

**Problématique.**

Mise en place d'une maintenance préventive pour la vérification de tension d'une courroie par tensionnètre à fréquence.

**Matériels et documents mis à disposition :**

- Système poulie courroie..
- Tensionnètre contitech.
- Ressources documentaires OPTIBELT fabricant de courroie.
- Tout le matériel habituellement disponible dans l'atelier (EPI, EIS, ECS, appareils de mesure, caisse à outils...).



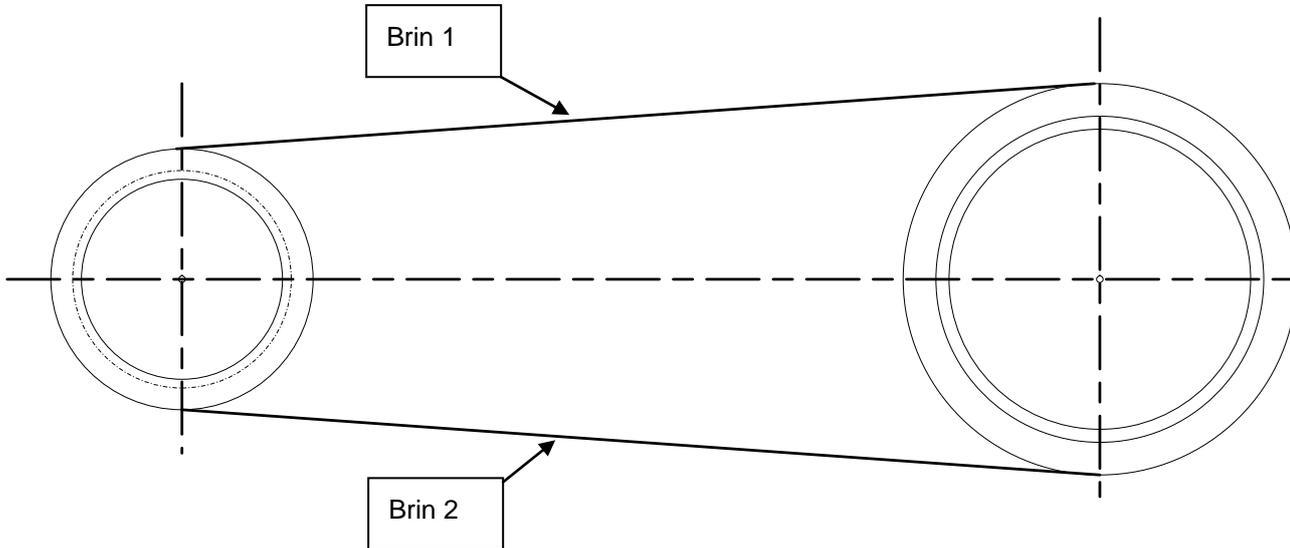
**TRAVAIL DEMANDE :**

*Préambule : pour chaque étape, vous devez maîtriser les risques*

**1°) Détermination des caractéristiques du montage poulie courroie.**

Le but de cette partie est de déterminer toutes les caractéristiques du montage poulie courroie considéré.  
Mise en arrêt de la machine pour effectuer les relevés et les mesures.  
Soulever le carter de protection due la perceuse à colonne.

**1.1. relever les différentes mesures caractéristiques du montage.**



Référence courroie : <b>SPA 1120</b>	Longueur : <b>1120 mm</b>	Type : <b>SPA</b>	Profil : Trapézoïdal
Diamètre petite poulie D2 = <b>64 mm</b>	Diamètre grande poulie : D1 = <b>128 mm</b>		Entraxe a = <b>413mm</b>
Rapport de réduction i = <b>2</b>	Fréquence de rotation moteur = <b>1435 tr.min<sup>-1</sup></b>		Puissance = <b>1,2 kW</b>

# VERIFICATION DE TENSION DE COURROIE PAR TENSIOMETRE A FREQUENCE

Les éléments à relever sont exprimés en bleu dans le tableau. Ils sont liés au système poulie courroie et à la référence relevée sur la courroie.

