

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 28 (1937)
Heft: 23

Artikel: Vitesse maximum et durée de voyage
Autor: Bodmer, C.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1058771>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 18.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

BULLETIN

RÉDACTION:
Secrétariat général de l'Association Suisse des Electriciens
et de l'Union des Centrales Suisses d'électricité, Zurich 8

ADMINISTRATION:
Zurich, Stauffacherquai 36 ♦ Téléphone 51.742
Chèques de postaux VIII 8481

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XXVIII^e Année

N^o 23

Vendredi, 12 Novembre 1937

Vitesse maximum et durée de voyage.

Par C. Bodmer, Zurich-Oerlikon.

656.027.1

L'augmentation de la vitesse maxima pour réduire la durée des parcours est comparée avec les autres moyens d'atteindre ce but. Si l'on considère le temps minimum résultant de l'emploi de la vitesse maxima, les temps supplémentaires qu'entraînent ces moyens donnent une idée claire de leur influence. Quelques exemples numériques montrent l'emploi du procédé. L'un d'eux indique l'influence économique des diverses méthodes pour réduire la durée du parcours lorsqu'elle tend vers son minimum. Pour terminer des directives pour la réduction économique des temps sont résumées en 10 paragraphes.

Die Erhöhung der Höchstgeschwindigkeit als Mittel zur Reisezeitverkürzung wird mit den andern Mitteln in Beziehung gebracht. Der Einfluss der die Reisezeit bildenden Elemente wird geklärt durch den Aufbau derselben als Mehrzeiten auf der allein durch die Höchstgeschwindigkeit bedingten Minimalzeit. Zahlenbeispiele zeigen die praktische Anwendung dieses Verfahrens. Eines der Beispiele beleuchtet neben der zeitlichen auch die wirtschaftliche Wirkung der Reisezeit-Verkürzungsmittel in der Nähe der Minimalzeit. 10 Schlussätze enthalten Winke zu wirtschaftlicher Zeiteinsparung.

Lorsque l'on cherche à accroître la vitesse d'un véhicule, on estime souvent d'une façon erronée la relation existant entre les diverses grandeurs qui régissent la durée de voyage. Abstraction faite de la folie des records, le but de l'accroissement de la vitesse est de réduire cette durée. Comme on le sait, il ne suffit pas seulement d'augmenter la vitesse maximum, mais il faut également augmenter la vitesse sur tout le trajet, réduire les parcours de démarrage et de freinage, ainsi que le nombre et la durée des arrêts. La relation qui existe entre ces valeurs et la durée de voyage est extrêmement simple et d'une représentation aisée, comme nous allons le montrer.

La clarté nécessaire s'obtient en établissant la durée de voyage sur la base de la durée minimum théorique, à laquelle on additionne toutes les durées supplémentaires.

Soit un trajet S , comportant divers tronçons $S_1, S_2 \dots S_n$, et un véhicule prévu pour une vitesse maximum v_m . La durée de voyage minimum théorique est $t_0 = \frac{S}{v_m}$. Les arrêts, les valeurs finies de l'accélération et du freinage, et les limitations de vitesse sur certains parcours occasionnent des durées supplémentaires Δt , qui additionnées à la durée minimum t_0 donnent la durée de voyage.

La durée supplémentaire due au parcours du tronçon S_1 à la vitesse v_1 au lieu de v_m est

$$\Delta t_1 = \frac{S_1}{v_1} - \frac{S_1}{v_m} = S_1 \frac{v_m - v_1}{v_m \cdot v_1}$$

Quand il s'agit d'une vitesse variable, par exemple au démarrage et au freinage, la valeur moyenne est donnée par la formule

$$v_1 = \int_0^{t_1} \frac{v \cdot dt}{t_1} = \frac{S_1}{t_1}$$

Pour les tronçons où l'accélération est constante, on a

$$v_1 = \frac{v_e - v_a}{2} \quad \begin{matrix} v_a = \text{vitesse initiale,} \\ v_e = \text{vitesse finale} \end{matrix}$$

c'est-à-dire égale à la vitesse moyenne.

D'une façon générale, la durée supplémentaire s'exprime par la formule

$$\Delta t = \frac{1}{v_m} \left\{ S_1 \frac{v_m - v_1}{v_1} + S_2 \frac{v_m - v_2}{v_2} + \dots S_n \frac{v_m - v_n}{v_n} \right\} + \Sigma t_h$$

où Σt_h = Durée de l'ensemble des arrêts.

