

Unpublished Saint-Venant. Studies of Structural Mechanics (1837-1853)

Federico Foce

Dipartimento di Scienze per l'Architettura, Genova, Italy

ABSTRACT: As a result of recent bibliographic investigations on the *Fonds Saint-Venant* at the Library of the École Polytechnique in Paris, this paper presents a survey of the studies carried out by Adhémar-Jean-Claude Barré de Saint-Venant in the field of solids and structures mechanics during the first fifteen years of his scientific research on the matter (1837-1853).

Taking into account that these studies appeared only as abstracts of few pages and never received an extended printed version, the main purpose of the paper is to offer a global and reasoned picture of Saint-Venant's prolific work in order to make it easier future investigations of the original manuscripts and get a deeper understanding of the deductive process that brought the French scientist to his fundamental contributions to the theory of elasticity and strength of materials in the period under consideration.

THE FONDS SAINT-VENANT

The present paper intends to offer a first survey of the documents belonging to the *Fonds Saint-Venant*, with special attention to the studies carried out by Adhemar-Jean-Claude Barré de Saint-Venant (1797-1886) in the field of solids and structures mechanics during the first fifteen years of his scientific research on the matter (1837-1853), that is before the publication of the two great memoirs dealing with the flexion and torsion of prisms (Saint-Venant, 1856a,b).

This extraordinary patrimony of documents can be consulted at the *Centre de Ressources Historiques* of the Bibliothèque de l'École Polytechnique in Paris, where the *Fonds Saint-Venant* has been archived after the donation of the heirs on 28 March 1990.

The *Fonds* consists of 54 *Cartons*, that is black boxes of about 40 cm length, 30 cm width, 15 cm height, containing an incredible number of manuscripts (notebooks, drawings, scientific and private correspondence, personal notes, drafts of lectures) dealing with all the research fields of the great French scientist. The material in the *Cartons* from 1 to 17, with exception of *Carton 15bis*, has been classified in *pièces* with increasing number and can be found on the on-line catalogue of the library: for instance, the *pièce* SV1/551 on the on-line catalogue identifies the document with number 551 in *Carton 1*. The following Table 1 shows the complete list of the *Cartons* with their titles and corrects an erroneous information on the number of boxes reported in the monographic issue of the *Bulletin SABIX* (Billoux, 1992).

It must be said that the external title of the *Cartons* provides only partial information of their content, as we have realized in many cases that documents of heterogeneous scientific subjects and different chronological periods are gathered in the same box. In this sense, the long list of references of the *Fonds* quoted at the end of this paper represents a first reasoned classification of the material concerning the field of applied mechanics during the years under consideration. Obviously, it has no pretensions to rigour in terms of cataloguing rules and we cannot exclude that something has escaped us at this initial stage of investigation. However, it may be a useful bibliography to get a realistic picture of Saint-Venant's prolific production on the matter and make it easier to relate the few tens of printed pages appeared on scientific journals with the thousands of unpublished sheets hidden in the *Cartons*.

Table 1: List of the *Cartons* of the *Fonds Saint-Venant*

Carton n° 1	Correspondance	(pièces 1-551)
Carton n° 2	Correspondance	(pièces 627-1042)
Carton n° 3	Revue de presse	(pièces 1043-1054)
Carton n° 4	Revue de presse	(pièces 1055-1075)
Carton n° 5	Série de Buat	(pièces 1076-1303)
Carton n° 6	Série de Buat	(pièces 1304-1562)
Carton n° 7	Métaphysique	(pièces 1563-1729)
Carton n° 8	Métaphysique	(pièces 1730-1871)
Carton n° 9	Livres-Revues-Divers	(pièces 1872-1886)
Carton n° 9bis	Livres-Revues-Divers	(pièces 1880-1913b)
Carton n° 10	Notes de lecture	(pièces 1914-1929)
Carton n° 11	Notes de lecture	(pièces 1929-1963)
Carton n° 12	Notes de lecture	(pièces 1964-2051)
Carton n° 13	Institut agronomique	(pièces 2052-2144)
Carton n° 14	Institut agronomique	(pièces 2145-2174)
Carton n° 15	Institut agronomique	(pièces 2175-2297)
Carton n° 15bis		
Carton n° 16	Cours Maths. Chimie Physique 1812-1837	(pièces 2298-2304)
Carton n° 17	Poudres-Salpêtres	(pièces 2305-2351)
Carton n° 18	Graphique pour Institut Agronomique	
Carton n° 19	Physique-Mécanique, 1	
Carton n° 20	Physique-Mécanique, 2	
Carton n° 21	Mécanique des fluides 1	
Carton n° 22	Mécanique des fluides 2	
Carton n° 23	Mécanique des fluides 3	
Carton n° 24	Résistance des matériaux, 1	
Carton n° 25	Résistance des matériaux, 2	
Carton n° 26	Résistance des matériaux, 3	
Carton n° 27	Résistance des matériaux, 4	
Carton n° 28	Torsion, géométrie, etc	
Carton n° 29	Torsion	
Carton n° 30	Choc longitudinal 1	
Carton n° 31	Choc longitudinal 2	
Carton n° 32	Choc longitudinal 3	
Carton n° 33	Notes mathématiques	
Carton n° 34	Travaux scientifiques divers	
Carton n° 35	Documents divers. Travaux scientifiques tardifs	
Carton n° 36	Note pour la rédaction du Résumé de Navier 1	
Carton n° 37	Note pour la rédaction du Résumé de Navier 2	
Carton n° 38	Académie des sciences. a) Notices des académiciens 1	
Carton n° 39	Académie des sciences. a) Notices des académiciens 2	
Carton n° 40	Académie des sciences. a) Notices des académiciens 3	
Carton n° 41	Publications pour l'Académie des sciences 1	
Carton n° 42	Publications pour l'Académie des sciences 2	
Carton n° 43	Comptes rendus de l'Académie des sciences 1	
Carton n° 44	Comptes rendus de l'Académie des sciences 2	
Carton n° 45	Société philomatique	
Carton n° 46	Cours donnés à l'Ecole des Ponts et Chaussées, 1	
Carton n° 47	Cours donnés à l'Ecole des Ponts et Chaussées, 2	
Carton n° 48	Cours donnés à l'Ecole des Ponts et Chaussées, 3 (IMPRIMES)	
Carton n° 49	Ingénieur des ponts et chaussées 1833-1835, Canal des Ardennes etc.	
Carton n° 50	Imprimés 1	
Carton n° 51	Imprimés 2	
Carton n° 52	Graphiques	