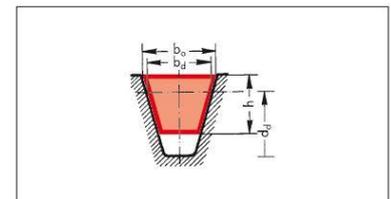
Tableau de choix de section dans le catalogue OPTIBELT :



Section SPZ			Section SPA			
Longueur de référence ISO (mm) $L_d$			Longueur de référence ISO (mm) $L_d$			
487	1037	1637	732	1382	2120	3350
512	1047	1662	757	1400	2132	3382
562	1060	1687	782	1407	2182	3550
587	1077	1700	800	1432	2207	3750
612	1087	1737	807	1457	2232	4000
630	1112	1762	832	1482	2240	4250
637	1120	1787	850	1500	2282	4500
662	1137	1800	857	1507	2300	
670	1162	1812	882	1532	2307	
687	1180	1837	900	1557	2332	
710	1187	1862	907	1582	2360	
722	1202	1887	932	1600	2382	
737	1212	1900	950	1607	2432	
750	1237	1937	957	1632	2482	
762	1250	1987	982	1657	2500	
772	1262	2000	1000	1682	2532	
787	1287	2037	1007	1700	2582	
800	1312	2120	1032	1707	2607	
812	1320	2137	1060	1732	2632	
825	1337	2150	1082	1757	2650	
837	1347	2187	1107	1782	2682	
850	1362	2240	1120	1800	2732	
862	1387	2287	1132	1807	2782	
875	1400	2360	1157	1832	2800	
887	1412	2500	1180	1857	2832	

Détermination du diamètre primitif de la courroie :

**1.2. D'après le tableau du document ressource p44, déterminer les diamètres primitifs de la petite et de la grande poulie.**



Petite poulie		Grande poulie	
D2	64	D1	128
c	2,8 mm	c	2,8 mm
Dd2	58,4 mm	Dd1	122,4 mm

$Dd = D - 2c$

Tableau 1

Section	SPZ	SPA	SPB	SPC
Largeur supérieure	$b_0 \approx 9,7$	12,7	16,3	22
Largeur effective	$b_D \approx 8,5$	11	14	19
Hauteur courroie	$h \approx 8$	10	13	18
Diamètre effectif minimum de poulie recommandée	$d_{d \text{ min}} \approx 63$	90	140	224
Masse linéaire (kg/m)	$\approx 0,074$	0,123	0,195	0,377
Fréquence de flexion (1/s)	$f_{\text{max}} \approx$	100		
Vitesse linéaire (m/s)	$v_{\text{max}} \approx$	55*		

\*  $v > 42$  m/s. Veuillez vous adresser aux ingénieurs de notre service technique.

## 2°) Détermination de la tension de la courroie.

### 2.1. Relever la fréquence propre de la courroie.

A l'aide de la documentation ressource de l'appareil de mesure, relever en mettant en œuvre le mode opératoire décrit la fréquence propre de la courroie  $F_p$ .

Cette fréquence avec le mode d'application peut-être relevée à l'aide d'appareil de différents constructeurs :

Optibelt : <https://www.optibelt.com/fr/produits/appareils-techniques/optibelt-tt/>.

Continental : <https://www.continental-industry.com/fr/solutions/power-transmission/industrial-applications/drive-belts/service/products/service-tools-catalogues/tension-gauges>

Dans notre cas nous utiliserons un appareil continental VSM-3

Faire 5 mesures sur chaque brin de courroie et prendre le plus défavorable, c'est-à-dire la fréquence la plus haute. La fréquence est bien sûr exprimée en Hz.

