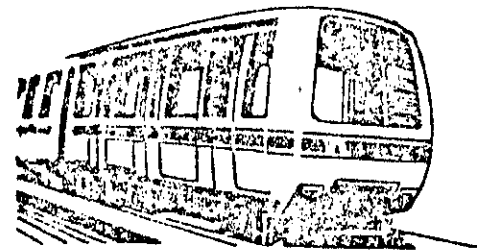


MATRA

METRO

DE L'EST



LIGNE N 1

NOTE TECHNIQUE

010/2

n° d'arborescence

11 110

NOTE N°

n° d'identification

16 AVR. 1978
2

NOTE N FN/32/3317/78

EFFORT VERTICAL DU À LA DERIVE
DES PNEUS DE GUIDAGE

2576

REDACTEUR : B. THEBAULT

EDITION		PAGES MODIFIEES	EDITION		PAGES MODIFIEES
n	Date		n	Date	
1	29.03.78				

Diffusion : MATRA : MM. FERBECK

FITAMANT

MARCOVICI

SALAIN

THEBAULT

DELAGES

CHAZELLE

SCHEIDECKER

PLATEL

CIMT Paris M. BOURGINEAU

CIMT Marly M. MANCARDI (3 ex)

EPALE : M. FICHEUR (3 ex.)

1 - PREAMBULE

Un majorant de l'effort vertical F_v engendré par la dérive du pneu de guidage dûe au mouvement vertical alterné de l'essieu, donc du cadre de guidage (pompage) a été donné égal à :

$$F_v = 0,5 P.$$

où 0,5 est le coefficient de frottement max pneu/barre de guidage et P , la charge transversale (horizontale) exercée par le pneu de guidage sous l'effet, des efforts extérieurs exercés sur le véhicule (vent, accélération centrifuge, devers...) et des efforts intérieurs (mise en rotation de l'essieu, frottement...).

Une analyse plus fine, bien qu'encore très sommaire, du phénomène de dérive montre qu'on n'atteint cette valeur $\frac{F_v}{P} = 0,5$ que pour une valeur limite de l'angle de dérive, comprise entre 7 et 10°, selon le type de pneu.

Une formule plus générale serait :

$$\frac{F_v}{P} = k \cdot \delta \quad \text{pour } F_v/P \leq f$$

où δ est l'angle de dérive.

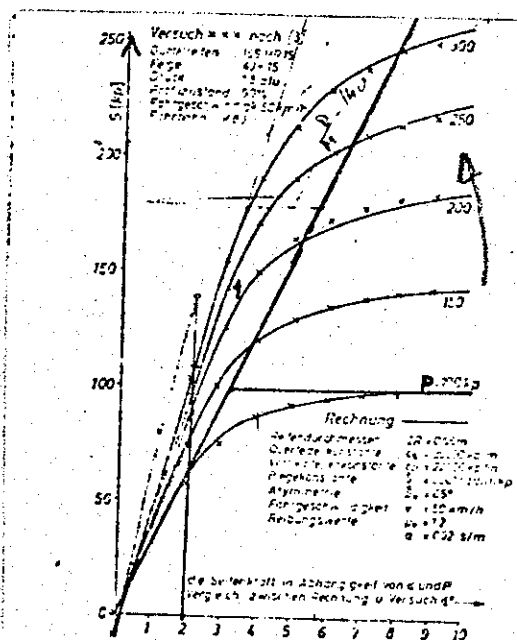
f le coefficient de frottement, que l'on peut considérer comme constant et égal à 0,5 en ce qui nous concerne, jusqu'à $\delta_{\text{lim}} = 6^\circ$ environ.

k un coefficient expérimental qui dépend de la structure du pneu de guidage.

Le but de cette note est de déterminer une valeur plus réaliste de l'effort max de dérive du pneu de guidage par application de la formule ci-dessus, qui nécessite la connaissance de la caractéristique k et de l'angle α .

Le pneu de guidage du Métro de Lille est assez mal connu du point de vue de son comportement en dérive. MICHELIN ne nous en a pas communiqué les paramètres. Cependant, après consultation d'un certain nombre de documents généraux (notes FN20.3144 du 10.11.77 et RE 6.1.1005/3 du 3.1.78 et FN20/3130 du 7.11.77) et suite aux conférences de M. Lucas (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) de M. Missonnier (Société Michelin) des 13 et 14 Mars 1978, organisées par l'ENPC, on peut extraire de la courbe reproduite ci-dessous un majorant de la caractéristique de résistance à la dérive.

P
Charge normale
sur le pneu
(cas d'un pneu
tourisme à grand
pouvoir directeur)

angle de dérive ($^{\circ}$)

Ce document est la propriété de S.A. ENGINS MATRA et ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation

Extrait de
Automobil-
industrie
12-09-67
Seitenführungskraft
und Rückstellmoment

Le pouvoir directeur, donc l'importance de k dépend de la structure du pneu (radiale ici) et de la pression de gonflage.