THE FIRST STEP: THE *COURS LITHOGRAPHIÉ* AND THE *LEÇONS* AT THE *ÉCOLE DES PONTS ET CHAUSSÉES* (1837-1840)

Modern textbooks of structural mechanics and secondary sources on its historical development usually refer to Saint-Venant in connection with his solution to the problem of the flexion and torsion of prisms - the so-called *Saint-Venant problem* tackled in the two epoch-making memoirs of 1855 and 1856 - and his later 'enlarged' editions of Navier (1864) and Clebsch's (1883) treatises on elasticity and strength of materials.

On the contrary, few attention has been devoted to Saint-Venant's pioneering research on applied mechanics in the period 1837-1853, with the partial exception of the discussion reported in the *History of Todhunter and Pearson* (1886, 1893), the later contributions by Timoshenko (1953) and Benvenuto (1997, 1998) and two recent papers of the author (Aita et al., 2006; Foce, 2008). These studies, however, do not handle the core of Saint-Venant's unpublished investigations concerning the theory of elasticity and strength of solids, the strain analysis of rectilinear and curvilinear beams, the general method for solving statically indeterminate elastic systems, the stability of retaining walls and masonry vaults. As a matter of fact, most of these investigations remained in the form of manuscript unexplored up to now and only abstracts of them were published in the *Comptes rendus de l'Académie des Science* of Paris and other scientific journals, probably waiting for an extended version that the French scholar never prepared for print.

Saint-Venant's scientific research on mechanical topics started since the first 1830s and, until 1837, mainly focussed on fluids and general mechanics. The *Carton 34* of the *Fonds* contains 18 notebooks, signed with the letter A, written from 1833 and 1837 and devoted to the *résistance des fluides*. The *Carton 19* contains 14 notebooks, signed with the letter B and presumably written between 1834 and 1835. They concern, on the one hand, the foundations of mechanics in accordance with Carnot's programme to abolish force from the primitive concepts and, on the other hand, the project of a treatise of *mécanique physique* according to the interpretation of atomism provided by Boscovich's system. It seems reasonable to foresee that a deeper analysis of this precious material will throw new light on later research connected with Saint-Venant's views of natural philosophy, and specifically: the studies on the use of the geometrical sums, differences and products to simplify mechanics (Saint-Venant, 1845c, and *Carton 20* containing other notebooks signed with the letter B); the text of the *Principes de mécanique fondés sur la cinématique* completed in 1851 for the students of the Institut National Agronomique (INA) of Versailles, where Saint-Venant held the chair of *Génie rural* from 1850 to 1852 (Saint-Venant, 1851; *Cartons 13-15bis*); the many contributions to the molecular theory of elasticity, among which his three main interventions in the treatises of Navier (1864), Moigno (1868) and Clebsch (1883), where he strenuously supported the rari-constant formulation. For the sake of brevity, we do not give here the list of the manuscripts related to these subjects and refer to (Padé, 1904), (Becchi et al., 1988), (Foce, 1993, 1995, 2005), (Benvenuto et al. 1996), (Melucci, 1996), (Darrigol, 2001, 2002) and (Chatzis, 2004) for more details on these topics.

As far as Saint-Venant's research on structural mechanics, the first step coincides with his involvement as *professeur adjoint* at the *École des Ponts et Chaussées*, where at the end of October 1837 he substituted Coriolis in the chair of *mécanique appliquée*. On this occasion Saint-Venant prepared the *Leçons* of the so-called *Cours lithographié* (SV/1837/b) (he often quotes it as 'feuilles lithographiés') and wrote various notebooks containing developments of the subjects treated in the *Cours* and detailed drafts of the lessons given in the classroom (SV/1837/a; SV/1838/a-e; SV/1839/02,03,11,a,b). From these manuscripts we realize that Saint-Venant held the course of applied mechanics not only in 1837-1838, as it could be deduced from the title of the *Cours*, but also in the two following years, without completing the last course of 1839-1840 as, for reasons apparently due to his charge in the *service d'arrondissement*, he had to leave the place to his colleague Guillebon at the end of January 1840 (SV 1840/a, b).

Compared with the state of the art on the matter, specifically the second edition of Navier's *Résumé des Leçons* (Navier, 1833) which Saint-Venant frequently refers to, the *Cours lithographié* contains various original points. In the *Notice sur les travaux scientifiques* submitted to the *Académie des Sciences* for his first attempt to enter the section of mechanics, Saint-Venant wrote about the *Cours*:

Quoique j'eusse à peine quelques semaines pour m'y préparer, ayant aperçu de nombreuses lacunes dans la théorie de la résistance des solides, que j'avais à exposer, j'ai cherché à les combler. Mes feuilles contiennent les résultats de mes premières recherches sur cette matière (Saint-Venant, 1843d, p. 10).

