

ANALYSE STATIQUE DU COMPORTEMENT DES RESSORTS DES LOCOMOTIVES U22C

[STATIC ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF LOCOMOTIVE SPRINGS U22C]

M. R. B. Mutela Mutela, P. Ngonga Sikisama, and M. Lowa Osoko

Faculté polytechnique, Université de Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This article is devoted to the analysis of the behavior of the suspension springs of the locomotives U22C of the National Railway Company of Congo (SNCC in abbreviation) which springs undergo repeated breaks, reducing the availability of the machines. Operation and causing a lot of purchase and maintenance cost as a replacement. Indeed, the locomotives U22C which is discussed in this article have total weight of; that is 18.3 tons per axle and 4575kg per wheel. Since their start-up, these locomotives know a lot of breaks of suspension springs and our first reflex was to check the behavior of the springs on the strength of materials to ensure their effectiveness before considering other tracks of research of the causes of the breaks.

Both the theoretical calculations and the press tests have shown that the static load of these springs cannot cause these breaks, the stresses and the weakening of these springs under this load being lower than the admissible limit.

This being the case, other avenues of research that are not part of this article will have to be considered in order to find the real cause and remedy of them quickly.

KEYWORDS: Crushed length, index, tare, constant, weakening.

RÉSUMÉ: Cet article est consacré à l'analyse du comportement des ressorts de suspension des locomotives U 22 C de la Société Nationale des Chemins de Fer du Congo (SNCC, en sigle), lesquels ressorts subissent des cassures à répétition, réduisant la disponibilité des machines à l'exploitation et occasionnant beaucoup de frais d'achat et de maintenance en de remplacement. En effet, les locomotives U 22 dont est question dans cet article ont poids total de ; soit 18,3 Tonnes par essieu et 4575 Kg par roue.

Depuis leur mise à l'exploitation, ces locomotives connaissent beaucoup des cassures des ressorts de suspension et notre premier réflexe était de vérifier le comportement ces ressorts sur le plan résistance des matériaux pour s'assurer de leur efficacité, avant d'envisager d'autres pistes de recherches des causes de ces cassures.

Aussi bien les calculs théoriques et que les essais à la presse ont bien montré que la charge statique de ces ressorts ne peut pas occasionner ces cassures, les contraintes et l'affaiblissement de ces ressorts sous cette charge étant inférieures aux limites admissibles.

Ceci étant, d'autres pistes de recherches ne faisant pas partie de cet article devront être envisagées pour trouver les véritables causes et y remédier rapidement.

MOTS-CLEFS: longueur écrasée, indice, tarer, constante, affaiblissement.

1 INTRODUCTION

Sur tout véhicule ferroviaire ou routier, la suspension joue un rôle très important.

Dans l'exploitation des moyens de transport tous types confondus, trois critères sont à prendre en compte à tout prix : la vitesse, le confort et la sécurité [11,12].

C'est pour cela que la suspension du matériel de traction (locomotives) nous intéresse à plus haut niveau dans cet article.

En effet, dans la relance de ses activités, la Société Nationale des Chemins de Fer du Congo a acquis une série des locomotives U22 performantes et très puissantes mais dont la suspension pose de sérieux problèmes suite aux cassures répétées de ressorts de suspension.

Toute cassure de ressort de suspension des locomotives peut occasionner les déraillements, provoquer l'usure prématurée des roues suite au patinage, rendre le système moins sûr, faire réduire le barème des charges etc [12].

Dans cet article, nous nous proposons de faire une analyse statique du comportement des ressorts de suspension en dehors de toute charge dynamique pour voir si oui ou non la charge statique appliquée à ces ressorts sur les locomotives U 22 serait la cause de leurs cassures à répétition.

C'est justement de cette analyse que nous proposerons les solutions pour résoudre ce problème.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIELS

Pour réaliser cette étude, les ressorts ont été testés à la machine à tarer les ressorts AVERY donnée à la 2.1 pour confronter les résultats pratiques à ceux calculés théoriquement et en tirer toutes les conséquences.