En posant $\alpha = \frac{v_1}{v_m}$ et $\frac{v_m - v_1}{v_1} = \frac{1 - \alpha}{\alpha} = \gamma$

il vient:

$$\Delta t = \frac{1}{v_m} \left\{ \gamma_1 S_1 + \gamma_2 S_2 + \gamma_3 S_3 + \dots \gamma_n S_n \right\} + \Sigma t_h$$

Chaque tronçon du trajet doit donc être multiplié par un facteur de durée supplémentaire qui le transforme en tronçon fictif. Parcouru à la vitesse maximum, celui-ci exige la même durée de trajet que le tronçon réel parcouru à la vitesse réelle.

γ en fonction de α donne une hyperbole régulière, comme le montre la fig. 1. Elle indique le facteur de durée supplémentaire γ pour des conditions quelconques, et l'emploi de la formule indique immédiatement la contribution de chaque poste à la durée totale de voyage.

Premier exemple: Un trajet parcouru à 50 km/h au lieu de 100 km/h ($\alpha = 0,5$) donne un facteur de durée supplémentaire 1. Le même trajet par-

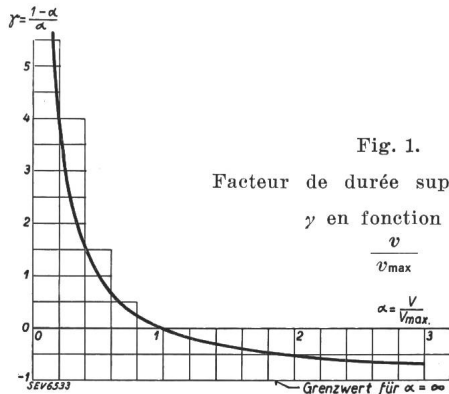


Fig. 1.
Facteur de durée supplémentaire γ en fonction de $\frac{v}{v_{max}}$

couru à la vitesse de 16,7 km/h au lieu de 20 km/h donne le même facteur, soit $5 - 4 = 1$, donc la même durée supplémentaire, la vitesse étant rapportée à $v_m = 100$ km/h. Ce même trajet parcouru à 90 km/h au lieu de 100 km/h donne un facteur

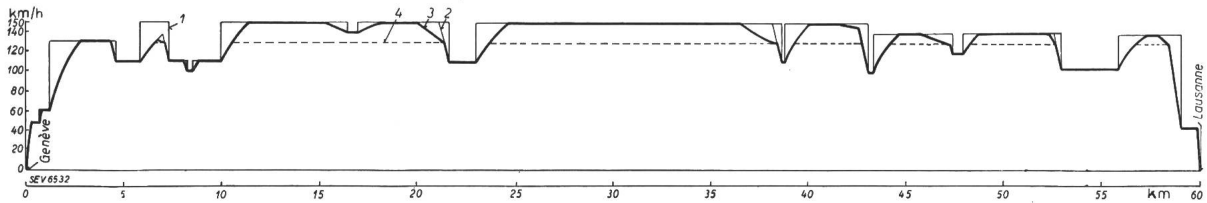


Fig. 2.
Diagramme des vitesses pour le parcours Genève-Lausanne.

de durée supplémentaire 0,1. L'arrêt donne le facteur ∞ , car aucun trajet n'est alors parcouru.

Deuxième exemple: Durée supplémentaire due à des conditions de démarrage différentes.

Durée de démarrage pour $b = 0,2$ m/s² de 0 à 20 m/s (72 km/h): $t = 100$ s. Parcours de démarrage = $\frac{20}{2} \cdot 100 = 1000$ m. Durée minimum pour 1000 m : $t_0 = \frac{1000}{20} = 50$ s;

$\alpha = 0,5$ et $\gamma = 1$

b	$S_1 = \frac{v^2}{2b}$	Durée suppl. $\Delta t = \frac{\gamma \cdot S_1}{v_m}$	Gain
m/s ²	m	s	s
0,2	1000	50	30
0,5	400	20	10
1	200	10	5
2	100	5	5
∞	0	0	

La durée supplémentaire est surtout due au début du démarrage ou à la fin du freinage, ainsi que le montre la décomposition de la durée supplémentaire. Subdivisons l'exemple de $b = 0,5$ en périodes de 10 s, on a :

v	t	S_1	α	γ	$\frac{\gamma \cdot S_1}{v_m}$
m/s	s	m			s
0...5	10	25	0,125	7	8,75
5...10	10	75	0,375	1,67	6,25
10...15	10	125	0,625	0,6	3,75
15...20	10	175	0,875	0,143	1,25

Cet exemple numérique montre que le gain de durée de voyage par une accélération relativement forte est peu important à l'approche de la vitesse maximum.