Saint-Venant knew very well the previous works by Navier, Cauchy, Poisson, Lamé and Clapeyron on the general theory of elasticity. Starting from this theoretical basis, and against Vicat's indictment of mathematicians (Benvenuto, 1998), he tenaciously pursued the far-seeing programme to bring the "Mécanique mathématique dans l'exercice de l'art de l'Ingénieur", as he explicitly declared in the preliminary remarks of his lithographed textbook. Among the improvements given in the *Cours* we quote the following points, stressed by Saint-Venant himself (Saint-Venant, 1858): 1°. 'Official' introduction of the tangential strain g (the so-called *glissement*) in the theory of the elastic beam and consequent (approximate) definition of the shear force; 2°. New formula for the greatest stretch in the presence of linear strain ∂ and tangential strain g , and associated strength criterion to be used for the composed case of flexion and torsion (these first two points were highly appreciated by Poncelet who introduced them in his unpublished *Cours de Mécanique industrielle* held at the Faculty of Sciences in 1840 (SV 1858; Chatzis, 1998)); 3°. Clear distinction of the cases in which it is required the previous calculation of the displacements to state the strength condition; 4°. Statement of the theorem of superposition of small displacements derived from the hypothesis of molecular actions as linear function of the variation of the molecular distance; 5°. Formulation of a general method for solving statically indeterminate elastic systems by imposing external and internal compatibility equations taking into account all the deformative effects.

Besides the previous points concerning basic questions of strength and elasticity, two other classic topics of the *Art de l'Ingénieur*, not included in the pages of the *Cours*, were treated by Saint-Venant during his lessons in the classroom. We refer to the stability of retaining walls and masonry vaults, presented in accordance with Coulomb's method of maxima and minima. Of these two subjects, the second one is of special interest as it concerns an unknown episode of Saint-Venant's biography (Foce, in prep.). It results from the documents of

the *Fonds* (SV/1837/c, 1839/03) that from December 1837 to March 1839 Saint-Venant had a scientific correspondence with Mery, who in June 1838 submitted to the *camarade* the draft of his memoir on the equilibrium of barrel vaults. This draft contains the first attempt to take into account the actual strength of materials within the equilibrium analysis of the arch, traditionally discussed in terms of rotational collapse mechanisms implying that the resultant forces at the rupture joints may be applied at the edges of the same joints. In order to abandon these abstract conditions of "équilibre mathématique", Mery stated that, in practice, the *courbe des pressions* (the term was suggested by Saint-Venant in place of *courbe d'équilibre* used by Mery) must be contained within a fictitious arch internal to the actual one in accordance with the criterion that the two lateral stripes between the two arches must be large enough to support the two thirds of the normal force at each joint.

Saint-Venant felt the importance of introducing the actual strength of materials into the theory of vaults, appreciated Mery's attempt and incited the colleague to submit his memoir to the *Annales des Ponts et Chaussées*. Moreover, he wrote a detailed review of the draft where, among various suggestions for improving the text, he gave the correct interpretation of Mery's method in terms of modern safe theorem of plasticity (accents missing in the original):

Excepté pour les cas abstraits de l'équilibre mathématique (...) il serait extrêmement difficile si ce n'est impossible dans l'état actuel de la physique mathématique de déterminer la position réelle de la courbe des pressions. Mais cette détermination exacte n'est nullement nécessaire à la solution du problème de l'équilibre des voûtes; il suffit (...) que nous sachions tracer cette courbe dans divers hypothèses entre lesquelles la réalité se trouve (SV/1838/02, pp. 4-5).

In the printed version of the memoir (Mery, 1840), Mery completely accepted Saint-Venant's suggestions and literally reproduced some remarks of his review. What is astonishing is that he gave no credits to his *camarade* who, as far as we know, never claimed for that.

FURTHER DEVELOPMENTS DURING THE 1840s

Despite the importance that Saint-Venant himself attributed to his studies of the 1840s (see, for instance, Saint-Venant 1858), they are surely the less known of his research on applied mechanics. Never printed *in extenso*, they were read in various sessions of the *Académie des Sciences* or the *Société Philomatique* and published only as abstracts of few pages, notwithstanding the immediate positive judgment of the academic committee (Cauchy et al., 1843).

The printed abstracts of these studies cover the years 1843-1844 (Saint-Venant 1843a-f, 1844a-m) and 1847-1848 (Saint-Venant 1847a-c, 1848) and include also the strictly related contributions of a geometrical nature that Saint-Venant developed in 1844-1845 on the space curves and their differential properties (Saint-Venant, 1844n, 1845a). The associated manuscripts are listed below as (SV/1843/a-g, 1843/10a-c, 1843/11-12, 1844/a-d, 1844/01-02, 1847/02-03, 1847/05a-b, 1847/08, 1847/10, 1847/c-f, 1848/a,b).

On the whole, these studies must be seen as the natural development of the topics first stated in the *Cours lithographié* and the necessary premises to the two conclusive memoirs on the so-called *Saint-Venant problem* solved in terms of semi-inverse method (SV/1852/07; SV/1852/10-12; SV/1853/06; Saint-Venant 1855, 1856). They concern the following points: 1°. Investigations on the torsion of prisms and analysis of the warping (*gauchissement*) of the cross sections; 2° Analysis of the general case of flexure (*flexion déviée*), suggested by a previous remark of Persy (Persy, 1834); 3°. Generalization of the strength condition first given in the *Cours* of 1837-1838 for a prism of generic shape under generic loads; 4° Formulae of the finite displacements of the axis of a curved elastic beam, under the assumption that the strains are 'toujours très petits'; 5° Explicit introduction of the angular displacement of the curvature radius with respect to the cross section, in order to take into account that, in the general case, the flexion does not depend exclusively on the variation of the first curvature and the torsion on the variation of the second curvature; 6°. Various applications ('anneau horizontal fléchi verticalement, ressort en hélice') of these theoretical results showing sensible quantitative difference with respect to the outcomes of the old theories.

