



## Analysis of the influence of angular speed on the wear of a trapezoidal toothed timing belt

Analyse de l'influence de la vitesse de rotation sur l'usure d'une courroie de distribution à denture trapézoïdale

**Sidi Mohammed MERGHACHE<sup>a\*</sup>, Amine HAMDI<sup>b</sup>.**

<sup>a</sup>Centre Universitaire de Tissemsilt, Laboratoire ETAP, Université Abu BekrBelkaid -Tlemcen-Algerie

<sup>b</sup>Laboratoire AO, Institut d'optique

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 09 May 19

Received in revised form 16 June 19

Accepted 28 June 19

#### Keywords:

belt; poly; wear; temperature, angular speed

#### Mots clés:

Courroie, poulie, usure, température, vitesse de rotation.

### ABSTRACT

Timing belts are essential elements in automobile mechanics. Notched and tensioned, the belt allows the engine components to act synchronously. Its function is mainly to drive the crankshaft and the camshaft, which themselves drive the engine pistons and valves. A broken belt inevitably has dramatic consequences for the engine. We have highlighted in this article, the influence of the rotational speed and the motor torque on the wear of an AT10 toothed belt. This is to qualify this study through experimentation.

### RÉSUMÉ

Les courroies de distribution sont des éléments essentiels à la mécanique automobile. Crantée et sous tension, la courroie permet aux composants du moteur d'agir de manière synchronisée. Sa fonction est principalement d'entraîner le vilebrequin et l'arbre à cames, qui eux-mêmes dirigent les pistons du moteur et les soupapes. Une casse de la courroie provoque inévitablement des conséquences dramatiques pour le moteur. Nous avons mis en évidence dans cet article, l'influence de la vitesse de rotation et du couple moteur sur l'usure d'une courroie dentée de type AT10. Il s'agit de qualifier cette étude par le biais de l'expérimentation.

## 1 Introduction

Les courroies de distribution (Fig.1) sont des courroies plates dont la face interne est pourvue de dents transversales qui s'engrènent avec les crans d'une poulie crantée. On utilise ces courroies lorsqu'on veut éliminer le glissement entre les courroies et les poulies pour obtenir une transmission synchronisée, c'est-à-dire pour que le rapport de vitesse demeure constant et précis. Ce sont des éléments de machines qui servent essentiellement à transmettre des efforts, des mouvements de rotation et qui présentent de nombreux avantages parmi lesquels : une transmission des forces sans glissement avec une bonne précision angulaire, un fonctionnement à vitesses élevées pouvant dépasser 50 m/s; et une transmission entre arbres éloignés jusqu'à plusieurs mètres et un bon rapport poids-puissance. Cependant; elles présentent quelques inconvénients, particulièrement une marque de robustesse et un

\* Corresponding author. Tel.: +213 661756439.

E-mail address: merghache\_sidimohamed@yahoo.fr

problème de fiabilité de fonctionnement. Mais, compte tenu de leurs avantages mécaniques les courroies synchrones constituent un élément de transmission très utile dans l'industrie [1-2].

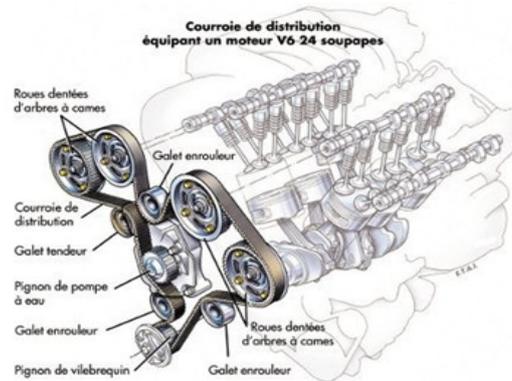


Fig. 1 – Courroie de distribution d'une voiture.

