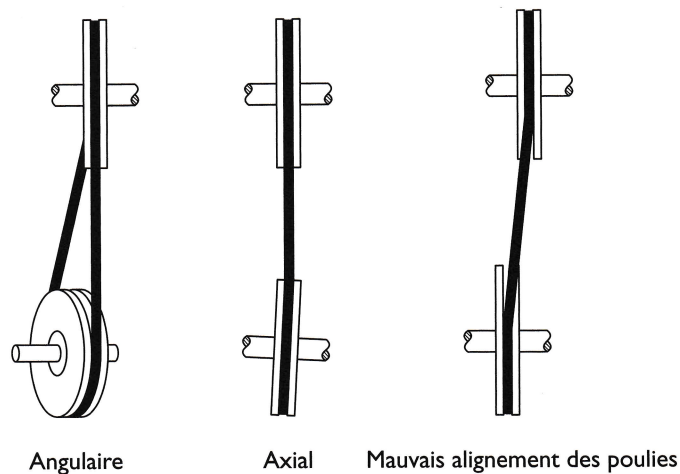


Fig. 25-5 Désaxements d'une transmission à courroie.

Dans la majorité des transmissions de ce type, les arbres occupent un plan parallèle; il suffit essentiellement des les installer au même niveau pour éliminer toute possibilité de désaxement angulaire. Cependant, lorsque les arbres occupent un plan parallèle, mais incliné, il faut un peu plus de soin pour s'assurer qu'ils ont la même inclinaison.

Désaxement d'une transmission par courroie trapézoïdale

L'outil d'alignement le plus utilisé demeure encore la règle de précision, en tout cas pour la correction du désaxement axial et de l'alignement des gorges des poulies. Certains utilisent aussi un cordeau, mais il faut vraiment faire attention car ces fils sont facilement déviés de la ligne droite. La figure 25-6 présente la façon de procéder avec ces deux accessoires, les flèches pointant vers les quatre points de vérification. Un alignement réussi ne laisse pas passer de lumière entre la règle et la poulie à ces quatre points.

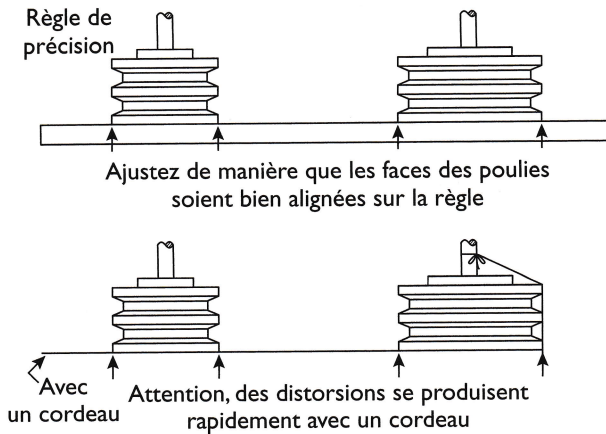


Fig. 25-6 Vérification de la justesse de l'alignement.

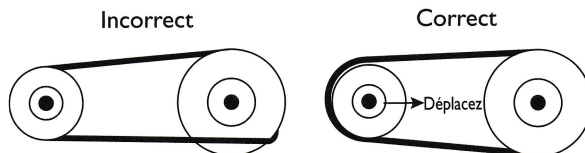


Fig. 25-7 N'étirez jamais une courroie pour la monter sur une poulie.

Installation des poulies trapézoïdales

Il ne faudrait jamais « faire monter » une courroie sur une poulie en faisant tourner cette dernière, comme l'illustre la figure 25-7. Chaque fois que l'on force ainsi une courroie, on l'affaiblit et on risque même de la briser. Parfois le dommage est tel que la courroie se retourne carrément dans la poulie lorsqu'on la met en service et qu'elle doit soutenir une charge. La méthode à suivre pour installer une courroie consiste à desserrer la poulie ajustable du système et à réduire la distance entre les centres des poulies, ce qui permet de placer la courroie dans les deux gorges des poulies sans forcer.

