

QUELQUES REMARQUES SUR LA PUBLICATION D'UN NOUVEAU MANUSCRIT DE LEONARDO DA VINCI.

PAR

ROBERTO MARCOLONGO

à NAPLES.

La publication d'un des manuscrits de LEONARDO DA VINCI, la première partie du *Codex Arundel*, 263, du *British Museum* de Londres, par les soins de la *Commission Royale Vinciana*; publication qui sera suivie par celle des autres manuscrits qui n'ont pas été encore publiés; l'invitation très flatteuse de l'illustre Directeur des »Acta», va nous donner, avant tout, l'occasion de faire un peu mieux connaître toutes les études et tous les travaux accomplis en Italie, depuis une cinquantaine d'années; et de faire ensuite ressortir toute l'importance de la nouvelle publication.¹

Les travaux italiens sur Leonardo.

L'histoire des manuscrits et des cahiers de notes de Leonardo, et de leur malheureuse dispersion, est bien connue et G. Uzielli l'a très bien établie sur des documents qu'il a le premier publié.² L'importance de ce que Leonardo avait

¹ *I manoscritti e i disegni di Leonardo da Vinci* pubblicati dalla Reale Commissione Vinciana. — Il codice Arundel 263 del Museo Britannico di Londra (Parte I^a; da fol. 1 a fol. 116). Volume del formato 27×23 cm. su carta a mano con filigrana speciale contenente pag. XXVI di premesse, 184 facsimili in fototipia, pag. 184 di trascrizione diplomatica e pag. 132 di trascrizione critica con 465 clichés.

Danesi, editore, Roma, 1924.

² GUSTAVO UZIELLI, *Ricerche intorno a Leonardo da Vinci*. Serie 1^a. Vol. 1^o (1^a ediz. 1872; 2^a ediz. 1896); Torino, Loescher; serie 2^a, Roma, Salviucci, 1884.

écrit, surtout par sa renommée comme artiste, comme ingénieur et comme hydraulicien, n'a certainement pu échapper aux savants italiens des premières années du siècle XVI et, entre autres, à J. Cardano et, peut être, à Benedetti. À la moitié du siècle suivant on connût le » *Trattato della pittura* » publié par Dufresne à Paris (1651); et, par les soins de Arconati, celui sur le mouvement et la mesure des eaux.¹ On ne peut pas nier absolument que quelques-unes des idées originales de Leonardo, consignées à maintes reprises sur ses livres de notes, malgré la difficulté de la lecture, n'aient pas été connues par quelque savant et M. Duhem en a donné des exemples frappants. On n'avait pas du tout oublié que quelques cahiers de Leonardo, recueillis par Lord Arundel en Italie dans les premières années du siècle XVII se trouvaient à Londres, car Paolo Frisi, un savant mathématicien (1728—1784), avait informé M. de Lalande que, dans ces manuscrits, Leonardo avait le premier donné une exacte explication de la lumière cendrée de la lune.² Mais personne, que je sache, n'avait pas eu l'idée de faire une étude approfondie des précieux cahiers et du Codice Atlantico qui, depuis 1637 et jusqu'en 1796, étaient conservés à l'Ambrosiana de Milan.

Le premier qui ait fait ressortir toute l'importance des notes scientifiques de Leonardo est certainement G. B. Venturi (1746—1822), bien connu comme hydraulicien, et professeur à l'Université de Modène, et qui pour des affaires politiques se trouvait à Paris à la fin de 1796 lorsque y arrivèrent les manuscrits de Leonardo, enlevés à l'Ambrosiana.