Depuis 70 ans, de nombreuses recherches théoriques et expérimentales ont été menées pour définir et comprendre le comportement des courroies synchrones et par conséquent optimiser leur durée de vie. Ces recherches ont véritablement contribué à résoudre scientifiquement le problème de transmission et réussi à éclaircir certains points. L'analyse des travaux menés sur les transmissions par courroie permet d'apporter des éléments de réponse sur le comportement thermique et dynamique observé. Ces courroies sont sensibles aux conditions d'utilisation, il existe en effet une variation des valeurs du coefficient de frottement et de la traction en fonction de la température. En 2018, Wang et al [3] ont présenté une étude expérimentale pour comprendre de manière exhaustive les mécanismes de la rectification à sec de courroie sur un acier durci. L'évolution de l'usure de la courroie et l'évolution du changement de texture de surface ont été étudiées quantitativement et visuellement. Il a été révélé que l'usure de la courroie était liée à la texture de la surface de la pièce. Cependant, Andrejiova et Grincova [4] ont développé un modèle qui analyse et classe les dommages causés à la courroie d'un convoyeur par l'impact de la chute du matériau sur une courroie transporteuse. La classification des dommages sera effectuée à l'aide du classificateur Naïve Bayes. Ce modèle est basé sur des mesures expérimentales réalisées avec une machine d'essai spéciale. Par ailleurs, Hakami et al [5] ont étudié l'influence des différents paramètres sur l'usure des courroies transporteuses tels que la charge, la distance de glissement, le frottement et les propriétés mécaniques des caoutchoucs, ainsi que le taux d'usure des matériaux à base de caoutchouc. D'autre part, Fedorko et al [6] ont analysé plusieurs échantillons sélectionnés de la courroie transporteuse qui a été utilisée pour le transport d'un minerai grillé à la température de 120 ° C. Les petites défaillances sont survenues initialement lors de l'utilisation de cette courroie transporteuse. Ces défaillances ont conduit au développement de fissures graves après un temps de fonctionnement plus long. L'application d'une méthode de diagnostic non destructive permet d'envisager une possibilité d'opération future de la bande et d'obtenir des informations plus détaillées sur ce type de processus dommageable.

## 2 Calcul des paramètres de la courroie AT10

Les courroies de distribution de type AT10 [7] font l'objet de nombreuses études et recherches dans le but d'optimiser leur comportement, leur caractéristique et notamment leur durée de vie. Ces courroies dentées transmettent une puissance  $P$  ou plus exactement un couple  $C$  par les dents en prise  $Z_e$  sur la petite poulie motrice de diamètre  $d_{k1}$  tournant à une vitesse  $N_1$ . Chaque dent en prise est capable de transmettre un effort maxi de  $F_{T/Z}$ . Pour définir une courroie, il faut donc connaître l'effort tangentiel  $F_T$  qui s'appliquera aux dents en prise  $Z_e$  et aux câbles d'armature voir Fig.2. Les équations suivantes Eq (1), Eq (2) et Eq (3) sont utilisées pour déterminer la puissance à transmettre  $P$ , le couple  $C$  et la force tangentielle  $F_T$ :

$$C = \frac{d_{k1} \cdot F_T}{2 \cdot 10^3} \quad (1)$$

$$P = \frac{C \cdot N_1}{9,55 \cdot 10^3} \quad (2)$$

$$F_T = \frac{19,1 \cdot 10^6 * P}{N_1 \cdot d_{k1}} \quad (3)$$

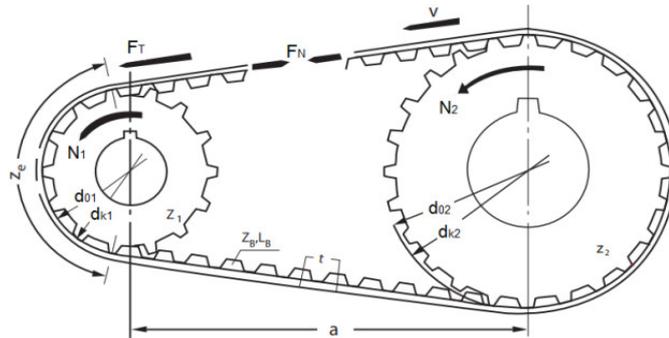


Fig. 2 –Paramètres de la courroie crantée type AT10 [8].

D’après les équations précédentes, on obtient les valeurs des paramètres de cette courroie AT10 en fonction de la vitesse angulaire, voir le Tableau 1.

Tableau 1– Valeurs des paramètres de la courroie

Vitesse[tr/min]	Puissance[Wat]	Force $F_T$ [N]	Couple C [N.m]
10	0,14	2764,80	129,46
	0,14	2903,04	135,93
	0,15	3041,28	142,41
	0,16	3179,52	148,88
	0,16	3317,76	155,35
	0,18	3594,24	168,30
	0,19	3870,72	181,25
	0,20	4147,20	194,19
500	0,22	4423,68	207,14
	5,46	2227,20	104,29
	5,73	2338,56	109,50
	6,01	2449,92	114,72
	6,28	2561,28	119,93
	6,55	2672,64	125,15
	7,10	2895,36	135,58
	7,64	3118,08	146,00
3000	8,19	3340,80	156,43
	8,74	3563,52	166,86
	19,77	1344,0	62,93
	20,76	1411,2	66,08
	21,75	1478,4	69,23
	22,73	1545,6	72,37
	23,72	1612,8	75,52
	25,70	1747,2	81,81
5000	27,68	1881,6	88,11
	29,65	2016,0	94,40
	31,63	2150,4	100,69
	25,42	1036,80	48,55
	26,69	1088,64	50,98
	27,96	1140,48	53,40
	29,23	1192,32	55,83
	30,50	1244,16	58,26
5000	33,04	1347,84	63,11
	35,59	1451,52	67,97
	38,13	1555,20	72,82
	40,67	1658,88	77,68