La valeur de cette nouvelle représentation est encore plus évidente, lorsqu'on l'applique à des diagrammes complets, car dans ce cas on se trouve en présence de la valeur absolue de chaque durée supplémentaire, que l'on peut estimer avec précision. Or, une estimation correcte a une très grande importance, car elle permet de prévoir les véhicules et les horaires les plus avantageux.

La fig. 2 montre un diagramme ferroviaire des CFF pour le trajet Genève-Lausanne. Pour une vitesse maximum de 150 km/h, la durée-limite est

$$t_0 = \frac{S}{v_m} = 60 \frac{60}{150} = 24 \text{ minutes.}$$

pour une installation de voies parfaite.

L'installation existante ne permet toutefois que des vitesses conformes au diagramme 1. Les tronçons où la vitesse est la même ont été groupés au tableau I.

Tableau 1.

v	α	γ	S	γS
km/h			km	km
48	0,32	2,1	0,65	1,37
60	0,4	1,5	0,5	0,75
130	0,87	0,15	3,4	0,51
110	0,73	0,36	5,3	1,91
100	0,67	0,5	0,53	0,27
140	0,93	0,07	12,9	0,92
120	0,8	0,25	0,5	0,12
105	0,7	0,43	2,9	1,25
45	0,3	2,3	1,0	2,3
				9,4

$$\Delta t = 60 \frac{9,40}{150} = 3,76 \text{ minutes.}$$

De façon analogue, la somme des durées supplémentaires dues aux valeurs finies de l'accélération et du freinage selon le diagramme 2 est de 1,00 minute et de 0,51 minute. Lorsqu'on ralentit à 130 km/h (diagramme 3) sans freinage, on doit tenir compte d'une nouvelle durée supplémentaire de 0,27 minute. Le tableau II indique les durées supplémentaires et ainsi les faibles possibilités d'augmenter encore le gain de temps dans cet exemple. On voit immédiatement, par exemple, qu'une augmentation de l'accélération (qui atteint en moyenne 0,5 m/s²) ne pourrait donner que des gains insignifiants.

De même, le calcul des durées supplémentaires permet de déterminer aisément les modifications du diagramme de parcours. Ainsi, on veut contrôler

Tableau II.

	Durée suppl. min.	Durée de trajet min
Durée de trajet pour $v_{const} = 150$ km/h	—	24
$b = \pm \infty$		
Durée-limite pour voies existantes	3,76	27,76
$b = \pm \infty$		
Durée suppl. due à l'accélération	1,0	
Durée suppl. due au freinage	0,51	29,26
Durée suppl. due au ralentissement à 130 km/h sans freinage	0,27	29,53

par exemple le résultat d'une réduction de la vitesse maximum de 150 km/h à 130 km/h (diagramme 4 au lieu de 2). Les tronçons peuvent être ramenés à quelques groupes sans erreurs notables.

Tableau III.

km/h	au lieu de km/h	α	γ	S km	γS km	Durée suppl. min
130	150	0,87	0,15	24,0	3,6	1,44
130	140	0,93	0,075	8,0	0,6	0,258
130	130...150	0,92	0,087	2,7	0,23	0,098
130	130...140	0,96	0,042	1,4	0,06	0,027
130	140...150	0,9	0,11	1,1	0,12	0,05
130	150...140	0,9	0,11	0,1	0,01	0,041
130	150..130	0,93	0,075	0,75	0,06	0,026
130	140...130	0,96	0,042	0,35	0,01	0,004
						1,944 ~ 1,95

La vitesse de voyage et sa relation avec la vitesse maximum est dans les trois cas:

Tableau IV.