Venturi fit une étude approfondie de ces ouvrages; et c'est lui qui par son

¹ Le comte Galeazzo Arconati de Milan avait recueillis un grand nombre de manuscrits de Leonardo. Son fils naturel François (dans l'ordre des dominicains, frère Louis Marie), rassembla tout ce que dans ces cartes regardait l'hydraulique. Son ouvrage nous a été conservé dans un codex de la Bibliothèque du Vatican (jadis à celle du cardinal Maffeo Barberini) et dans une copie de celui-ci qui est à la Nationale de Naples. Il fut publié, d'une manière fort défectueuse, après que G. B. Venturi eût fait connaître l'importance des travaux de Leonardo, dans le tome X de la » *Raccolta di autori italiani che trattano del moto delle acque* » (4^e édition, Bologna, 1826). Tout récemment, le regretté A. Favaro et M. E. Carusi ont publié une nouvelle édition, faite d'après le manuscrit originale de Arconati et sur les autographes de Vinci que nous connaissons jusqu'à présent. *Del moto e misura dell' acqua di L. da Vinci*; a cura di E. Carusi ed A. Favaro. Bologna, Zanichelli, 1923.

² J. LE FRANÇAIS (La Lalande): *Astronomie*, 3^{me} éd. Paris, Desaint, 1792. Tom. II, p. 153. » Il y a des italiens qui attribuent cette explication à Leonardo da Vinci, célèbre peintre toscane, mort en 1518 (!); et le P. Frisi m'a assuré qu'elle se trouve dans un de ses manuscrits sur les rivières, que l'on conserve à Londres ».

Sur Frisi, à qui l'on doit le beau théorème sur la composition des rotations instantanées autour d'axes issues d'un même point, on peut voir: *Bollet. di bibliogr. e storia delle scienze matem.* anno 9, pp. 1—12 (1906).

célèbre »*Essai sur les ouvrages physico-mathématiques de Léonard de Vinci*» Paris, 1797, contribua le plus à faire connaître la pensée scientifique du grand peintre; il fit un grand nombre de transcriptions, de traductions des cahiers de Leonardo, formant trois gros volumes qui heureusement sont conservés à la bibliothèque de Reggio Emilia (précisément des cahiers *A—M*, selon la signature qu'il a établie, et qui sont encore à Paris, et du grand volume *N*, le *Codice Atlantico*, qui fut restitué à l'Ambrosiana en 1815). Ces transcriptions de Venturi, et on jugera de là de leur importance, nous permettent de connaître beaucoup de choses sur les feuilles qui ont été arrachées aux cahiers *A, B, M* et dont quelques-unes semblent définitivement perdues. Mais les circonstances de sa vie et surtout les conditions politiques de l'Italie ne permirent pas à Venturi de faire une édition des ouvrages de Leonardo; mais son »*Essai*» eut au moins le mérite de faire publier pour la première fois en 1826 le »*Trattato del moto e misura dell'acqua*» d'après les transcriptions faites par Arconati, comme nous avons déjà dit.¹

Après Venturi, ce fut Guillaume Libri, le célèbre historien des mathématiques en Italie, qui s'occupa soigneusement des ouvrages de Leonardo et fit un exposé assez complet de ses découvertes scientifiques et publia beaucoup des pages des manuscrits, lorsqu'il ne s'était pas rendu coupable des malversations et des pillages des cahiers de Leonardo. Il avait parfaitement raison en observant que, quoique imparfaitement, Léonard était connu des artistes et que c'est surtout comme savant qu'il était ignoré; et que si tous ses manuscrits existaient encore, ils formeraient l'encyclopédie la plus originale et la plus vaste, qu'ait jamais créée une intelligence humaine.²

Les études critiques sur Leonardo commencent en 1872 par les travaux de Uzielli et de Govi. Gustave Uzielli (1839—1911), professeur à l'Université de Turin et à Parme, bien connu par son grand ouvrage sur Paolo dal Pozzo Tosca-

¹ L'*Essai* est devenu assez rare. Une reproduction de la première partie a été faite, par les soins de M. Cermenati, en 1911 (Nugoli e C., Milano). Par l'initiative de l'*Istituto di studi vinciani in Roma* dans les publications des »*Vinciani d'Italia. Biografie e scritti*», G. B. DE TONI (1862—1924) dans un ouvrage très intéressant a donné la biographie de Venturi; il a fait connaître ses ouvrages, et il a enfin publié de nouveau intégralement le fameux *Essai*. *Giam-battista Venturi e la sua opera vinciana*. Scritti inediti e l'*Essai*. Roma, P. Maglione e C. Strini, 1924.