Le jeu des ressorts testé est constitué de deux ressorts hélicoïdaux concentriques donné à la figure 2.2. [1,2,4]



Fig. 1. Machine à tarer les ressorts



Fig. 2. *Ressorts de suspension des locomotives U 22C*

Quant à la composition chimique de ces ressorts, celle-ci a été contrôlée au moyen d'un spectromètre de marque Epsilon 3^X, fabriqué par la firme française PANALYTICAL (figure 2.3).



Fig. 3. *Spectromètre Epsilon 3^X*

2.2 MÉTHODES

C'est par l'observation directe lors des travaux d'entretien que les ressorts cassés ont été découverts. Une série des questions posée aux agents des dépôts de ligne et à ceux des Ateliers Centraux nous ont également permis de faire nos recherches.

La recherche documentaire a permis, au moyen des carnets historiques d'une part, de connaître le rythme et le nombre des ressorts cassés pendant une période bien définie (6mois dans notre cas) et d'autre part, de calculer théoriquement certains paramètres de ces ressorts et les comparer aux résultats d'essais pratiques.

3 RÉSULTATS

PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DES RESSORTS [10,11]

Il s'agit de deux ressorts concentriques à bouts ordinaires meulés (un grand et un petit) par roue de la locomotive et dont la charge appliquée est de 9150Kg par essieu soit 4575 Kg par jeu.

Ces propriétés seront données à partir du modèle physique de la figure 2.4.

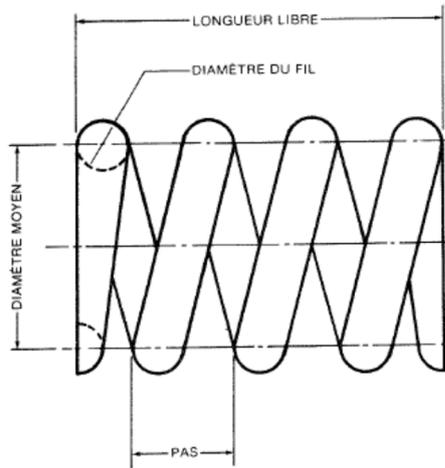


Fig. 4. Modèle physique du ressort hélicoïdal

Le tableau I donne les propriétés de ces ressorts.

Tableau 1. Propriétés géométriques des ressorts

Dimensions	Types des ressorts	
	Ressort extérieur	Ressort intérieur
Diamètre intérieur (mm)	129	80
Diamètre extérieur (mm)	199	127
Diamètre du fil (mm)	35	23,5
Distance entre spires (mm)	55	33,5
Longueur libre L_0 (mm)	435	435
Pas (mm)	55 (droit)	33,5 (gauche)
Nombre de spires	8	13

PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DES RESSORTS

Les propriétés chimiques sont données au tableau II.

ANALYSE STATIQUE

A) CALCUL THÉORIQUE

Le calcul théorique se fait sur base des charges statique et dynamique par essieu.

Nous rappelons que la charge statique à l'essieu des locomotives U 22 est de 18,3 tonnes soit 4575 Kg par jeu de ressorts.

Partant des propriétés mécaniques du tableau VI.1, définissons quelques paramètres des ressorts [9] :

$$- \text{Longueur écrasée } L = dN_T ; \quad (1)$$

Avec d : le diamètre du fil ressort ;

N_T : le nombre total des spires du ressort.

Pour ces ressorts qui sont à bouts ordinaires meulés, le nombre des spires effectives est égal au nombre total N_T des spires.