Suivez les six règles de l'installation d'une courroie trapézoïdale :

1. Diminuez la distance entre les centres des poulies pour glisser la courroie en place.
2. Gardez le jeu de toutes les courroies du même côté.
3. Repoussez la poulie jusqu'à ce que la courroie subisse approximativement la bonne tension.
4. Démarrez le moteur et laissez les courroies se placer dans la gorge des poulies.
5. Arrêtez le système et resserrez les courroies à la bonne tension.

6. Vérifiez à nouveau la tension des courroies après 24 à 48 heures de service.

Donner la bonne tension aux courroies trapézoïdales

L'efficacité du travail de la courroie et sa durée utile dépendent en grande partie de la tension sous laquelle elle doit opérer. Une tension trop faible entraîne le patinage de la courroie et une détérioration rapide de la poulie tout autant que de la courroie. Une tension trop grande soumet les courroies à un stress excessif et impose une charge inutile aux paliers et aux roulements. La procédure et les conseils qui suivent illustrent la méthode de vérification de la tension des courroies par la mesure de sa déflexion sous une charge perpendiculaire. La figure 25-8 illustre aussi l'utilisation appropriée d'un outil créé spécialement pour prendre cette mesure et bien ajuster la tension des courroies trapézoïdales, le tensiomètre.

Suivez les neuf étapes suivantes pour régler la tension d'une courroie trapézoïdale :

1. Mesurez la longueur à plat de la courroie, entre tangentes de centre en centre comme illustré.
2. Réglez le grand joint torique sur l'échelle de la distance entre les centres.
3. Réglez le petit joint torique sur l'échelle de la force à appliquer.
4. Placez le bout en métal du tensiomètre au milieu de la distance entre centres mesurée de la courroie.
5. Poussez sur l'outil jusqu'à ce que la partie arrière du grand joint torique soit à égalité avec le dessus de la courroie adjacente.
6. Prenez la lecture de la force qu'il a fallu appliquer sur la courroie, sur la partie coulissante de l'outil, derrière le petit joint torique.
7. Comparez cette lecture avec les valeurs affichées au tableau 25-4 pour une courroie neuve ou usagée.
8. Si la valeur de la lecture prise au tensiomètre est moindre que la valeur affichée dans le tableau, augmentez la tension de la courroie et vice versa. Si la valeur de la lecture prise au tensiomètre est supérieure à celle affichée, relâchez la tension de la courroie.
9. Si le tableau donnait une valeur impossible à obtenir à l'aide d'un seul tensiomètre, utilisez-en un deuxième immédiatement à côté du premier et additionnez les efforts des deux comme s'il ne s'agissait que d'un seul.

Note : Cet exemple aurait exigé qu'une force se situant entre 13,2 et 19,8 lb soit appliquée sur cette courroie 5V neuve. Nos

