

THÉORIE DE LA STABILITÉ
DES
MACHINES LOCOMOTIVES EN MOUVEMENT

PAR
M. YVON VILLARCEAU

Extrait des Mémoires et Comptes-rendus des Travaux de la Société des Ingénieurs civils,
Janvier à Juin 1851

PARIS
CARILIAN-GOEURY ET V^r DALMONT, LIBRAIRES-ÉDITEURS
49, QUAI DES AUGUSTINS

—
1852

TABLE DES MATIÈRES.

SERVICE DE T...

D. C. 74

Causes d'instabilité des machines locomotives, inhérentes à la distribution des masses en mouvement. Etude de ces causes faite par MM. Nollau et Lechatelier. Avantages qui résulteraient de leur anéantissement.	N° 1, page 5
Méthode suivie par l'auteur et principes élémentaires de mécanique auxquels il a recours.	N° 2, pages 7 et 8
Circonstances dont on fait abstraction, conventions.	N° 3, page 9
<i>Données et énoncé du problème</i> de la stabilité des locomotives en mouvement.	N° 4, page 12
<i>Principes à appliquer pour la solution du problème</i> ; relations arbitraires, circonstances accidentelles auxquelles elles correspondent.	N° 5, page 14
<i>Mise en équation</i> , embrassant le cas le plus général.	N° 6, page 16
<i>Equations du mouvement du centre de gravité ou de translation.</i>	N° 7, page 19
<i>Equations des moments ou des aires.</i>	N° 8, page 22
Enoncé qui justifie la dénomination de théorème des moments.	P. 23
Enoncé relatif aux aires.	Page 26
Simplification des équations des moments, dans le cas des locomotives.	N° 9, page 26
<i>Equation des forces vives.</i>	N° 10, page 31
<i>Transformation des coordonnées</i> pour avoir égard à l'inclinaison des cylindres. Définition de cette inclinaison.	N° 11, page 35
Equations transformées des mouvements de <i>translation</i> et de <i>rotation</i> ; définition des notations $[x]$, $[y]$, $[z]$ et (x) , (y) , (z) .	N° 11, p. 37 et 38
<i>Calcul des coordonnées d'un point pris sur l'axe de la bielle, des dérivées de ces coordonnées</i> , et de l'accélération de vitesse angulaire de la bielle.	N° 12, page 38
<i>Expressions des coordonnées linéaires des centres de gravité de la bielle et du piston, de leurs dérivées</i> et des vitesse et accélération angulaires de la bielle, en séries ordonnées suivant les sinus et cosinus des multiples de l'angle de la manivelle avec l'axe du piston.	N° 13, pages 41 à 48
Expressions des coefficients de ces séries.	Note de la page 43
<i>Coordonnées et dérivées relatives aux organes dont les centres de gravité ont un mouvement circulaire lié à celui de la manivelle motrice.</i>	N° 14, page 48
Tableau des termes des seconds membres des équations des mouvements de <i>translation</i> et de <i>rotation</i> relatifs à chaque espèce particulière d'organes situés d'un même côté du plan méridien, et sommes des termes de même forme.	N° 15, pages 51 à 55
Règles pour en déduire les valeurs des mêmes sommes étendues aux deux machines dont se compose la locomotive.	N° 16, page 55
Tableau résumant ces règles.	Page 61
<i>Forces extérieures différentes de la pesanteur</i> et coordonnées de leurs points d'application.	N° 17, pages 62 et 63

- Equations développées des mouvements de translation et de rotation, en fonction de l'angle de la manivelle avec l'axe du piston et de ses deux premières dérivées.* N° 18, page 64
- Formation des équations de condition relatives à la stabilité, et transformation des précédentes équations.* N° 19, page 66
- Tableau des notations $C \cos \phi$, $C \sin \phi$, etc., et des équations de condition. Page 70
- Equations de translation et de rotation transformées à l'aide de ces notations. Page 71
- Valeurs des termes du 2^e et du 3^e ordre dans le cas où la longueur de la bielle est égale à cinq fois celle de la manivelle. Page 73
- Résolution des équations de condition.* N° 21, page 75
- Le degré d'importance des termes d'ordres supérieurs est moindre que ne l'indique leur ordre de grandeur. Note de la page 75
- Les huit premières équations de condition se réduisent à cinq : l'une d'entre elles, $k=0$, exprime que, la bielle étant supposée pouvoir tourner autour du bouton de la manivelle et son extrémité libre chargée du poids du piston, ce système doit rester en équilibre dans toute position; ce qui exige que l'on applique une masse additionnelle sur le prolongement de la bielle du côté de la manivelle. Page 77
- Transformation ayant pour objet de mettre en évidence la fonction k . N° 22, page 78
- Les huit premières équations de condition sont mises sous la forme d'un système (C) de quatre équations seulement, à l'aide d'une indéterminée θ' . Page 83
- Les valeurs $\theta' = 0$ ou $\pm \pi$ font disparaître les tendances aux mouvements de *tangage* et de *lacet*; les valeurs $\theta' = \pm \frac{\pi}{2}$ ont pour résultat d'annuler les tendances aux *oscillations normales* à la voie et au mouvement de *roulis*; mais ces diverses tendances ne peuvent disparaître simultanément que sous la condition $k=0$. Page 84
- Les règles données par M. Lechatelier dans le cas des cylindres horizontaux répondent à nos formules (C) quand y suit $\theta' = 0$ ou $\pm \pi$. Pages 84 et 85
- Calcul des valeurs que prennent les coefficients $C \cos \phi$, $C \sin \phi$, etc., lorsque les contrepoids satisfont au système (C).* N° 23, page 86
- Valeurs de C , ϕ , etc. Page 90
- Efficacité d'un système de contrepoids estimée au moyen des coefficients C , etc., pour une valeur donnée de θ' . Page 91
- Application à une machine équilibrée par M. Lechatelier. P. 92 et 93
- Impossibilité de déterminer actuellement la valeur la plus convenable de θ' , sans avoir recours à l'expérience. Page 95
- Suite de la résolution des équations de condition.* N° 25, page 95
- Equations relatives au mouvement de *galop*. — Conditions nouvelles relatives aux contrepoids des roues accouplées introduites dans un but de simplification. — L'effet de l'inversion du sens primitif de l'axe des x dans le calcul des contrepoids est nul quand on change le signe de θ' . Page 97
- Indétermination des contrepoids lorsque le nombre des roues accouplées est supérieur à quatre. — Cas des machines à roues indépendantes :