- Diamètre moyen D est la moyenne entre le diamètre intérieur et le diamètre extérieur d'un même ressort ;

$$- \text{Indice du ressort } c = D/d \quad (2)$$

- Contrainte induite dans la fibre intérieure du ressort :

$$\tau = \frac{8FD}{\pi d^3} \left[1 + \frac{0,5}{c}\right] \quad [7, 8, 9] \quad (3)$$

Avec F : charge verticale statique du ressort.

$$- \text{ Constante du ressort } K = \frac{Gd^4}{8ND^3} \quad [3, 5, 6, 9, 13] \quad (4)$$

Avec G : module de cisaillement (=81500N/mm²pour l'acier).

N : le nombre de spires du ressort ;

d : le diamètre du fil ;

D : diamètre extérieur du ressort.

Pour le ressort extérieur :

$$K = \frac{Gd^4}{8ND^3} = \frac{81500 \times 35^4}{8 \times 8 \times 199^3} = 242 \text{ N/m (Ressort extérieur) ;}$$

$$K = \frac{Gd^4}{8ND^3} = \frac{81500 \times 23,5^4}{8 \times 13 \times 127^3} = 117 \text{ N/m (Ressort intérieur).}$$

La constante totale vaut donc : $K_{tot} = \sum K = 242 + 117 = 359 \text{ N/mm}$

L'affaissement correspondant est donné par :

$$Y = \frac{F}{K_{tot}} = \frac{45750}{359} = 127 \text{ mm}$$

La longueur du ressort correspondante vaut :

$$L = L_0 - Y = 435 - 127 = 308 \text{ mm} .$$

Le déplacement de chaque spire vaut :

$$\frac{308}{8} = 38,5 \text{ mm pour le ressort extérieur ;}$$

$$\frac{308}{13} = 24 \text{ mm pour le ressort intérieur.}$$

Nous remarquons que sous cette charge statique, les spires de deux ressorts ne se touchent pas, donc sous charge statique, les ressorts ne seront pas écrasés et par conséquent ne peuvent pas se casser sous cette charge statique.

La constante totale $K_{tot} = 359 \text{ N/m}$ sera retenue dans la suite du travail pour chaque couple de ressorts, il en est de même de l'affaissement retenu égal à 127mm.

Les diamètres moyens D et les coefficients c des ressorts sont donnés par :

$$D = \frac{129 + 199}{2} = 164 \text{ mm et } c = \frac{D}{d} = \frac{164}{35} = 4,68 \text{ (ressort extérieur) ;}$$

$$D = \frac{80 + 127}{2} = 103,5 \text{ mm et } c = \frac{D}{d} = \frac{103,5}{33,5} = 3 \text{ (ressort intérieur).}$$

Les contraintes dans ces ressorts sont donc :

$$\tau = \frac{8FD}{\pi d^3} \left[1 + \frac{0,5}{c}\right] = \frac{8 \times 45750 \times 164}{\pi \times 35^3} \left[1 + \frac{0,5}{4,68}\right] = 446 \text{ N/mm}^2 \text{ (Ressort extérieur) ;}$$

$$\tau = \frac{8FD}{\pi d^3} \left[1 + \frac{0,5}{c}\right] = \frac{8 \times 45750 \times 103,5}{\pi \times 33,5^3} \left[1 + \frac{0,5}{3}\right] = 371 \text{ N/mm}^2 \text{ (Ressort intérieur).}$$

Ces résultats sont donnés au tableau II ci-dessous.

Tableau 2. Résultats théoriques sous la charge statique

Paramètres calculés	Type de ressorts	
	Ressort extérieur	Ressort intérieur
Longueur écrasée (mm)	280	305,5
Affaissement correspondant (mm)	127	
Longueur correspondante (mm)	308	
Déplacement de chaque spire (mm)	38,5	24
Contrainte (N/mm ²)	446	371
Constante par jeu (N/mm)	359	

B) ESSAIS PRATIQUES

COMPOSITION CHIMIQUE DES RESSORTS

La composition chimique de ressorts est donnée au tableau II.