La possibilité d'une partielle reconstitution des feuilles arrachées aux cahiers de Leonardo a été envisagée par De Toni.

² GUILLAUME LIBRI: *Histoire des Sciences mathématiques en Italie*, depuis la renaissance des lettres jusqu'à la fin du dix-septième siècle. 1^{ère} édition. Paris, J. Renouard, 1838—40; 2^{me} édit. Halle, Schmidt, 1865. Tom. III; pp. 10—58; 205—230.

nelli,¹ publia ses recherches, que nous avons déjà mentionnées, si fondamentales en 1872, d'après des documents inédits qu'il eut la patience et la grande habilité de découvrir et de rassembler. C'est à lui aussi qu'on doit tout un plan organique pour la publication de tous les ouvrages de Leonardo. Gilberto Govi (1826—1889), professeur de physique à Turin et à Naples, qui avait été à Paris en 1852—53 pour étudier les cahiers de Leonardo et avait fait paraître son remarquable »*Saggio delle opere di Leonardo da Vinci*», fut de nouveau envoyé à Paris en 1875; il fit une transcription diplomatique de tout ce qui se conservait à la Bibliothèque de l'Institut et aussi la transcription critique qui, à sa mort, a été déposée à l'Académie Nationale dei Lincei, où elle est encore. Selon M. Favaro elle est supérieure à celle bien connue de M. Ravaisson-Mollien. D'autres matériaux, des études sur Leonardo, qui occupent 692 feuillets, sont parvenus à M. Mario Cermenati, le bien regretté président de la *Commissione Vinciana*.²

Les efforts de Uzielli et de Govi pour la publication des manuscrits de Leonardo malheureusement n'eurent pas le succès qu'ils méritaient. Mais déjà en France M. Ravaisson-Mollien publiait en six volumes les cahiers *A—M* de la Bibliothèque de l'Institut (1881—1891), en faisant suivre à la transcription diplomatique une traduction française. Cet ouvrage fait honneur au savant français, quoique la traduction ne soit pas parfaite.³

Uzielli avait très sagement proposé qu'on commençât la publication des manuscrits par celle du *Codice Atlantico* (nous en verrons bientôt les raisons); elle fut en effet commencée en 1885 sous la direction de l'*Accademia dei Lincei* et de Govi et, après la mort de celui-ci, de Piumati et fut achevée en 1894.⁴ Malheureusement cette publication manque d'un index analytique indispensable pour pouvoir s'orienter dans l'énorme foule des matières qui y sont traitées.⁵

¹ G. UZIELLI: *La vita e i tempi di Paolo dal Pozzo Toscanelli*. Raccolta Colombiana pel IV centenario della scoperta dell'America; Parte V; vol. 1^o (1894).

² G. GOVI: *Saggio delle opere di Leonardo da Vinci*, con ventiquattro tavole fotolitografate di scritture e disegni tratti dal Codice Atlantico. Milano, Ricordi, 1872.

Toute l'oeuvre de Govi a fait l'objet d'un des derniers travaux de M. ANTONIO FAVARO in »*Vinciani d'Italia*»: *Gilberto Govi ed i suoi scritti intorno a Leonardo da Vinci*. Roma, P. Maglione e C. Strini, 1923.

³ CH. RAVAISSON-MOLLIEN: *Les manuscrits de la Bibliothèque de l'Institut etc.* 6 vol. in fol. Paris, Quantin, 1881—1891.

⁴ *Il Codice Atlantico di Leonardo da Vinci nella Biblioteca Ambrosiana di Milano* riprodotto e pubblicato dalla Regia Accademia dei Lincei sotto gli auspicii e col sussidio del Re e del Governo. Roma, tipografia della R. Acc. dei Lincei 1894. U. Hoepli, Milano 1894. Trascrizione di G. Piumati. U. Hoepli, Milano, 1901—1904.

