

Revue d'Histoire des Mathématiques



*L'ingénieur Nicolas Minorsky (1885–1970)
et les mathématiques pour l'ingénierie navale,
la théorie du contrôle et les oscillations non linéaires*

Loïc Petitgirard

Tome 21 Fascicule 1

2 0 1 5

SOCIÉTÉ MATHÉMATIQUE DE FRANCE

Publiée avec le concours du Centre national de la recherche scientifique

REVUE D'HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES

RÉDACTION

Rédacteur en chef :

Norbert Schappacher

Rédacteur en chef adjoint :

Philippe Nabonnand

Membres du Comité de rédaction :

Alain Bernard
Frédéric Brechenmacher
Maarten Bullynck
Sébastien Gandon
Hélène Gispert
Catherine Goldstein
Jens Høyrup
Agathe Keller
Marc Moyon
Karen Parshall
Tatiana Roque
Dominique Tournès

Directeur de la publication :

Marc Peigné

COMITÉ DE LECTURE

Philippe Abgrall
June Barrow-Green
Umberto Bottazzini
Jean Pierre Bourguignon
Aldo Brigaglia
Bernard Bru
Jean-Luc Chabert
François Charette
Karine Chemla
Pierre Crépel
François De Gandt
Moritz Epple
Natalia Ermolaëva
Christian Gilain
Jeremy Gray
Tinne Hoff Kjeldsen
Jesper Lützen
Antoni Malet
Irène Passeron
Christine Proust
David Rowe
Ken Saito
S. R. Sarma
Erhard Scholz
Reinhard Siegmund-Schultze
Stephen Stigler
Bernard Vitrac

Secrétariat :

Nathalie Christiaën
Société Mathématique de France
Institut Henri Poincaré
11, rue Pierre et Marie Curie, 75231 Paris Cedex 05
Tél. : (33) 01 44 27 67 99 / Fax : (33) 01 40 46 90 96
Mél : rhmsmf@ihp.fr / URL : <http://smf.emath.fr/>

Périodicité : La *Revue* publie deux fascicules par an, de 150 pages chacun environ.

Tarifs : Prix public Europe : 87 €; prix public hors Europe : 96 €;
prix au numéro : 43 €.
Des conditions spéciales sont accordées aux membres de la SMF.

Diffusion : SMF, Maison de la SMF, Case 916 - Luminy, 13288 Marseille Cedex 9
Hindustan Book Agency, O-131, The Shopping Mall, Arjun Marg, DLF
Phase 1, Gurgaon 122002, Haryana, Inde
AMS, P.O. Box 6248, Providence, Rhode Island 02940 USA

L'INGÉNIEUR NICOLAS MINORSKY (1885–1970) ET LES MATHÉMATIQUES POUR L'INGÉNIERIE NAVALE, LA THÉORIE DU CONTRÔLE ET LES OSCILLATIONS NON LINÉAIRES

LOÏC PETITGIRARD

RÉSUMÉ. — L'article présente le parcours et les travaux de l'ingénieur naval Nicolas Minorsky, au carrefour du monde des ingénieurs et des mathématiques. À travers ses travaux de 1922, synthétisés dans son article « Directional stability of automatically steered bodies », on montre comment Minorsky articule la construction de savoirs mathématiques et l'ingénierie du contrôle de navires. Dans les années 1930–40, Minorsky développe ses théories, et se fait le promoteur des théories des oscillations non linéaires et de la stabilité, dans la perspective des questions navales, et au-delà pour tous les problèmes d'ingénieur. Minorsky est également le concepteur d'un système de calcul analogique baptisé « Analogues dynamiques », resté très confidentiel jusqu'à récemment. Le système a été conçu, et réalisé partiellement en 1935, afin d'apporter des réponses calculatoires, qualitatives et quantitatives, pour l'analyse de systèmes dynamiques non linéaires. Entre nécessités du terrain et mathématiques, Minorsky a beaucoup de caractéristiques de l'« ingénieur-savant ». Nous montrons enfin en quoi son épistémologie, sa vision des rapports entre mathématiques, physique et technique, sont déterminantes dans l'ensemble de ses travaux, et en particulier dans sa conception des « Analogues dynamiques ».

ABSTRACT (Nicolas Minorsky (1885–1970) and the mathematics for naval engineering, control theory and nonlinear oscillations)

Texte reçu le 9 septembre 2014, accepté le 26 février 2015.

L. PETITGIRARD, Laboratoire HT2S (Histoire des Technosciences en Société), 2 rue Conté, 75003 Paris.

Courrier électronique : loic.petitgirard@cnam.fr ; loic.petitgirard@lecnam.net

Mots clés : Systèmes dynamiques, oscillations non linéaires, ingénieur, théorie de la stabilité, théorie du contrôle, instruments de calcul, calcul analogique, Minorsky, Poincaré, Andronov.

Key words and phrases. — Dynamical systems, nonlinear oscillations, engineer, stability theory, control theory, calculating device, instruments, analog computing, Minorsky, Poincaré, Andronov.