CONCLUSIONS

The synthetic exposition given above and the following list of references of the *Fonds Saint-Venant* offer a meaningful idea of the extraordinary work carried out by the French scholar in the considered period. On the basis of this preparatory stage, a direct investigation of the acquired manuscripts is now in progress in order to get a deeper understanding of the deductive process that brought Saint-Venant to his fundamental contributions to the theory of elasticity and strength of materials.

REFERENCES

- Aita, D.; Foce, F., 2006: Saint-Venant e l'Art de l'ingénieur. Un primo studio critico delle *Leçons de mécanique appliquée (1837-1838)*. In: Buccaro, A. et al. (eds): *Atti del I Convegno Nazionale di Storia dell'Ingegneria (Napoli, 8-9 marzo 2006)*, Napoli, vol. 1, pp. 291-302.
- Becchi, A; Benvenuto, E., 1988: Sui principi di filosofia naturale che orientarono la ricerca di Saint-Venant. In: *Omaggio a Giulio Ceradini. Note scientifiche in occasione del 70° compleanno*. Roma: Dipartimento di In-

- gegneria strutturale dell'Università di Roma, pp. 125-138.
- Benvenuto, E.; Corradi, M.; Foce, F., 1996: Metaphysical Roots of the nineteenth Century Debate on the Molecular Theory of Elasticity. In: Batra R.C., Beatty M.F. (eds.), *Contemporary Research in the Mechanics and Mathematics of Materials*. Barcelona: CIMNE, pp. 79-91.
- Benvenuto, E., 1997: Natural philosophy, rational mechanics and practical engineering in the work and life of Adhémar Jean Claude Barré de Saint-Venant. *European Journal of Mechanics A/Solids* 16, Special issue, pp. 45-63.
- Benvenuto, E., 1998: Adhémar-Jean-Claude Barré de Saint-Venant: the Man, the Scientist, the Engineer, In: *Atti dei Convegni Lincei* 140. Giornata Lincea *Il problema di de Saint-Venant: aspetti teorici e applicativi* (Roma, 6 marzo 1997), Roma: Accademia Nazionale dei Lincei, pp. 7-34.
- Billoux, C., 1992: Le Fonds scientifique. In: Adhémar Barré de Saint-Venant. *Bulletin de la Société des Amis de la Bibliothèque de l'École Polytechnique (SABIX)* 9.
- Casey, J.; Kaplan, A., 1997: Adhemar-Jean-Claude Barré de Saint-Venant: 23 August 1797 - 6 January 1886. *Mathematics and Mechanics of Solids* 2, pp. 371-378.
- Cauchy, A.-L.; Lamé, G.; Piobert, G.; Poncelet, J.-V., 1843 (27 November): Rapport sur divers Mémoires de M. de Saint-Venant relatifs à la mécanique rationnelle et à la mécanique appliquée. *Comptes rendus* 17, pp. 1234-1236.
- Cauchy, A.-L.; Lamé, G.; Piobert, G.; Poncelet, J.-V., 1853 (26 December): Rapport concernant un Mémoire de M. de Saint-Venant sur la torsion des prismes, *Comptes rendus* 37, pp. 984-988.
- Chatzis, K., 1998: J.-V. Poncelet (1788-1867) ou le Newton de la mécanique appliquée. Quelques réflexions à l'occasion de son cours inédit à la Sorbonne, *Bulletin de la Société des Amis de la Bibliothèque de l'École Polytechnique (SABIX)* 19, pp. 69-97.
- Chatzis, K., 2004: Les conceptions de Saint-Venant en matière de théorie de la connaissance. In *L'art de l'ingénieur. De Perronet à Caquot*, n° hors série des *Annales des Ponts et Chaussées*. Paris: Presses de l'École des Ponts et Chaussées, pp. 93-115.
- Clebsch, A., 1883: *Théorie de l'élasticité des corps solides, traduite par MM. Barré de Saint-Venant et Flamant, avec des Notes étendues de M. de Saint-Venant*. Paris: Dunod.
- Darrigol, O. 2001: God, waterwheels, and molecules: Saint-Venant's anticipation of energy conservation. *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 31, 2, pp. 285-353.
- Darrigol, O., 2002: Between hydrodynamics and elasticity theory: The first five births of the Navier-Stokes equation. *Archive for History of Exact Sciences* 56, pp. 95-150.
- Foce, F., 1993: *La teoria molecolare dell'elasticità dalla fondazione ottocentesca ai nuovi sviluppi del XX secolo*. PhD Thesis, University of Florence (download from www.bma.arch.unige.it).
- Foce, F., 1995: The theory of elasticity between molecular and continuum approach in the XIXth century. In Benvenuto, E., Radelet-de Grave, P. (eds.): *Between Mechanics and Architecture*. Basel: Birkhäuser, pp. 301-314.
- Foce, F., 2005: Symétries en élasticité. Aspects du débat du XIX siècle sur le problème des 'relations de Cauchy'. In: Radelet-de Grave, P. (ed.): *Symétries*. Turnhout: Brepols, pp. 167-196.
- Foce, F., 2008: Saint-Venant prima del 'problema di Saint-Venant'. Studi sulla resistenza dei materiali nel periodo 1837-1853. In: D'Agostino, S. (ed.): *Atti del II Convegno Nazionale di Storia dell'Ingegneria (Napoli, 7-9 aprile 2008)*. Napoli, vol. 1, pp. 551-562.
- Foce, F., in prep.: A pearl from the history of structural mechanics. Mery, Saint-Venant and the *Théorie des voûtes*.
- Melucci, C., 1996: *Scienza, spiritualità, visione politica in A.-J.-C. Barré de Saint-Venant. Contributi teorici e applicativi nella dinamica dei fluidi e nella scienza del miglioramento del territorio*. Doctoral Thesis, Università di Genova.
- Mery, E., 1840: Sur l'équilibre des voûtes en berceau. *Annales des Ponts et Chaussées* 19, pp. 50-70.
- Moigno, F.-N.-M., 1868: *Leçons de mécanique analytique, rédigées principalement d'après les méthodes d'Augustin Cauchy, et étendues aux travaux les plus récents*. Paris: Gauthier-Villars.
- Navier, C.-L.-M.-H., 1833: *Résumé des leçons données à l'École des Ponts et Chaussées sur l'application de la mécanique à l'établissement des constructions et des machines*. Paris, Carilian-Goeury (II ed.).
- Navier C.-L.-M.-H., 1864: *Résumé des leçons données à l'École des Ponts et Chaussées sur l'application de la mécanique à l'établissement des constructions et des machines, avec des Notes et des Appendices par M. Barré de Saint-Venant*. Paris: Dunod, (III ed.).
- Padé, H., 1904: Barré de Saint-Venant et les principes de la Mécanique. *Revue générale des sciences pures et appliquées* 15, pp. 761-767.
- Persy N., 1834 (juillet): *Cours de stabilité des constructions à l'usage des élèves de l'École d'Application de l'Artillerie et du Génie*. Metz: Lithographie de l'École d'Application, 1834 (IV ed.).
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1843a (30 October): Sur le calcul de la résistance et de la flexion des pièces solides à simple ou à double courbure, en prenant simultanément en considération les divers efforts auxquels elles peuvent être soumises dans tous les sens. *Comptes Rendus* 17, pp. 942-954.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1843b (6 November): Suite au Mémoire lu le 30 octobre 1843. *Comptes Rendus* 17, pp. 1020-1031.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1843c (20 November): Mémoire sur la torsion des prismes à base rectangle et à base losange et sur une petite correction numérique à faire subir, en général, aux moments de torsion. *Comptes Rendus* 17, pp. 1180-1190.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1843d: *Notice sur les travaux scientifiques de M. de Saint-Venant*. Paris: Bachelier.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de; Michelot, P., 1843e (4 December): Mémoire sur le calcul de la résistance d'un pont en charpente, e sur la détermination, au moyen de l'analyse des efforts supportés dans les constructions existantes, des grandeurs des nombres constants qui entrent dans les formules de résistance des matériaux. *Comptes Rendus* 17, pp.1275-77.

- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1843f (30 December): Sur la définition de la pression dans les corps fluides ou solides en repos ou en mouvement, *Société Philomatique*, pp. 134-138.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1844a (10 January): Sur la définition de la pression dans les corps fluides ou solides en repos ou en mouvement. *L'Institut*, n.524, pp. 12-13.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1844b: Mémoires sur la résistance des solides, suivis d'une note sur la flexion des pièces à double courbure. Paris, Bachelier, Carilian-Goeury et Dalmont.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1844c (20 January): Mémoire sur la question de savoir s'il existe des masses continues, et sur la nature probable des dernières particules des corps, Paris, Carilian-Goeury et Dalmont.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1844d (26 March): Mémoire sur l'équilibre des corps solides, dans les limites de leur élasticité, et sur les conditions de leur résistance quand les déplacements éprouvés par leur points ne sont pas très-petits, *Société Philomatique*.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1844e (10 April): Mémoire sur les pressions qui se développent à l'intérieur des corps solides lorsque les déplacements de leurs points, sans altérer l'élasticité, ne peuvent cependant pas être considérés comme très-petits. *L'Institut* n. 537, pp. 26-28.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1844f: Intégration d'une équation différentielle qui se présente dans la théorie de la flexion des verges élastiques. *Journal de mathématiques pures et appliquées* 9, pp.191-192.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1844g: Note sur les flexions considérables des verges élastiques. *Journal de mathématiques pures et appliquées* 9, pp. 275-284.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1844h: Note sur les relations entre le neuf cosinus des angles de deux systèmes de trois droites rectangulaires. *Journal de mathématiques pures et appliquées* 9, pp. 270-274.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1844i: Addition à la note sur les relations entre les neuf cosinus des angles de deux systèmes de trois droites rectangulaires. Démonstration géométrique et directe des relations binômes. *Journal de mathématiques pures et appliquées* 9, pp. 310-312.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1844k (1 July): Note sur l'état d'équilibre d'une verge élastique à double courbure, lorsque les déplacements éprouvés par ses points, par suite de l'action des forces qui la sollicitent, ne sont pas très-petits. *Comptes rendus* 19, pp. 36-44.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1844l (15 July): Deuxième Note sur l'état d'équilibre d'une verge élastique à double courbure, lorsque les déplacements éprouvés par ses points ne sont pas très-petits. *Comptes rendus* 19, 1844, pp.181-187.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1844m: Mémoires sur la résistance des solides, suivis d'une note sur la flexion des pièces à double courbure. Paris: Bachelier, Carilian-Goeury et Dalmont.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1844n (16 September): Mémoire sur les lignes courbes non planes. *Comptes rendus* 19, pp. 547-555.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1845a: Mémoire sur les lignes courbes non planes, *Journal de l'Ecole Polytechnique* 18, pp. 1-76.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1845b (7 July) Note sur la pression dans l'intérieur des corps ou à leurs surfaces de séparation. *Comptes rendus* 21, pp. 24-26.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1845c (15 September): Mémoire sur les sommes et les différences géométriques et sur leur usage pour simplifier la Mécanique, *Comptes rendus* 21, pp. 620-625.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1847a (22 February): Mémoire sur l'équilibre des corps solides, dans les limites de leur élasticité, et sur les conditions de leur résistance quand les déplacements éprouvés par leur points ne sont pas très-petits. *Comptes rendus* 24, pp. 260-263.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1847b (22 March): Mémoires sur la torsion des prismes et sur la forme affectée par leurs sections transversales primitivement planes. *Comptes rendus* 24, pp. 485-488.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1847c (10 May): Suite au Mémoire sur la torsion des prismes. *Comptes rendus* 24, pp. 847-849.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1848: Diverses considérations sur l'élasticité des corps. *Société Philomatique* 22, pp. 440-442.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1849 (15 January): Mémoire sur les vibrations tournoyantes des verges élastiques. *Comptes rendus* 28, pp. 69-72.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1850: Notice sur les travaux et titres scientifiques de A. Barré de Saint-Venant. Paris: Bachelier.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1851: *Principes de Mécanique fondés sur la Cinématique*. Paris: Bachelier.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1853 (13 June): Nouveau mémoire sur la torsion des prismes. *Comptes rendus* 36, pp. 1028-1031.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1854 (20 November): Mémoire sur la flexion des prismes élastiques, sur les glissements qui l'accompagnent lorsqu'elle ne s'opère pas uniformément ou en arc de cercle, et sur la forme courbe affectée alors par leurs sections transversales primitivement planes. *Comptes rendus* 39, pp. 1027-1031.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1854: Communication à la Société Philomatique, (Mémoire sur la Flexion des Prismes), *Société Philomatique* 22, pp. 220-221.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1855: Divers résultats sur la torsion, *Société Philomatique* 23, pp. 248-250.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1855 (30 July): Mémoire sur la flexion des prismes élastiques, sur les glissements transversaux et longitudinaux qui l'accompagnent lorsqu'elle ne s'opère pas uniformément ou en arc de cercle, et sur la forme courbe affectée alors par leurs sections transversales primitivement planes, *Comptes rendus* 41, pp. 143-145.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1855 (20 October): Diverses considérations sur l'élasticité des corps, sur les actions entre leurs molécules, sur leurs mouvements vibratoires atomiques et sur leur dilatation par la chaleur, *L'Institut* 23, pp. 440-442.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1856a: Mémoire sur la torsion des prismes, avec des considérations sur leur flexion, ainsi que sur l'équilibre intérieur des solides élastiques en général, et des formules pratiques pour le calcul de leur résistance à divers efforts s'exerçant simultanément, *Mémoires présentés par divers savants à*