Tableau 3. Composition chimique des ressorts

Fe	Ti	Cr	Ni	Mo	S	Mn	C
96,78%	0,36%	1,90%	0,097%	0,094%	0,61%	0,714%	0,155%

Au vu de la composition chimique du matériau des ressorts, il s'agit d'un acier à haute limite élastique varie de 335 à 500N/mm² [14].

RÉSULTATS D'ESSAIS

Les résultats d'essais de ce jeu des ressorts sont donnés au tableau III ci-dessous.

Tableau 4. Résultats d'essais à la machine à tarer

Charge appliquée (Kg)	Longueur (mm)	Affaissement (mm)	Constante (Kg/mm)
11341	343,5	90,5	125
22682	326,5	109,5	207,14
28352	318,2	117,8	240,69
34023	308,3	127,7	266,42
			K _{moy} = 209,42

4 DISCUSSION

4.1 LONGUEUR ÉCRASÉE

Jusqu'à une charge verticale de 34023Kg, soit plus que 70% de la charge normale des ressorts (4575Kg), l'affaiblissement des ressorts reste inférieur à celui correspondant à la longueur écrasée, ce qui montre que les ressorts travaillent dans le domaine élastique.

4.2 CONTRAINTES DANS LES FIBRES INTÉRIEURES

Pour les mêmes raisons que précédemment, les contraintes calculées théoriquement et celles obtenues aux essais pratiques prouvent à suffisance que ces contraintes restent inférieures à la contrainte admissible (355 à 500 N/mm²) du matériau de ressorts et par conséquent ne peuvent occasionner les cassures.

5 CONCLUSION

Cet article a consisté à la détermination si oui ou non les cassures à répétitions des ressorts de suspension des locomotives U 22 C de la SNCC sont causées par la charge statique normale appliquée de 4575 Kg par jeu des ressorts et par roue de la locomotive.

Les calculs théoriques aussi bien que les essais effectués à la presse ont prouvé que cette charge statique ne peut pas occasionner ces cassures : l'affaiblissement reste inférieur à celui correspondant à la longueur écrasée et les contraintes engendrées inférieures aux limites pratiques.

Nous pouvons donc conclure que les cassures de ces ressorts ne peuvent pas provenir des charges statiques, elles peuvent donc être dues aux contraintes des charges dynamiques lors des mouvements des locomotives. La confirmation de cette hypothèse devra faire l'objet d'une analyse dynamique ne faisant pas partie de cet article.

REFERENCES

- [1] H. CARLSON, Spring Designer's Handbook, New York: Marcel Dekker, Inc., 1978.
- [2] N. A. E. P. CHIRNS, Spring Design and Application, Mc Graw-Hill Book CO., Inc, 1961.
- [3] A. M. WALL, Mechanical Springs 1st edition, Machine Design Series, Ohio: Pento Publishing Company Cleveland, 1944.
- [4] R. E. WETZEL, Fatigue Under Complex Loading: Analyses and Experiments, Society of Automotive Engineers, Inc., 1972.
- [5] C. FERRY, Contraintes et déformations, cours techniques avec projections VISHAY, LA-101-F, France: Vishay, 1973.
- [6] A. E. MADAYAG, Metal fatigue: Theory and Design, John Willy & Sons, Inc, 1969.
- [7] P. Badel, Cours de résistance des matériaux, cycle préparatoire médecins-ingénieurs, Sainte Etienne: Ecole de mines.
- [8] S. BENZAADA, Résistance des matériaux.
- [9] M. G. P. T. R. V. Gilbert DROUIN, Eléments de machines, Deuxième édition revue et augmentée, MONTREAL: Ecole Polytechnique, 1986.
- [10] CARLSON.
- [11] G. ROAD, Diesel Electric Locomotives, GR.
- [12] M. Muhiya, Manuel des visiteurs de locomotives, Lubumbashi, 2015.
- [13] F. Ntambwe, Cours de Vibrations mécaniques, Université de Lubumbashi, 2002.
- [14] M.W. Mutondo, Cours de Constructions métalliques, Université de Kinshasa