### 3 Partie expérimentale

On présente l'architecture générale du banc d'essai des courroies par la Fig. 3. On place quatre courroies synchrones de type AT 10 entre deux poulies. L'ensemble global peut être déplacé perpendiculairement à l'axe de puits pour montage et l'ajustement de la tension de pose pour ces courroies synchrones. Alors, l'ensemble des éléments est serré à un appui rigide lourd. Ces deux poulies sont montées sur deux arbres de diamètres 40 mm. Pour chaque courroie, les essais sont les suivants :

- Vitesses de rotation 10-500-3000-5000 tr/mn.
- 9 paliers de charges. Pour les différents paliers de charges et pour une vitesse donnée, on prend la valeur de la force tangentielle transmissible par une dent en prise FN(N) par 10 mm de largeur courroie donnée dans le catalogue « BINDER-MAGNETIC ».
- On calcule le couple correspondant pour une courroie de 32 mm et on augmente le couple de 5%, 10%, 15%-20%, 30%, 40% et 60%.

Notons que la température de la courroie moyenne est mesurée avec un infrarouge. Notons aussi que les thermocouples sont installés dans les parties différentes du banc d'essai pour contrôler le comportement thermique de la machine spécifiquement pour des composants. Chaque condition d'essai demande environ dix minutes d'essai. Les données ont été enregistrées sur une carte d'acquisition de données numérique [9].

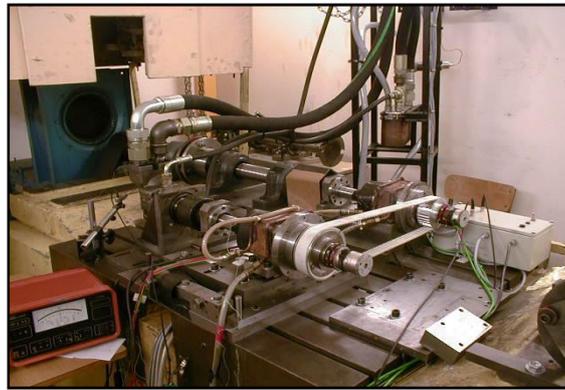


Fig. 3 – Vue générale du banc d'essai.

### 4 Résultats et discussions

La Fig. 4 représente la photographie de l'usure des dentures d'une courroie de distribution de type AT10 en fonction de la vitesse de rotation N et du couple moteur C.

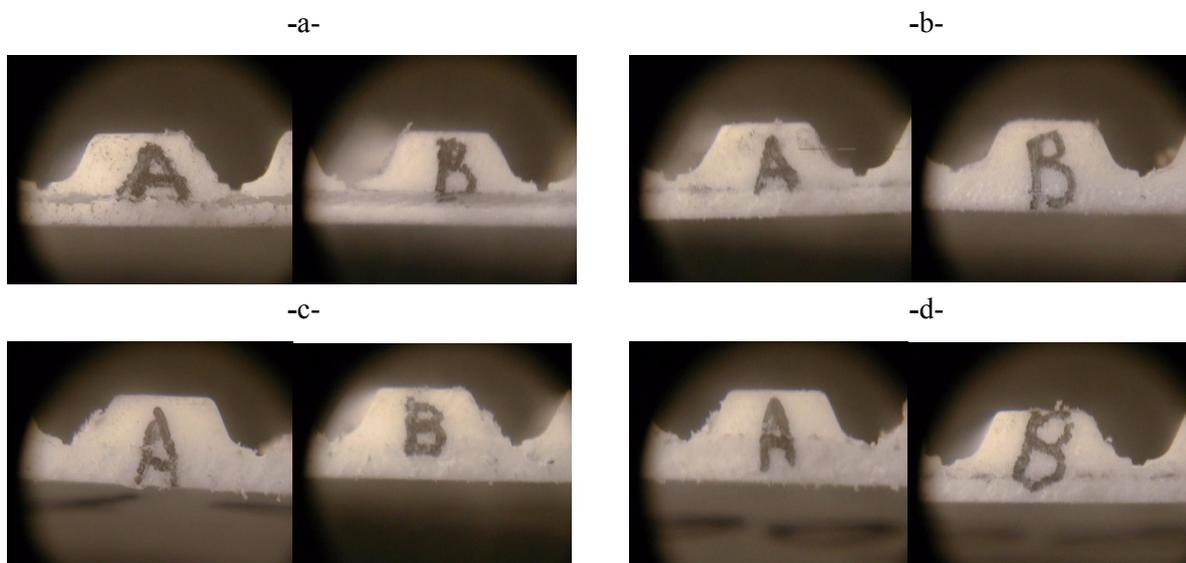


Fig. 4 – Relevé photographique des dentures: a- N1=10 tr/min, b- N2=500 tr/mn, c- N3=3000 tr/mn, d- N4=5000 tr/mn.