A angle donné, il décroît avec la charge, ce qui est favorable.

Un pneu Métro, même de guidage a un faible pouvoir directeur, mais en revanche peut être surgonflé.

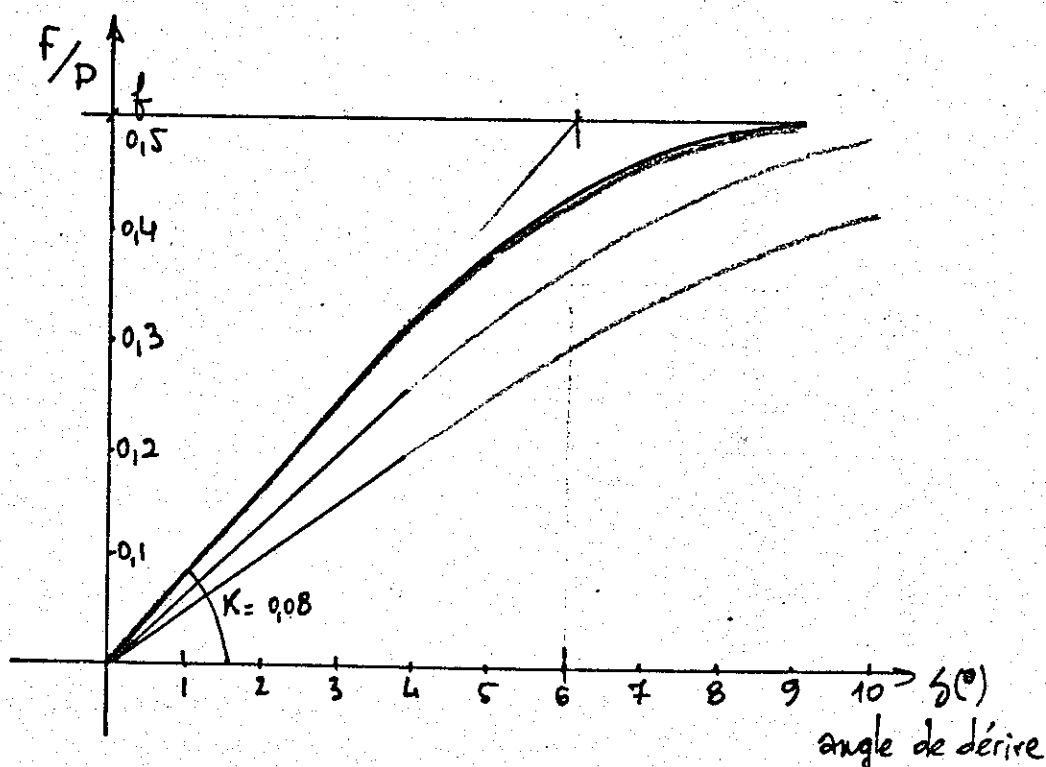
Nous prendrons donc comme valeur du coefficient k , celle obtenue par division de $\frac{F}{P}$ max, qui est $f = 0,5$, par δ_{lim} minimum, qui est 6° , soit :

$$k = 0,08 \text{ degré}^{-1}$$

L'équation de la partie ascendante de la droite dans le domaine des faibles angles de dérive devient :

$$\frac{F}{P} = 0,08 \delta$$

En sachant en fait que 0,08 est un majorant pour k .



4 - ESTIMATION DE L'ANGLE DE DERIVE ATTEINT PAR LE PNEU DE GUIDAGE

L'équation du mouvement entretenue de la roue par rapport à l'axe de la trajectoire sur la barre de guidage est :

$$z = A \cdot \sin 2\pi N t$$

où t est le temps

N , la fréquence du pompage vertical

z l'amplitude

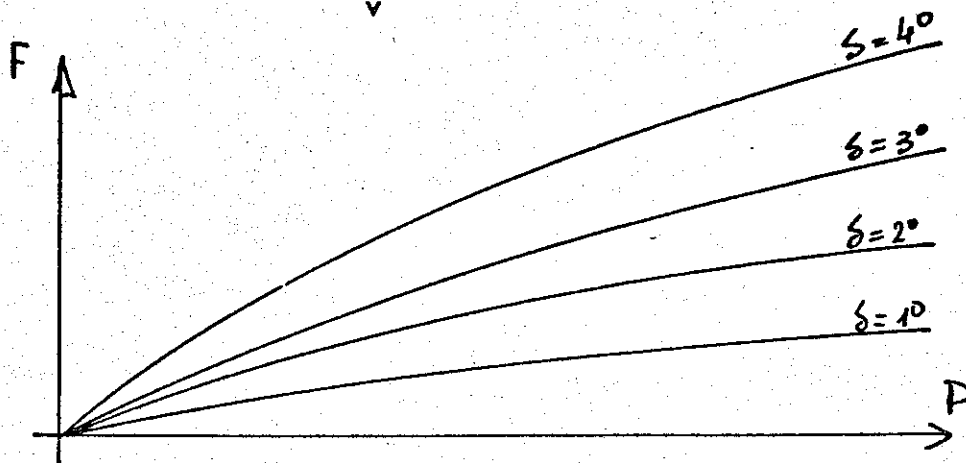
A , l'amplitude max

L'équation de la trajectoire elle-même, est pour une vitesse v du véhicule ; et L , pas des ondulations

$$z = A \sin 2\pi \frac{N}{v} x$$

d'où la valeur maximale de l'angle de dérive δ , obtenue par dérivation de z par rapport à x .