⁵ M. ENRICO RUFINI, un jeune mathématicien, tout récemment enlevé à la science à l'âge

Mais cette publication avait été déjà précédée par celle du *Codice trivulziano* par les soins de Luca Beltrami en 1891¹ et par l'autre du *Codice sul volo degli uccelli*, qui était alors propriété de M. Théodore Sabachnikoff, avec les transcriptions de Piumati en 1893.²

On avait déjà assez pour faire une analyse des idées et des découvertes de Leonardo dans la science pure et spécialement en mécanique et c'est ce qu'ont fait, avant tous, Caverni et ensuite Duhem.

L'analyse faite par Caverni est certainement très importante, malgré ses défauts bien graves. Le plus grave, selon nous, est celui de vouloir juger de l'oeuvre de Leonardo avec des idées de la science moderne et nous en donnerons quelque exemple.³ Celle de Duhem (1861—1915)⁴ est plus complète et plus profonde, surtout pour la recherche des précurseurs de Leonardo. Mais disons aussi tout de suite que la recherche des sources auxquelles le grand artiste a puisé ses connaissances, avant de les corriger et puis de les élargir, a été faite, presque en même temps que Duhem, par E. Solmi, si tôt enlevé à ses travaux.⁵

de vingt sept ans, a fait cette oeuvre avec une grande diligence et elle sera bientôt publiée par l'*Istituto di studi vinciani in Roma*. Le grand géomètre MAX NÖRTHER avait aussi préparé cet index analytique. Voir l'article de MM. CASTELNUOVO, ENRIQUES et SEVERI dans *Mathematische Annalen*. Band 93, pp. 151—181 (1925).

¹ *Il codice di Leonardo da Vinci* nella Biblioteca del Principe Trivulzio, trascritto e annotato da LUCA BELTRAMI. Milano, Dumolard, 1891.

² *Codice sul volo degli uccelli e varie altre materie*, pubblicato da TEODORO SABACHNIKOFF. Trascrizione e note di Giovanni Piumati; traduzione in lingua francese di Carlo Ravaisson-Mollien. Parigi, 1893, E. Rouveyre. Le «Codice» faisait partie du cahier B. Libri l'ôta de ce cahier, lui enleva cinq feuilles et le vendit au comte Manzoni de Lugo. Il parvint enfin à M. Sabachnikoff qui réussit à retrouver deux autres feuilles et Piumati en publia une. Les trois autres feuilles aussi ont été retrouvées et nous souhaitons qu'elles puissent être publiées bientôt, par l'*Istituto Vinciano* de Rome. Maintenant le *Codice* est dans la Bibliothèque Royale de Turin.

³ RAFFAELLO CAVERNI: *Storia del Metodo sperimentale in Italia*. Firenze, Civelli, Tomi I—IV, 1895. Voir surtout tome IV; 1^{ère} partie.

⁴ PIERRE DUHEM: *Les origines de la Statique*, Tom. I—II; Paris, Hermann, 1905—1906. *Études sur Léonard de Vinci. Ceux qu'il a lus et ceux qui l'ont lu*. Première série (1906); seconde série (1909); troisième série: *Les précurseurs parisiens de Galilée* (1913). Paris, Hermann.

⁵ EDMONDO SOLMI: *Le fonti dei manoscritti di Leonardo da Vinci*. Contributi. Supplemento (10—11) del Giornale storico della letteratura italiana. Torino 1908.

Nuovi contributi alle Fonti etc. Giornale storico della letteratura italiana; v. 58 (2^o sem. 1911) pp. 297—357.

Beaucoup des importants travaux de Solmi, qui corrigent beaucoup des interprétations de Duhem, ont été dernièrement rassemblés dans un volume: *Scritti Vinciani*, raccolti a cura di A. Solmi. Firenze. Soc. anon. editrice La Voce, 1924.