This paper deals with the life and work of Nicolas Minorsky, a naval engineer who worked at the crossroad of the worlds of mathematics and engineering. Through his seminal work of 1922, “Directional stability of automatically steered bodies”, we show how Minorsky dealt with the interplay between mathematical knowledge and the steering of ships. During the 1930–40s, he advocated for nonlinear oscillations and stability theories among the academic and naval institutions, with ships conception in mind, and considering they are relevant for engineering problems in general. Minorsky also invented an analog computing device called “Dynamical analog” that remained confidential until recently. This system was conceived, and partially released in 1935, in order to render (compute) qualitative and quantitative information about nonlinear dynamical systems. Facing practical needs and mathematical theories Minorsky is a kind of “ingénieur-savant”. Eventually, we emphasize his epistemology, his vision of the relationships between mathematics, physics and technology, which are very significant in his work and his conception of the “Dynamical analog”.

INTRODUCTION

L’histoire des rapports entre le monde des ingénieurs et celui des mathématiciens est progressivement devenue un chapitre important de l’histoire des mathématiques. À travers l’étude de contextes locaux, de travaux d’ingénieurs situés, par leur activité, à la frontière avec les mathématiques, la place des ingénieurs dans cette histoire commence à être pleinement reconnue. En témoignent les travaux récents sur l’histoire du calcul et des instruments de calcul¹. Il faut insister également sur le fait que les travaux des XIX^e et XX^e siècles dans des domaines aussi variés que le génie militaire (maritime, aéronautique, artillerie, balistique...), le génie civil, la mécanique, recèlent des problèmes mathématiques redoutables auxquels les ingénieurs ont été confrontés. Les analyses convergent pour admettre l’importance de ces problèmes dans le développement des mathématiques, de la concomitance entre les pratiques du calcul, la conception des instruments de calcul et le développement de la pensée mathématique. Ces questions qui concernent directement l’ingénieur ne peuvent pas être considérées simplement comme terrains d’applications de mathématiques toutes prêtes à l’emploi. Incontestablement, le terrain de l’ingénieur se situe parallèlement à ceux du physicien et de l’astronome, comme lieu récurrent d’élaboration de théories mathématiques nouvelles, d’abord adaptées à la résolution de problèmes concrets avant de dépasser ce cadre restreint.

¹ Voir notamment [Tournès 2000] et [Tournès 2003].

S'il existe des ponts, il existe aussi des clivages entre mathématiques et ingénierie. Malgré la forte mobilisation pour la formation des ingénieurs au XIX^e siècle, une dichotomie s'est installée dans la perception réciproque de ces deux mondes : spécialisation croissante des disciplines, institutionnalisation des formations, complexité des problématiques, pour ne citer que quelques dynamiques de fond, ont à la fois fait diverger les centres de préoccupation des mathématiciens académiques et des ingénieurs, et rendu nécessaire à l'ingénieur un savoir mathématique conséquent².

L'ingénieur russe Nicolas Minorsky (1885–1970) œuvre précisément au croisement de ces problématiques. Formé comme ingénieur naval, il est un spécialiste de la conception des navires, de la stabilisation et du contrôle de ces bâtiments, sur une période d'activité allant de 1918 jusqu'à son décès en 1970. Dépositaire de nombreux brevets, il sera aussi reconnu comme une référence en théorie du contrôle³. Nous montrerons en quoi Minorsky est un ingénieur naval atypique, volontiers théoricien et mathématicien. Dans le contexte des recherches navales, et de par sa formation, il est concerné par nombre de problèmes théoriques touchant aux mathématiques des équations différentielles, principal outil de la « théorie » navale, c'est-à-dire, comme nous l'appellerions en termes contemporains, de la modélisation mathématique du comportement des navires.

Nous présentons donc ici ce personnage encore méconnu, au parcours emblématique des contacts et divergences entre le monde des ingénieurs et celui des mathématiciens, en recontextualisant systématiquement ses travaux. Ces rapports entre ingénieurs et mathématiques se complexifient au fil du XX^e siècle avec le développement des théories prenant en considération les phénomènes non linéaires : c'est un point sur lequel

² Christiane Dujet-Sayyed le souligne clairement dans « Les mathématiques pour l'ingénieur : un dialogue à nouer ou renouer? », Octobre 2008, M2REAL (disponible à l'adresse : <http://www.m2real.org/spip.php?article97>).

³ La théorie du contrôle désigne l'ensemble des théories mathématiques qui permettent de déterminer des lois de contrôle, de guidage et de commande pour un système donné. Les problèmes de contrôle sont de natures très diverses : conduite de véhicules, de navires, mise en orbite de satellites, optimisation, régulation thermostatique, conduite de processus industriels, etc. Dans les théories modernes ces problèmes sont modélisés avec des systèmes dynamiques. Contrôler le système signifie conduire le système d'un état initial à un état final en suivant certaines contraintes (d'optimisation ou de stabilisation, par exemple). Pour une présentation de l'histoire des théories et de l'ingénierie du contrôle voir [Bennett 1986 ; 1993].