Vitesse maximum v_m km/h	Réduction à km/h	Durée de trajet min	Vitesse de voyage v_R km/h	$\frac{v_R}{v_m}$
150	—	29,26	123	0,82
150	130	29,53	122	0,815
130	—	31,21	115,2	0,89

La modification de la durée de trajet provoque une modification du travail à fournir, modification qu'il est facile de constater. La durée supplémentaire due à quatre réductions de la vitesse de 150 à 130 km/h sans freinage, conduit à une économie d'énergie de 0,3 kWh par tonne, mesurée à la roue, soit

$$\frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2} = \frac{(41,7^2 - 36,2^2)}{2} =$$

$$215 \text{ kW s}$$

$$= 0,06 \text{ kWh}$$

$$4 \cdot 0,06 = 0,24 \text{ kWh à la roue}$$

$$\text{environ } \frac{0,24}{0,8} = 0,3 \text{ kWh à la ligne de contact.}$$

Quand la vitesse maximum est de 130 km/h au lieu de 150 km/h, un trajet de 24 km est parcouru à 130 km/h au lieu de 150 km/h et un trajet d'environ 14 km à 130 km/h au lieu de 140 km/h. Pour le nouveau train léger des CFF et les résistances spécifiques de 9,3 kg/t, 8,4 kg/t et 7,6 kg/t, il en résulte une différence de travail de

$$(9,3 - 7,6) \cdot 24000 + (8,4 - 7,6) \cdot 14000 = 52000 \text{ mkg} \\ = 0,142 \text{ kWh par tonne à la roue, à la ligne de contact} \\ \frac{0,142}{0,8} = 0,18 \text{ kWh par tonne.}$$

En admettant un poids de train de 140 t et un prix d'énergie de 5 cts/kWh, on économise par suite de l'augmentation de la durée de trajet due à la réduction de la vitesse à 130 km/h sans freinage, 0,27 minute $0,3 \cdot 140 \cdot 0,05 = 2,10$ frs ou 7,80 frs par minute, et avec $v_m = 130$ km/h au lieu de 150 km/h sans réduction $(0,18 + 0,3) \cdot 140 \cdot 0,05 = 3,36$ frs ou $\frac{3,36}{1,95} = 1,72$ frs par minute.

En d'autres termes, chaque minute d'arrêt qui doit être rattrapée au détriment d'une réduction de la vitesse sans freinage, coûte 7,80 frs d'énergie, ou 1,72 frs par suite d'une augmentation de la vitesse.

Si l'on considère les lois du mouvement au point de vue économique, on peut établir les règles suivantes:

- 1° La durée de voyage peut être abaissée en réduisant la durée supplémentaire et en augmentant la vitesse maximum.
- 2° Il y a, au point de vue économique, de grands et de petits gains de temps. Ces gains de temps sont les moins chers et les plus efficaces aux faibles vitesses, et notamment à l'arrêt.
- 3° L'augmentation de l'accélération donne également les meilleurs résultats aux petites vitesses; à l'approche de la vitesse maximum, elle est plus chère (augmentation de la puissance et de l'énergie cinétique) et moins efficace.
- 4° Plus la vitesse maximum est élevée, plus les gains de secondes ont de l'importance.
- 5° L'augmentation de la vitesse maximum ne devient économique, que si l'on utilise les moyens les moins onéreux.
- 6° Plus la vitesse maximum est élevée, plus il est avantageux de supprimer ou d'améliorer les tronçons où l'allure doit être réduite.
- 7° Plus la vitesse maximum est élevée, plus cher devient chaque arrêt; plus il y a d'arrêts, moins la vitesse élevée est économique.
- 8° Pour des conditions données, c'est un certain équilibre des diverses valeurs régissant le mouvement qui permet une conduite économique, et non pas la modification d'une seule ou même de deux valeurs.
- 9° La valeur du rendement de l'exploitation est donnée par le rapport entre la vitesse maximum et la vitesse de voyage, y compris les arrêts intermédiaires.
- 10° L'énergie cinétique est complètement perdue lorsqu'elle est transformée en chaleur par un freinage. Le freinage à partir d'une vitesse élevée est donc onéreux.

Bien que ces exigences soient évidentes, il n'est pas toujours facile de les estimer les unes par rapport aux autres et d'en tirer le meilleur parti. Du fait que l'on applique souvent d'une façon peu économique les lois bien connues de la cinématique, en vue de réduire la durée de voyage, il nous a paru utile de tenter de mettre au point une représentation aussi claire que possible. Ces conditions relatives aux véhicules peuvent évidemment s'appliquer en conséquence à d'autres domaines, tels que le fonctionnement de machines ou le travail manuel dans leurs diverses formes.