- l'Académie des Sciences de l'Institut Impérial de France* 14, pp. 233-560.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1856b: *Mémoire sur la flexion des prismes, sur les glissements transversaux et longitudinaux qui l'accompagnent lorsqu'elle ne s'opère pas uniformément ou en arc de cercle, et sur la forme courbe affectée alors par leurs sections transversales primitivement planes*, *Journal de Mathématiques pures et appliquées* 1, pp. 89-189.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1856c: *Sur la résistance des solides*, *Société Philomatique* 24, pp. 457-459.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1858: *Notice sur les travaux et titres scientifiques de M. de Saint-Venant*. Paris: Mallet-Bachelier.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1864: *Notice sur les travaux et titres scientifiques de M. de Saint-Venant*. Paris: Gauthier-Villars.
- Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de, 1868: *Notice complémentaire (1864 à 1868) sur les travaux scientifiques de M. de Saint-Venant*. Paris: Gauthier-Villars.
- Timoshenko, S. P., 1953: *History of strength of materials*. New York: McGraw-Hill.
- Todhunter, I; Pearson, K., 1886: *A history of the theory of elasticity and of the strength of materials from Galileo to Lord Kelvin*. Vol.1, Chapter IX, *Saint-Venant's researches before 1850*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 833-872.
- Todhunter, I; Pearson, K., 1893: *A history of the theory of elasticity and of the strength of materials from Galileo to Lord Kelvin*. Vol.2, Chapter X, *Saint-Venant, 1850-1886*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 1-286.

Fonds Saint-Venant, Paris, *Centre de Ressources Historiques*, Bibliothèque de l'École Polytechnique.

Note: The manuscripts of the following list have no catalogue number, so we have chosen to order them in accordance with the following criterion: SV/year/month when indicated and-or a small letter to establish a probable chronological order for manuscripts of the same year/ Carton number, data on the frontispiece, as they are (Saint-Venant often used abbreviations and neglected accents in French words). When useful, brief notes are added in square brackets.