Brin	Mesure n°1	Mesure n°2	Mesure n°3	Mesure n°4	Mesure n°5
1	70	69	69	70	70
2	68	68	69	68	69

**Valeur retenue pour  $F_p = 70$  Hz**

### 2.2. Calcul de la tension de courroie.

La formule utilisée (donnée à la page 131) est :  $T = 4 \cdot k \cdot L^2 \cdot f^2$

Avec

T : tension statique du brin en N

k : masse linéaire de la courroie en kg/m

L : longueur de brin en m

f : fréquence en Hz

Nota : à la page 83 de la documentation vous trouverez toutes les abréviations et la mise en situation.

#### **2.2.1. Calcul de la longueur de brin :**

##### **a) Détermination de l'angle d'enroulement et du facteur de correction $c_1$ .**

La valeur de  $\beta$  est donnée à la page 70 de la documentation. Il faut déterminer  $d_{dg}$  et  $d_{dk}$  en fonction du type de la courroie.

Dans notre cas :

$$\frac{Dd1 - Dd2}{a} = \frac{122.4 - 58.4}{413} = 0.15$$

On en déduit un angle d'enroulement  $\beta = 171^\circ$  et donc un facteur de correction  $c1 = 1$

Le facteur de correction  $c1$  n'est donné qu'à titre indicatif, car il intervient dans le calcul des puissances.

### b) Calcul de la longueur de brin.

Donner la valeur de la longueur de brin à l'aide de la page 125.

$$L = a \cdot \sin \frac{\beta}{2} = 413 \times \sin \frac{171}{2} = 412 \text{ mm} = 0.412 \text{ m}$$

$$\boxed{L = 0,412 \text{ m}}$$

### 2.2.2. Recherche de la masse linéaire de la courroie $k$ .

Cf page 6.

$$\boxed{k = 0.123 \text{ kg.m}^{-1}}$$

*Il est aussi possible de peser la courroie et de trouver sa masse linéaire.*

Justification :

La courroie est de type SPA. Si elle est pesée on effectue le calcul suivant  $k = \frac{\text{masse (kg)}}{\text{longueur (m)}}$

Dans notre cas on relève une masse de 135 g, ce qui correspond environ aux données constructeur.

### 2.2.3. Calcul de $T$ .

Détails du calcul :

$$T = 4kL^2f^2 = 4 \times 0,123 \times 0,412^2 \times 70^2$$

$$\boxed{T = 409 \text{ N}}$$

## 3°) Détermination de l'effort maxi et conclusions.

### 3.1. Détermination de l'effort maxi de tension de la courroie.

A l'aide de la documentation de la page 132 déterminer l'effort maxi de tension du brin de la courroie pour une courroie standard. Justifier.

Il existe pour cette courroie 2 valeurs admissibles. La première de 350 N est donnée pour le premier montage de la courroie, la deuxième est donnée pour l'entretien ou vérification courante ce qui est notre cas.

On en déduit donc que :

$$T_{\text{maxi}} = 250\text{N}$$

### 3.2. Conclusions.

Conclure sur l'action à envisager pour cette courroie.

Il faut envisager de diminuer la valeur de la tension de la courroie pour la ramener à 250 N.

## 4°) Détermination de la fréquence idéale.

Il s'agit de déterminer maintenant la fréquence idéale qui correspond à la tension statique de brin déterminée précédemment pour cette courroie et de la contrôler à l'aide de l'appareil VSM-3.

### 4.1. Calcul de la fréquence de la courroie.

A partir de l'effort trouvé précédemment, calculer la fréquence de la courroie.

On sait que La formule utilisée est :  $T = 4 \cdot k \cdot L^2 \cdot f^2$

$$\text{On en déduit que } f = \sqrt{\frac{T}{4 \cdot k \cdot L^2}} = \sqrt{\frac{250}{4 \times 0,123 \times 0,412^2}}$$

$$f = 55 \text{ Hz}$$

### 4.2. Mise en œuvre de la fréquence de la courroie.

A partir de la valeur de la fréquence, régler la tension de la courroie et procéder au test de bon fonctionnement.

## 5°) Automatisation des calculs sous un tableur.

Il s'agit d'automatiser la fonction calcul pour éviter les erreurs et pour que les agents de maintenance puissent avoir directement les valeurs en fonction de l'application.