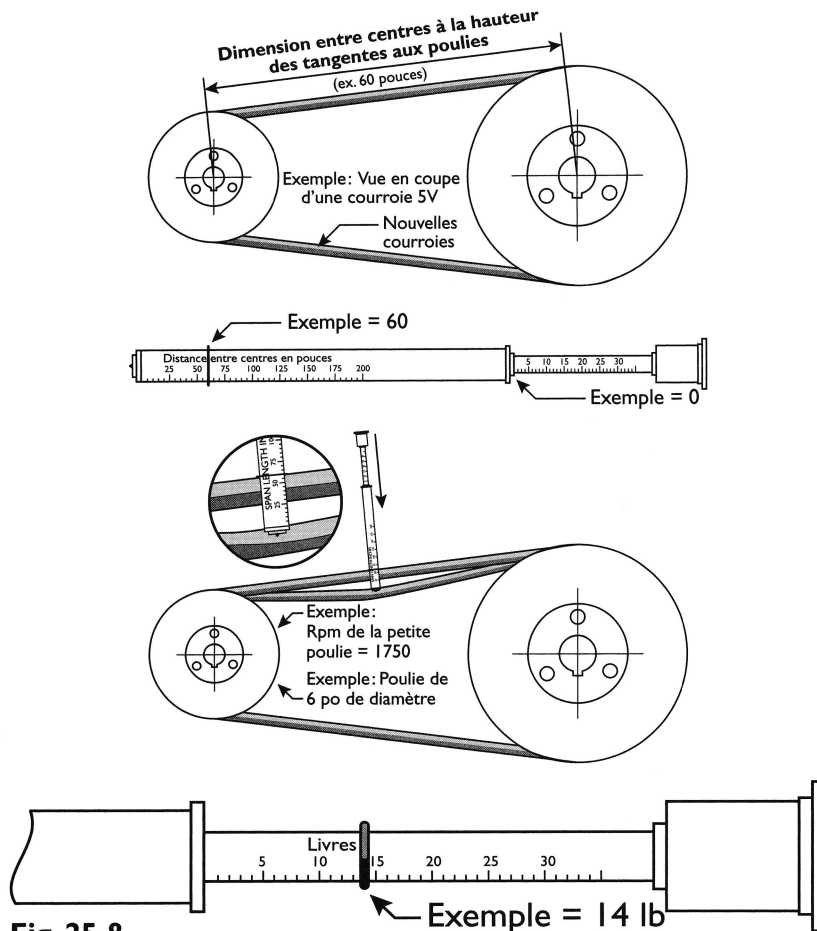


Fig. 25-8

illustrations affichent une force de 14 lb au tensiomètre, une valeur acceptable se situant dans les limites définies plus haut.

Remplacement des courroies

Il faut s'assurer de remplacer une courroie par une courroie du même type et ayant les mêmes caractéristiques. Le fait que la largeur de la surface supérieure des courroies des trois types est essentiellement la même provoque souvent des erreurs. N'oubliez pas qu'il n'est pas recommandé d'utiliser des courroies provenant de différents fabricants dans le même système parce qu'il se trouve toujours des différences de longueur entre elles.

Quand arrive le moment de déterminer la longueur des courroies d'une transmission, on ne doit pas chercher à le faire avec précision: d'abord parce que presque toutes les transmissions comportent un mécanisme permettant d'ajuster la tension des courroies (et leur longueur) et ensuite parce que le choix des courroies ne s'étend pas au-delà des dimensions standard que l'on

Tableau 25-4

Force de déflexion minimum et maximum à appliquer							
Pour les poulies de petit format			Nouvelle courroie		Courroie usagée		
	Diamètre en po	RPM	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	
A	3 à 3½	1000–2500	8,3	5,5	5,5	3,7	
		2501–4000	6,3	4,2	4,2	2,8	
	3¾ à 4⅞	1000–2500	10,2	6,8	6,8	4,5	
		2501–4000	8,6	5,7	5,7	3,8	
B	5 à 7	1000–2500	12,0	8,0	8,0	5,4	
		2501–4000	10,5	7,0	7,0	4,7	
	3¾ à 4¼	850–2500	10,8	7,2	7,2	4,9	
		2501–4000	9,3	6,2	6,2	4,2	
	4¾ à 5½	850–2500	11,9	7,9	7,9	5,3	
		2501–4000	10,0	6,7	6,7	4,5	
C	5⅞ à 8½	850–2500	14,1	9,4	9,4	6,3	
		2501–4000	13,4	8,9	8,9	6,0	
	7 à 9	500–1740	25,5	17,0	17,0	11,5	
		1741–3000	20,7	13,8	13,8	9,4	
	9½ à 16	500–1740	31,5	21,0	21,0	14,1	
		1741–3000	27,8	18,5	18,5	12,5	
D	12 à 16	200–850	55,5	37,0	37,0	24,9	
		851–1500	47,0	31,3	31,3	21,2	
	18 à 20	200–850	67,8	45,2	45,2	30,4	
		851–1500	57,0	38,0	38,0	25,6	(suite...)

(suite...)