À partir des essais établis sur les quatre courroies neuves AT10 de poids respective de 243 g, 240,87 g, 236,61 g et 238,84 g, il a été convenu de passer à une durée d'essais de 4heures :

- Pour la première courroie, on est monté à un niveau de charge de P0 +100% (couple : 258 Nm. Tension de pose 2764 N), avec un nombre de cycles effectué de 288000 cycles. On constate que la courroie va perdre 3,5g de son poids après essais. Ce qui donne une vitesse d'usure  $V_u=1,21e10$  gr/cycle.
- Pour la deuxième courroie, on est monté à un niveau de charge de P0+20 % (P0 +30 % saut de dent après 5 minutes) avec un nombre de cycles effectué de 150000 cycles. On remarque une perte de poids de 3,03 g après essai avec une vitesse d'usure  $V_u= 2 e10$  gr/cycle.
- Pour la troisième courroie, on est monté à un niveau de charge de P0+5% (P0 +10% saut de dent après 5 minutes) avec un nombre de cycles effectués est de 360000 cycles. On observe une perte de poids de 3,26 g après essai avec une vitesse d'usure  $V_u= 0,3 e10$  gr/cycle.
- Pour la quatrième courroie, On est monté à un niveau de charge de P0 (saut de dent après 5 minutes) avec un nombre de cycles effectués est de 25000 cycles. On constate une perte de poids de 3,76 g après essai avec une vitesse d'usure  $V_u= 1,2 e10$  gr/cycle.

Pour les essais à 10 tr/mn, nous sommes montés à un niveau de charge de P0+100%, sans aucune usure significative.

## 5 Conclusion

L'étude que nous avons menée sur les courroies AT10 dans cet article, a confirmé que les conditions d'essai tel que la vitesse de rotation et le couple moteur jouent un rôle important dans leur comportement en service. En effet, avec un faible palier de charge, on remarque que l'usure est sensiblement la même sur le flanc actif et rétro. Tandis qu'avec un fort palier de charge, l'usure est particulièrement marquée sur le flanc rétro. On conclut que l'augmentation de la vitesse et le couple moteur vont augmenter la température qui provoque de l'usure des dents et une perte de poids de la courroie.

## RÉFÉRENCES

- [1] D. Play, S. Merghache, L. Manin, Determination of Timing belts Performances For Industrial Applications, International Conference on Motion and Power Transmissions, FUKUOKA -JAPON, (2001) pp. 779-784.
- [2] S. Merghache, M.E.A. Ghernaout, Influence of temperature on the performance toothed belts-binder magnetic, European Scientific Journal, Edition November, Vol. 9 (2013) pp. 206-212.
- [3] W. Wang, F. Salvatore, J. Rech, J. Li, Comprehensive investigation on mechanisms of dry belt grinding on AISI52100 hardened steel, Tribology International, Vol. 121 (2018) pp. 310-320.
- [4] M. Andrejiova, A.Grincova, Classification of impact damage on a rubber-textile conveyor belt using Naïve-Bayes, Wear, Vol. 414 (2018) pp. 59-67.
- [5] F. Hakami, A. Pramanik, N. Ridgway, A. K. BASAK, Developments of rubber material wear in conveyer belt system, Tribology International, Vol. 111(2017) pp. 148-158.
- [6] G. Fedorko, V. Molnár, M. Dovica, N. Husáková, Failure analysis of textile rubber conveyor belt damaged by dynamic wear, Engineering Failure Analysis, Vol. 28 (2013) pp. 103-114.
- [7] S. Merghache, A. Serrail, Évaluation de la température sur une transmission par courroie dentée -binder magnetic, Recueil de mécanique Vol.1 (01) (2016) pp. 27-33.
- [8] S. Merghache, M.E.A.Ghernaout, Experimental and numerical study of heat transfer through a synchronous belt transmission type AT10, Applied Thermal Engineering, Vol. 127 (2017) pp. 705-717.
- [9] BINDER MAGNETIC, Catalogue for timing belt choice, 2008.