Le fichier Excel avec ses macros est fourni dans les documents ressources.

### 5.1. Entrée des données des mesures de fréquence relevées sur chaque brin.

## VERIFICATION DE TENSION DE COURROIE PAR TENSIOMETRE A FREQUENCE

Brin	Mesure n°1	Mesure n°2	Mesure n°3	Mesure n°4	Mesure n°5
1	72 Hz	69 Hz	69 Hz	70 Hz	70 Hz
2	68 Hz	68 Hz	69 Hz	68 Hz	69 Hz

F en Hz = 72

Masse linéaire en kg/m 0,123

L'agent indique dans les cases en bleu les différentes valeurs de fréquence relevées avec l'appareil VSM-3, ainsi que la valeur de la masse linéaire de la courroie.

La fréquence retenue apparaît en jaune à l'aide de la fonction =MAX(B2:F3).

### 5.2. Entrée des valeurs du mécanisme.

Diamètre de la petite poulie Dd2 en mm	64 mm
Diamètre de la grande poulie Dd1 en mm	128 mm
Entraxe a en mm	413 mm
Hauteur c	2,8 mm

Diamètre de la petite poulie $d_{dk}$ en mm	58,4 mm
Diamètre de la grande poulie $d_{dg}$ en mm	122,4 mm

$$d_{dk} = Dd2 - 2c$$

$$d_{dg} = Dd1 - 2c$$

( $d_{dg} - d_{dk}$ ) / a	0,15
---------------------------	------

Arc d'enroulement sur la petite poulie $\beta$ en °	171°
---	------

Cliquer pour exécuter le calcul

Facteur de correction d'angle coeff c1	1,00
--	------

### 5.3. Calculs de $\beta$ et c1.

La macro Visual Basic créée est la suivante, elle permet de retourner la valeur de  $\beta$  et c1 :

```

Sub coeff_c1()
    B = 177
    Case ls < 0.35
        B = 162
    '
    c1 = 1
    Case ls < 0.15
        c1 = 0.99
    ' coeff_c1 Macro
    B = 174
    Case ls < 0.4
        B = 160
    ' Variables
    Dim correcteur As Single, B As Single, c1 As Single
    correcteur = Range("E15")
    B = 171
    Case ls < 0.45
        B = 156
    c1 = 1
    Case ls < 0.25
        c1 = 0.99
    '
    B = 168
    Case ls < 0.5
        B = 153
    c1 = 0.99
    Case ls < 0.05
        B = 180
    Case ls < 0.3
        B = 165
    c1 = 0.99
    Case ls < 0.1
        B = 150
    
```

## VERIFICATION DE TENSION DE COURROIE PAR TENSIONNOMETRE A FREQUENCE

c1 = 0.98	B = 123	Case Is < 1.45
Case Is < 0.6	c1 = 0.95	B = 92
B = 147	Case Is < 1.05	c1 = 0.88
c1 = 0.98	B = 119	Case Is < 1.5
Case Is < 0.65	c1 = 0.94	B = 88
B = 144	Case Is < 1.1	c1 = 0.87
c1 = 0.97	B = 115	Case Is < 1.55
Case Is < 0.7	c1 = 0.94	B = 84
B = 141	Case Is < 1.15	c1 = 0.86
c1 = 0.97	B = 112	Case Is < 1.6
Case Is < 0.75	c1 = 0.93	B = 80
B = 139	Case Is < 1.2	c1 = 0.84
c1 = 0.97	B = 109	Case Else
Case Is < 0.8	c1 = 0.93	B = 77
B = 136	Case Is < 1.25	c1 = 0.83
c1 = 0.97	B = 106	End Select
Case Is < 0.85	c1 = 0.92	
B = 133	Case Is < 1.3	Range("E17") = B
c1 = 0.96	B = 103	Range("E19") = c1
Case Is < 0.9	c1 = 0.91	
B = 130	Case Is < 1.35	
c1 = 0.96	B = 100	
Case Is < 0.95	c1 = 0.91	
B = 126	Case Is < 1.4	End Sub
c1 = 0.96	B = 96	
Case Is < 1	c1 = 0.9	

### 5.4. Calcul de la longueur de brin L.

Longueur de brin L en mm	411,70 mm
--------------------------	-----------

On peut également la relever avec une corde par exemple mais c'est moins précis que par le calcul.