Tableau 25-4 (suite)

Pour les poulies de petit format		Nouvelle courroie		Force de déflexion minimum et maximum à appliquer		Courroie usagée	
		Diamètre en po	RPM	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
E	21½ à 24	100-450 451-900		71,0	47,0	47,0	31,3
				48,0	32,0	32,0	21,3
3V	2¼ à 2¾	1000-2500		7,4	4,9	4,9	3,3
		2501-4000		6,5	4,3	4,3	2,9
	2½ à 3½	1000-2500		7,7	5,1	5,1	3,6
		2501-4000		6,6	4,4	4,4	3,0
5V	4⅛ à 6⅞	1000-2500		11,0	7,3	7,3	4,9
		2501-4000		9,9	6,6	6,6	4,4
	4¾ à 6⅝	500-1740		22,8	15,2	15,2	10,2
		1741-3000		19,8	13,2	13,2	8,8
	7⅛ à 10⅞	500-1740		28,4	18,9	18,9	12,7
		1741-3000		25,0	16,7	16,7	11,2
	11⅞ à 16	500-1740		35,1	23,4	23,4	15,5
		1741-3000		32,7	21,8	21,8	14,6
8V	12½ à 17	200-850		74,0	49,3	49,3	33,0
		851-1500		59,8	39,9	39,9	26,8
	18 à 22¾	200-850 851-1500		88,8 79,0	59,2 52,7	59,2 52,7	39,6 35,3

trouve aux catalogues. Puisqu'en général les incréments de longueur entre les courroies au catalogue se situent toujours à quelques pouces entre elles, une estimation de la longueur suffit généralement. On peut donc tirer de ce raisonnement les règles suivantes pour établir sans difficulté la longueur de courroie appropriée pour une transmission par courroie trapézoïdale :

1. Additionnez les diamètres primitifs des deux poulies et multipliez ce résultat par 1,5.
2. À ceci, ajoutez 2 fois la distance entre centres des poulies.
3. Sélectionnez une courroie dont la longueur est juste au-dessus de ce grand total.

On ne peut pas recourir à cette méthode si les centres des poulies sont fixes ou s'il existe une différence marquée entre les diamètres primitifs des deux poulies rapprochées.

Courroies sur bande et en micro-V

Au cours des dernières années, la courroie en micro V a beaucoup gagné en popularité. On l'utilise souvent pour transmettre l'énergie du moteur d'une automobile, par le biais de la poulie du vilebrequin, et ainsi entraîner l'alternateur, alimenter le système de climatisation de l'air et d'autres accessoires. Sa fabrication se distingue par le fait qu'elle semble constituée d'une longue chaîne de sections en V, toutes rattachées à leur base sur la même bande.



Fig. 25-9 Courroies sur bande.

On rencontre maintenant des courroies trapézoïdales commerciales classiques qui empruntent à ce type de fabrication (figure 25-9). Employées sur des transmissions utilisant plusieurs poulies en parallèle, ce type de courroie produit une énergie de transmission plus régulière et stable que les autres. Ainsi, deux poulies ou davantage se trouvent liées par une seule bande de caoutchouc qui sous-tend les différentes sections de courroies en V. Cette couche supérieure contribue à la stabilité de la courroie.

Dépannage

Une transmission par courroie trapézoïdale bien assemblée et entretenue devrait permettre un service continu de la courroie sur une période de 3 à 5 ans et assurer une vie utile de 10 à 20 ans, selon les conditions. Les systèmes dont les performances se situent bien en deçà de ces valeurs devraient susciter un questionnement. Les données du tableau 25-5 devraient contribuer à la prévention de plusieurs problèmes que posent parfois ces transmissions et guider les interventions de dépannage des mécaniciens pour en éviter la récurrence.