$$(\tan \delta)_{\max} = A \times 2\pi \frac{N}{v}$$



5 - APPLICATION NUMERIQUE

A : CIMT annonce une amplitude max de rebondissement de 5 mm
(- 5 mm < z < + 5 mm).

N : D'autre part on a mesuré une fréquence propre de 10 à 12 Hz.

V : La résonnance à 12 Hz apparaîtra à une vitesse théorique
égale au produit du développement du pneu D par la fréquence
 $D = 3,05 \text{ m}$ soit $v : 36,5 \text{ m/s}$

En fait, cette vitesse n'est jamais atteinte ; la vitesse normale
étant 16,6 m/s, quoiqu'il en soit, les imperfections du pneu
non seulement peuvent être à un pas différent du développement
du pneu mais de plus c'est la piste qui est la cause principale
de sollicitations.

On retiendra donc pour le calcul $v = 16,6 \text{ m/s}$ et $N = 12 \text{ Hz}$.

Dans ces conditions :

$$\tan \delta = 0,023 \Rightarrow \alpha = 1,3^\circ$$

A cet angle il faut ajouter les angles β et γ

β l'angle de cabrage de l'essieu d'0

β_1 - au freinage, donc au report de charge : $0,1^\circ$

β_2 - à la flexion de la caisse en charge : $0,57^\circ$

$$\beta_1 + \beta_2 = 0,1 + 0,57 = 0,67^\circ$$

- ou à une crevaision d'un des essieux $\beta_3 = 2,5^\circ$

γ - l'angle dû aux caractéristiques du profil de la piste

$$\gamma_{\max} = 0,3^\circ$$

soit un angle de dérive max total compris entre :

$$\delta = 2,27^\circ \text{ et } \delta_{\max} = 4,1^\circ \text{ (crevaision)}$$

A cet angle correspond un effort vertical de dérive compris entre :

$$F = 0,18 P \text{ et } F_{(\text{crevaision})} = 0,33 P$$

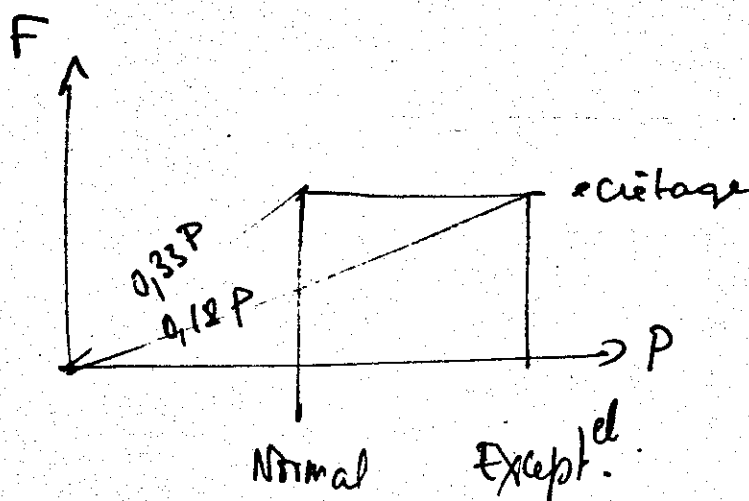
nettement inférieur donc à $F = 0,5 P$.

Remarque 1

Dans le cumul des cas de charge, il faut tenir compte de la haute improbabilité d'occurrence d'un P exceptionnel, combiné avec un essieu porteur affaîssé (qui comprend à la valeur de $0,33 P = F$)

Le graphe ci-dessous, montre l'utilisation qu'il est raisonnable de faire de ces fonctions.

$$F_{\text{exceptionnel}} = 0,18 P_{\text{exceptionnel}}$$



Remarque 2

Nous n'avons pas fait intervenir l'interaction qui existe entre P et F et qui viendrait encore diminuer la valeur de $\frac{F}{P}$ pour les grandes valeurs de P. Il est clair qu'un effort P de 3 500 daN environ, dû à un vent de 49,5 m/s, combiné à une force centrifuge correspondant à une "survitesse" va plaquer le véhicule contre un des guidage et le brider dans le plan vertical.

Il en résultera un comportement différent du pneu en dérive - fréquence, donc longueur d'onde, donc angle - qui ne peut qu'atténuer ce dernier.