### 5.5. Calcul de la tension statique du brin.

Dans un premier temps il faut renseigner la tension statique donnée par le constructeur pour la courroie (dans le cas soit du premier montage, soit dans l'entretien courant).

Le calcul de  $T = 4 \cdot k \cdot L^2 \cdot f^2$  est ensuite effectué. Le résultat par l'intermédiaire d'une macro VB est en rouge ou en vert. Vert si l'effort est bon à plus ou moins 5% et rouge si en dehors.

Choix de la tension statique T du brin en N	250 N
---	-------

Calcul de la tension T de la courroie en N	432,31 N
--	----------

Cliquer pour savoir si la tension de brin T est correcte

La macro est la suivante :

```

Sub TensionBouM()
'
' TensionBouM Macro
' Fait apparaître la case en couleur Rouge ou Verte
' Variables
Dim Tension As Single
Tension = Range("E25")
Tension_choisie = Range("E23")

If Tension > 1.05 * Tension_choisie Or Tension < 0.95 * Tension_choisie Then
    Range("E25").Select
    Selection.Interior.Color = RGB(255, 0, 0)
Else
    Range("E25").Select
    Selection.Interior.Color = RGB(0, 255, 0)
End If
'
End Sub
    
```

**6°) Valeurs à vérifier par le technicien ou l'agent de maintenance.**

*Afin d'optimiser les rondes de maintenance préventive conditionnelle, il est important de rendre systématique la procédure pour chaque ensemble poulie-courroie du parc machines. L'étude représente certes un investissement intellectuel de quelques heures mais il sera vite rentable dans une amélioration de la politique de mise en œuvre de la maintenance conditionnelle.*

Pour notre cas et pour cette courroie, les valeurs, que le technicien ou l'agent de maintenance devront vérifier seront donc données par le choix de la tension statique de la courroie (premier montage ou entretien courant). Les valeurs seront vérifiées selon une périodicité définie par le responsable maintenance.

Tension statique de brin premier montage en N	350 N
---	-------

Fréquence mini en Hz	62 Hz
Fréquence idéale en Hz	66 Hz
Fréquence maxi en Hz	69 Hz

Tension statique de brin entretien en N	250 N
---	-------

Fréquence mini en Hz	53 Hz
Fréquence idéale en Hz	55 Hz
Fréquence maxi en Hz	58 Hz

Enfin, tout est résumé dans la légende des couleurs ci-contre :

Couleur	Légende
	Valeur à entrer
	Valeur calculée
	Danger trop ou pas assez tendue
	Seuil haut ou bas (+/- 5%)
	Valeur correcte

## **7°) Conclusions.**

Cette démarche permet de clarifier, qualifier et quantifier pour chaque courroie les valeurs de tension de des courroies du parc machines.

A moindre coût :

- investissement dans un appareil de mesure,
- récapitulatif des courroie du parc machines,
- étude des tensions et fréquences correctes pour chaque courroie,
- mise en place du suivi (périodicité, forme).

Il est possible selon les cas :

- de standardiser ses fournisseurs ce qui dans ce cas donne la possibilité d'investir dans le logiciel spécifique du fournisseur. Ce n'est pas toujours possible et plus onéreux dans l'investissement s'il y a beaucoup de fournisseurs différents.

Il semble donc pertinent d'adopter la démarche proposée lors de cette activité, qui peut être résumée par l'algorithme donné à la page suivante :

# VERIFICATION DE TENSION DE COURROIE PAR TENSIOMETRE A FREQUENCE