Tableau 25-5 Transmission par courroies trapézoïdales

Symptôme	Cause	Correctif
Courroie brisée	Charge par à-coups ou charge excessive au lancement	Vérifiez la tension. Vous devrez peut-être modifier la conception de la transmission pour qu'elle puisse faire appel à des courroies de plus grande capacité.
Chaleur excessive	Patinage de la courroie Mauvais alignement du système Des objets tombent sur la courroie ou entre la courroie et la gorge de la poulie Effilochage de la courroie	Vérifiez la tension de la courroie Vérifiez l'alignement des poulies et des arbres. Protégez la transmission avec un garde constitué d'une fine broche. Probablement causé par un montage forcé de la courroie sur la poulie. Montez la courroie selon les règles de l'art.
Courroie bruyante	Tension insuffisante Contact insuffisant en circonférence de la poulie (l'empêchant de transmettre toute sa puissance à la poulie).	Augmentez la tension (utilisez un tensiomètre). Vous devrez peut-être repenser le système pour y incorporer des poulies de plus petits diamètres.
Usure prématurée de la poulie	Environnement contaminé	Utilisez un garde protecteur à ras les courroies.
Vibrations inégales de la courroie	Tension insuffisante Arbres ou rotors non balancés Cadre ou arbres trop légers pour l'application	Augmentez la tension de la courroie (utilisez le tensiomètre). Utilisez des instruments d'analyse des vibrations pour mesurer les déséquilibres. Faites balancer le système. Examinez la possibilité de remonter le système dans un cadre plus rigide ou de renforcer le cadre actuel.
Renversement de la courroie	Effilochage de la courroie Entraînement insuffisant Alignement déficient des poulies ou des arbres Joues de poulies rainurées	Probablement causé par un montage forcé de la courroie sur la poulie. Montez la courroie selon les règles de l'art. Repensez le système de transmission. Corrigez l'alignement à l'aide d'une règle de précision ou d'un cordeau. Remplacez les poulies.

26. COURROIES SYNCHRONES

Courroies de distribution

Les courroies synchrones, qu'on appelle parfois courroies de distribution, combinent la flexibilité des transmissions à courroies avec les avantages de la chaîne et de la transmission à engrenages. La transmission s'effectue par l'engagement des dents de la courroie et des dents de la poulie, comme dans les transmissions à chaîne plutôt que par la friction, comme dans les transmissions par courroie usuelles. Cette conjugaison des dents de la courroie et de la poulie élimine le patinage et les variations de vitesse qui s'en suivent normalement. De plus, il n'existe aucun risque de contact métal à métal et le système n'exige aucune lubrification.

Fabrication des courroies synchrones

Ces courroies sont constituées de dents conçues pour s'engager dans celles d'une poulie expressément conçue à cet effet, à la manière d'un engrenage. Contrairement aux autres courroies, la courroie synchrone ne tire pas sa résistance au cisaillement de son épaisseur. Elles est plutôt mince ; ce sont les rayons d'acier, qui courent sur toute sa longueur ainsi que ses dents solidement moulées, qui lui donnent toute sa résistance.

Composants des courroies synchrones

Les courroies synchrones sont fabriquées de matériaux synthétiques très performants. La figure 26-1 illustre ses trois principaux composants : la bande arrière en néoprène, les filaments de tension en acier et les dents de néoprène recouvertes de nylon. Ce nylon, appliqué en usine, est extrêmement résistant à l'usure et après une courte mise en service, il devient lui-même très poli, ce qui lui confère un très faible coefficient de friction. Le principe à la base

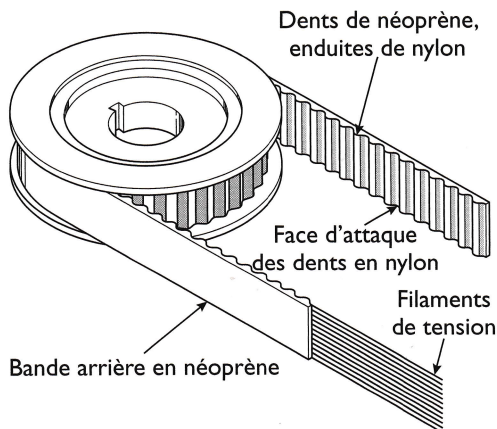


Fig. 26-1