- SV/1837/a/Carton n° 28, *Cours Resistance 1, 1837 a 1839*.
- SV/1837/b/Carton n° 47, *Cours de mécanique appliquée fait à l'Ecole des Ponts et Chaussées, 1837-1838, par M. de St-Venant*. [This is the so-called *Cours lithographié* or *feuilles lithographiés*].
- SV/1837/c/Carton n° 28, *Mery et commenc.t de Mem.re*.
- SV/1838/a/Carton n° 47, *Cours Resistance 2, 1838*.
- SV/1838/b/Carton n° 47, *Cours Resistance 3, Ponts en charpente &, 1838*.
- SV/1838/c/Carton n° 47, *Cours Resistance 4, Demonst.n des formules generales des pressions dans les cas d'homogenéité ou d'heterogenéité, 1838*.
- SV/1838/d/Carton n° 47, *Leçons sur la resistance &. Cours probab.t ec. des P. et Ch. 1838?* [This manuscript, of 123 pages, contains the draft of 22 lessons given at the Ecole des Ponts et Chaussées in 1838-1839].
- SV/1838/e/Carton n° 47. [This notebook, of 36 pages and without frontispiece, contains the draft of lessons from 23 to 29 and is the probable prosecution of the manuscript signed 1838/d/Carton n° 47].
- SV/1838/02 [Letter of Saint-Venant to Mery containing the review of the draft on the equilibrium of the vaults]
- SV/1839/02/Carton n° 28, *Resistance 5, Fini vers fevrier 1839 ou même au commenc.t de 1839. Torsion, Voûtes*.
- SV/1839/03/Carton n° 28, *Voûtes*.
- SV/1839/11/Carton n° 28, *Nouveau Cours, Resistance 6, commencé em 9bre 1839, Demonst.n G.ale et simple des formules de pression intérieure des corps solides, Torsion, Rupture par torsion*.
- SV/1839/a/Carton n° 28, *Resistance 7, 1838 probablem.t, Combles etc. Et pièces debout (Lagrange) & C.*
- SV/1839/b/Carton n° 26, *Leçons 1839-1840*.
- SV/1839/c/Carton n° 28, *Sur la Flexion et la Torsion d'une verge rectangulaire de dimensions transversales très petits, traitée a la maniere de M. Cauchy (3e et 4e vol.), 1839*.
- SV/1840/a/ [First letter of Guillebon to Saint-Venant, dated 10 January 1840, where Guillebon declares his availability to continue the course of applied mechanics on the place of the colleague. This document is classified as SV/1/275 in the *Fonds*]
- SV/1840/b/ [Second letter of Guillebon to Saint-Venant, dated 18 January 1840, where Guillebon declares his availability to continue the course of applied mechanics on the place of the colleague. This document is classified as SV/1/276 in the *Fonds*].
- SV/1840/c/Carton n° 26, *Resistance 8, Torsion du prisme losange, à la fin*.
- SV/1843/a/Carton n° 26, *Mémoire sur le calcul de la resistance et de la flexion des solides, en prenant simultanément en consideration la torsion et les autres divers efforts longitudinaux et transversaux auxquels ils peuvent être soumis (Navier a intégré dans tous les cas où les deplac.nt sont petits (et où il y a simple courbure). Il a rattaché la resistance a la flexion. Considerant le probleme en Ingenieur*.
- SV/1843/b/Carton n° 26, *Resistance 9, 1843, Resistance, 1er Memoire sur la resistance et la flexion des pieces a simple et a double courbure, Mémoire 1*.
- SV/1843/c/Carton n° 26, *Resistance 10, 1843, Memoire 2*.
- SV/1843/d/Carton n° 26, *Resistance 11, 1843, Memoire 3*.
- SV/1843/e/Carton n° 26, *Resistance 12, 1843, Memoire 4*.
- SV/1843/f/Carton n° 26, *Resistance 13, 1843, Memoire 5, Helice &. Formules gen.les flexion. Integrales*.
- SV/1843/g/Carton n° 26, *Resistance 14, 1843, Memoire 6, (Il est au bout. C'est le dernier cahier relatif au Mem.re du 30 8bre et du 6 9bre 1843, Introduction du gauchissement, Flexion a double courbure*.
- SV/1843/10a/Carton n° 26, *Extrait d'un Memoire sur le calcul de la resistance et de la flexion des pieces solides, en prenant simultanément en consideration la torsion et les autres divers efforts auxquels elles peuvent être soumis dans tous les sens, lu le 30 8bre 1843 par A.Barré de S.t Venant, Ingenieur des Ponts et Chaussées*.
- SV/1843/10b/Carton n° 26, *Lecture du 30 8bre 1843 [deleted], Lecture (je crois, ou sauf modific.n) du 30 8bre 1843 [deleted] Ce n'est pas la lecture. Ce n'est probabl.t un 1er essai de rédaction*.
- SV/1843/10c/Carton n° 26, *Developpement au §Ve (ou aux n.os 15 et 16) de l'Extrait du Mémoire lu a*