- condition unique $\omega_0 = 0$ relativement au mouvement de *galop*; interprétation de cette condition à l'aide de la notion des centres d'oscillation ou de percussion réciproques. Incompatibilité de cette condition avec celles qui se rapportent aux autres mouvements. Elle conduit à un prolongement de la bielle différent de celui qui répond à la condition $k = 0$. N° 26, page 100
- Des avantages et des inconvénients du prolongement de la bielle à un point de vue autre que celui de la stabilité.* — La bielle peut être avantageusement prolongée jusqu'au point où l'on aurait $\omega_0 = 0$. Proposition de construire certaines parties des organes mobiles en acier; nécessité de recourir à l'expérience pour fixer le prolongement le plus convenable de la bielle. N° 27, page 102
- Equations de translation et de rotation en ayant égard aux équations de condition relatives à la détermination des contrepoids.* — Deux systèmes de contrepoids répondant à des valeurs égales et de signes contraires de θ' peuvent être considérés comme présentant un même degré de stabilité. Combinaisons entre les équations. N° 28, page 106
- Incompatibilité de certaines conditions relatives à des termes affectés de la variation de vitesse et non accompagnés de fonctions trigonométriques; d'où nécessité de faire disparaître les variations de la vitesse. Influence de la hauteur du point d'attache de la barre d'attelage sur les pressions qu'éprouvent les roues d'avant et d'arrière; parti que l'on peut essayer d'en tirer dans certains cas. N° 29, page 110
- Coordonnées relatives du centre de gravité général dans les machines équilibrées; il décrit sensiblement une ligne droite qui fait l'angle θ' avec une normale au plan de la voie. N° 30, page 113
- Moindre accroissement de pression à laquelle une roue soit exposée. Exemple tiré de la machine citée plus haut. Aperçus sur la situation des points de la circonférence des roues motrices principales où il peut se produire des flèches. N° 31, page 115
- Proposition relative à la distribution des contrepoids dans les cas indéterminés.* Circonstances favorables à la réduction de la somme des masses des contrepoids. N° 32, page 119
- Résumé des FORMULES GÉNÉRALES relatives à l'établissement des contrepoids.* Notations. Valeurs auxiliaires. Formules. Mode de résolution des équations. N° 33, page 122
- Détermination des contrepoids dans les différents systèmes de machines locomotives.* N° 34, page 128
- Machines à six roues accouplées.* Cylindres à l'arrière. Page 128
— — — roues motrices principales au milieu. Cylindres à l'avant. Page 130
- Machines à quatre roues accouplées.* N° 35, page 132
— — — roues motrices principales à l'arrière. Page 132
— — — roues motrices principales au milieu. Accouplement à l'arrière, accouplement à l'avant. Page 132
- Machines à roues indépendantes.* N° 36, page 133
- Machines employées au chemin de fer du Nord.* N° 37, page 134
- Bases d'un projet rationnel d'expériences à entreprendre pour résoudre les questions actuellement inaccessibles à l'analyse mathématique dans la théorie de la stabilité des machines locomotives en mouvement.* — Expé-

riences propres à vérifier l'exactitude de la théorie au moyen d'un petit modèle. N° 38, page 134

Les inconvénients d'un système de bielle et de contrepois sont des fonctions de trois variables indépendantes dans le cas général; ce nombre peut être réduit à deux: l'étude de l'effet des variations de l'indéterminée θ' peut être restreinte entre les limites 0° et 90° de cette variable. N° 39, page 137

Recherche des valeurs des deux variables qui répondent à la moindre somme des inconvénients. N° 40, page 140

Quelques mots sur l'évaluation numérique de la somme des inconvénients. N° 41, page 142

Considérations générales sur la stabilité des machines. — Usage des équations de translation et des moments en faisant abstraction de l'équation des forces vives. Emploi simultané de ces équations. Condition de l'uniformité du mouvement de certains organes, d'où théorie des volants. Résistance des bâtis et supports. Résistance des pièces mobiles; indications relatives au cas des bielles. N° 42, page 144

Addition relative au prolongement de la bielle. — Démonstration très simple que ce prolongement donne le moyen d'obtenir l'immobilité relative du centre de gravité général. Page 149

ERRATA.

Page 152

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

Rectification et supplément à l'errata.

Page 69, ligne 1 de la note : au lieu de B, lisez B_i.

Page 32, ligne 16 : au lieu de composants, lisez composantes.

Page 45, ligne 5 de la note : au lieu de par $2n-1$, lisez par $-(2n-1)$.

Page 108, ligne 4 en remontant : au lieu de les termes où entre θ' , lisez en ne considérant que les termes variables principaux qui dépendent du carré de la vitesse angulaire, ces termes

Page 131, ligne 2 en remontant : au lieu de μ ou μ'' , lisez μ' ou μ'' .