

Exercice de résistance des matériaux : l'accident du 5 décembre 1867 : renversement dû au vent

Le jeudi 5 décembre 1867, entre Leucate et Fitou dans le sud de la France, un train voyageant de Perpignan vers Narbonne, est renversé par le vent.

Image d'illustration générée par IA

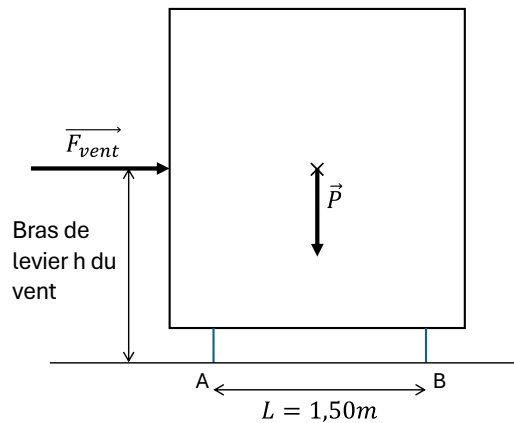
Le train comportait une locomotive et 7 wagons. Six wagons furent renversés. L'attelage romput, ce qui évita le basculement de la locomotive. Les wagons furent projetés dans l'étang, 3m en contre-bas de la voie. Le train comptait environ 30 passagers, un seul fut blessé.

Cet accident a fourni un retour d'expérience important aux ingénieurs, pour le renversement des wagons sous l'effet du vent. Nordling (1821-1908) en fera un compte-rendu dans les Annales des Ponts et Chaussées en 1868, Théophile Seyrig citera ce travail lors des calculs du pont sur le Douro sous la direction d'Eiffel, et Flamant, en 1909 soit 40 ans plus tard, citera encore l'article de Nordling.



On propose dans cet exercice de refaire les estimations de pression du vent réalisées.

Le wagon évoluait sur un palier, en ligne droite, avec un vent perpendiculaire à la voie. On peut donc schématiser le problème comme sur la figure ci-dessous.



On considère que le renversement se produit lorsque la réaction du sol en A, notée Y_A , devient nulle.

Questions

- 1/ En écrivant l'équilibre des moments en B, calculer l'effort total du vent sur chaque wagon lors du renversement
- 2/ En déduire la pression du vent sur les wagons
- 3/ En déduire la valeur de la pression atteinte sur les wagons, ainsi que la valeur qui n'a pas été atteinte.

Données

NUMÉROS d'ordre des wagons.	DÉSIGNATION des wagons.	POIDS des wagons.	BRAS de levier.	SURFACE exposée au vent.	BRAS de levier du vent.
		kilogr.	mèt.	m. q.	mèt.
1	AB mixte, voyageurs.	6 280	0.75	17.50	2.05
2	D fourgons.	5 874	—	14.40	2.05
3	AB mixte, voyageurs.	6 767	—	17.50	2.05
4	AB —	6 767	—	17.50	2.05
5	C 3 ^e classe, voya- geurs..	6 770	—	16.50	2.00
6	C —	6 770	—	16.50	2.00
7	DT Fourgon de queue derailié, non ren- versé.	6 954	—	12.20	1.68

Figure 1. Nordling, *Annales des Ponts et Chaussées* (<http://gallica.bnf.fr>), vol. Sem 1, p. 218, 1868

Références de l'exercice

Nordling, *Annales des Ponts et Chaussées* (<http://gallica.bnf.fr>), vol. Sem 1, p. 218, 1868.

T. Seyrig, « Le pont sur le Douro de MM. G. Eiffel et Cie », Société des ingénieurs civils-Conservatoire national des arts et Métiers, Conservatoire numérique <http://cnam.cnam.fr>, vol. 31, 1878, p. 741-816. [En ligne]. Disponible sur: <https://cnam.cnam.fr/redir?ECCMC6.30>

Flamant, *Résistance des matériaux : stabilité des constructions*. 1909. [En ligne]. Disponible sur: gallica.bnf.fr

Correction

1/ Somme des moments en B

$$0,75.P - F_v \cdot h - Y_A \cdot 1,5 = 0$$

Quand $Y_A = 0$

$$0,75.P - F_v \cdot h = 0$$

Donc

$$F_v = \frac{0,75.P}{h}$$

Wagon	Poids (kg)	Bras de levier du poids L/2 (m)	Moment rés (kg.m)	S vent (m ²)	Bras de levier du vent h (m)	Effort total du vent (kg)
1	6280	0,75	4710	17,5	2,05	2298
2	5374	0,75	4030,5	14,4	2,05	1966
3	6767	0,75	5075,25	17,5	2,05	2476
4	6767	0,75	5075,25	17,5	2,05	2476
5	6770	0,75	5077,5	16,5	2	2539
6	6770	0,75	5077,5	16,5	2	2539
7	6954	0,75	5215,5	12,2	1,68	3104

2/ Soit S la surface d'un wagon et F_v l'effort du vent lors du renversement alors la pression p du vent au moment du renversement est donnée par

$$p = \frac{F_v}{S}$$

NUMÉROS d'ordre des wagons.	DÉSIGNATION des wagons.	POIDS des wagons.	BRAS de levier.	MOMENT de résistance.	SURFACE exposée au vent.	BRAS de levier du vent.	PRESSION DU VENT correspondant à l'équilibre par mètre carré.
		kilogr.	mèt.		m. q.	mèt.	kilogr.
1	AB mixte, voyageurs.	6280	0.75	4710	17.50	2.05	131
2	D fourgons.	5374	—	4406	14.40	2.05	149
3	AB mixte, voyageurs.	6767	—	5075	17.50	2.05	141
4	AB —	6767	—	5075	17.50	2.05	141
5	C 3 ^e classe, voyageurs.	6770	—	5078	16.50	2.00	154
6	C —	6770	—	5078	16.50	2.00	154
7	DT Fourgon de queue derailé, non renversé.	6954	—	5216	12.20	1.68	254

3/ Le vent a atteint une pression d'au moins 154 kg/m² mais n'a pas dépassé 254 kg/m² car le wagon 7 ne s'est pas renversé.