- l'academie des Science le 30 octobre 1843 sur le calcul de la resistance et de la flexion des pieces solides.*
 SV/1843/11/Carton n° 42, *Memoire sur la torsion des prisme à base rectangle et à base losange et sur une petite correction numerique à faire subir en général aux Moments de Torsion, par M. de St.Venant Ingenieur des Ponts et Chaussées, Présenté à l'Académie des Sciences le 20 Novembre 1843.*
- SV/1843/12/Carton n° 42, *Memoire sur le calcul de la resistance d'un pont en charpente; et sur la détermination, au moyen de l'analyse des efforts supportés dans les constructions existantes, des grandeurs des nombres constants qui entrent dans les formules de resistance des materiaux, présenté a l'Academie des Sciences le 4 decembre 1843 par MM. de Saint Venant et Paul Michelot, Ingenieurs des Ponts et Chaussées.*
- SV/1844/a/Carton n° 20, *Resistance 15, Memoire 7, 1844, Ponts en charpente.*
- SV/1844/b/Carton n° 24, *Calculs, Mémoire sur les pressions, 1 (avant la communic.n sur la defin.n de la press.n a la soc. phil. 1844).*
- SV/1844/01/Carton n° 20, *Deplacements non petits, Mémoire (commencé en Janvier 1844). Memoire sur l'equilibre interieur des corps solides, dans les limites de leur elasticité, et sur les conditions de leur resistance, quand les déplacements de leurs points ne peuvent pas être considérés comme très petits.*
- SV/1844/02/Carton n° 25, *Calculs. Memoire sur les pressions 2, Simplific.n de la Dem.n de leur formules, Lyon, fevrier 1844, Commenc.t des recherches sur deplac.nt non petites.*
- SV/1844/c/Carton n° 24, *Calculs, Memoire sur les pressions, Et sur l'equilibre interieur des corps solides, dans les limites de leurs elasticité et sur les conditions de leur resistance, quand les déplacements de leurs points ne peuvent être considérés comme très petits, 3, 1844?*
- SV/1844/d/Carton n° 24, *Calculs. Mémoire sur les pressions et sur l'equilibre interieur etc. quand les deplac.nts ne sont pas très petits, 4, Notes au Compte rendu 1844, De curvis elasticis Euler, Note au Journal Liouville, Pieces courbes jointes, Etude de series p.r remplacer les fonct. ellipt., Memoires Binet et Wantzel (a la fin).*
- SV/1847/02/Carton n° 25, *Deplacements non petites et torsion, 6, Memoire de fevrier 1847, Correspondance avec Wantzel, Calculs, Valeur de ξ , η , ζ en series entières satisfaisant aux 3 equations indéfinies du cas d'isotropie.*
- SV/1847/03/Carton n° 25, *Suite au cahier de deplacements non petites &, 7, Mars 1847.*
- SV/1847/05a/Carton n° 25, *Suite au cahier de deplacements, Torsion, flexion &, 8, Mai 1847, Pure flexion, Recherche du pur glissement.*
- SV/1847/05b/Carton n° 25, *Suite Flexion, glissement &, 9, 30 mai 1847.*
- SV/1847/08/Carton n° 25, *Suite flexion, glissement &, 10, 30 aout 1847.*
- SV/1847/10/Carton n° 25, *Suite flexion, glissement &, 11, 25 octobre 1847.*
- SV/1847/c/Carton n° 25, *Calculs. Memoire sur les deplacements non petites, et sur la torsion, 5 et dernier (voir au cahier des formules des lignes non planes l'indication des recherches à continuer). Gauchissement d'angulosité (il en est question aussi au cahier de Torsion). Memoire de 1847 et cahier de Torsion.*
- SV/1847/d/Carton n° 25, *Resistance, Diverses notes, 1847.*
- SV/1847/e/Carton n° 41, *Analyse des deux Memoires de M. de St Venant, le premier lu le 22 fevrier 1847 et intitulé Mémoire sur l'équilibre des corps solides, dans les limites de leur élasticité, et sur les conditions de leur résistance quand les déplacements éprouvés par leurs points ne sont pas très-petits, le second, présenté le 22 mars et intitulé Mémoires sur la torsion des prismes et sur la forme affectée par leurs sections transversales primitivement planes.*
- SV/1847/f/Carton n° 41, *Mémoire sur l'équilibre des corps solides, dans les limites de leur élasticité, et sur les conditions de leur résistance quand les déplacements éprouvés par leur points ne sont pas très-petits.*
- SV/1848/a/Carton n° 25, *Et il y a un cahier redigé. Memoire sur les cond.ns d'eq.bre des corps dont la roideur n'est pas la meme en tous sens, 1848, Examen de la modification de M. Wertheim, Vibrations tournantes, Distribution des elasticités en divers sens. Distribution ellipsoïdale, Cylindre creux &, 1er Cahier, Calculs, 1er, 2e, 3e Cahiers ensemble.*
- SV/1848/b/Carton n° 25, *Memoire sur les conditions d'equilibre des corps elastiques dont la roideur n'est pas la meme dans toutes les directions, 1847 ou plutôt 1848.*
- SV/1852/07/Carton n° 26, *Resistance des solides et stabilité des constructions 1852 (Juillet) 1.*
- SV/1852/10/Carton n° 26, *Resistance des solides 1852 Octobre, 2. (Lecture de Lamé &) p.34 de ce cahier commence la vraie demonst.n de la reduction du nombre des coeffic. quand'il y a des plans de symetrie La vraie demonst.n ne commence que p. 40 (petite feuille) ... et finis avec les 6 1re lignes de la page 42.*
- SV/1852/11/Carton n° 26, *Resistance des solides et stabilité des constructions 1852 (Novembre) 3. Suite Lamé, et Cauchy. Et axxy = axxy &. Et termes qui se trouvent de plus dans les eq.ns d'equibre posées directement que dans celles posées par les pressions p. 25 et suivantes. Formules generales de l'eq.bre interieur (preambule de torsion).*
- SV/1852/12/Carton n° 26, *Resistance des solides 1852 (26 decembre) 4. Prisme rectangle dans le cas d'inegale elasticité. Integrale. Th.me Clapeyron. Suite Torsion.*
- SV/1853/06/Carton n° 26, *Resistance des solides 1853 (27 juin) 7 (et, a la fin, repris en mars 1854, et fini le 24 mars 1854. Chevandier et Wertheim, Bois.*
- SV/1858/02/Carton n° 39, *Cours de M. Poncelet à la Faculté des sciences en 1840. [The first page reports the following text: "Notes de M. Poncelet, lui ayant servi pour son Cours de Mecanique industrielle à la Faculté des sciences en 1840 (notes prêtées le 19 fevrier 1858 a M. de St-Venant)". This manuscript is a copy of Poncelet's Cours probably written by Saint-Venant himself and starts from lesson 38 De la resistance des solides].*

ACKNOWLEDGEMENT

Special thanks to Marie-Christine Thooris and her collaborators Martha Cecilia Bustamante and Olivier Azzola of the Centre de Ressources Historiques, Bibliothèque de l'École Polytechnique, Paris.