Aux publications italiennes que nous avons mentionnées il faut encore joindre celle du *Codice Leicester* par les soins de G. Calvi en 1909.¹

Lorsque en 1918 le regretté Mario Cermenati (1868—1924) prit la direction de la *R. Commissione Vinciana*, il fit tous ses efforts pour l'accomplissement du solennel engagement pris par le gouvernement italien en 1902, de la publication des manuscrits inédits de Leonardo et de ceux aussi qui n'avaient pas été bien rigoureusement édités. Aidé par un de nos plus savants paléographes, M. E. Carusi de la Bibliothèque Vaticane, il put préparer soigneusement la publication de la première partie du *Codice Arundel*; publication qui eut lieu dans les premiers mois de 1924 et peu de mois avant sa mort.²

Il fallait aussi faire bien connaître et approfondir toute la complexe activité de Leonardo par des monographies spéciales écrites par des savants distingués, avec pleine connaissance de tous les matériaux connus et avec toutes les exigences de la critique moderne.

C'est à cela qu'a pourvu l'*Istituto di studi vinciani in Roma*, fondé (1918) par Cermenati et qui en peu d'années vient de publier de nombreux et importants volumes. Nous avons déjà mentionné les travaux de Favaro et de De Toni sur les *Vinciani d'Italia*, ceux de M. E. Verga. Bornons-nous maintenant encore à signaler ceux de Adolphe Venturi, de Malaguzzi-Valeri, de De Lorenzo, De Toni, Carusi et Favaro, Calvi etc.; plusieurs *Opuscoli vinciani* (Verga, G. Favaro); l'intéressant volume pour le IV centenario della morte di L. da Vinci; etc.³

¹ *Il Codice (Idraulica e Cosmografia) della Biblioteca di Lord Leicester in Holkam Hall*, pubblicato sotto gli auspici del R. Istituto Lombardo di scienze e lettere da GIROLAMO CALVI. Milano, Cogliati, 1907.

Pour des renseignements nombreux sur toutes les publications et les études sur Leonardo on peut consulter dans les *Opuscoli Vinciani*, publiés par l'*Istituto di studi vinciani in Roma*, l'important ouvrage de M. ETTORE VERGA: *Gli studi intorno a Leonardo da Vinci nell'ultimo cinquantennio* (1872—1922). Roma, P. Maglione e C. Strini, 1922.

² G. B. DE TONI: *Mario Cermenati per Leonardo. Ricordi ed appunti*. Roma, Ind. tip. romana (1920).

G. DE LORENZO; R. MARCOLONGO: *Per Mario Cermenati*. Rend. R. Acc. delle Scienze fis. e matem. di Napoli. Ser. 3^a, v. XXX, pp. 198—202, 1924.

Voir aussi: *Archivio di storia della Scienza di A. Mieli*; v. VI (1925), pp. 59—65.

³ Je crois qu'il est sans doute intéressant avoir la liste complète de ces travaux.

1. LIONELLO VENTURI, *La critica e l'arte di Leonardo da Vinci*. Bologna, Zanichelli.

2. ADOLFI VENTURI, *Leonardo da Vinci pittore*. Ibidem, 1920.

3. GIUSEPPE DE LORENZO, *Leonardo da Vinci e la geologia*. Ibid. 1920.

4. G. B. DE TONI, *Le piante e gli animali in Leonardo da Vinci*. Ibid. 1921.

5. FRANCESCO MALAGUZZI VALERI, *Leonardo da Vinci e la scultura*. Ibid. 1922.

6. *Leonardo da Vinci, Del moto e misura dell'acqua*, a cura di E. CARUSI ed A. FAVARO. Nuova serie. Testi vinciani. Vol. 1^o. Ibid. 1923.

Tous ceux qui s'occupent de Vinci connaissent aussi très bien, pour le grand nombre de bien importants travaux qu'elle a publié, la *Raccolta vinciana*, depuis 1905, (Archivio storico del Comune di Milano), dirigée par M. VERGA.

La première partie du »Codice Arundel 263» du British Museum.

Après ce court et bien nécessairement imparfait exposé des principaux travaux italiens nous dirons quelque chose sur la nouvelle et si importante publication de la *R. Commissione vinciana*, de la première partie du »Codice Arundel».

Qu'est que l'on connaissait de ce manuscrit avant cette publication? Nous avons déjà dit de l'indication faite par Frisi, à la fin du siècle XVIII, d'une importante découverte de Leonardo qui se trouvait dans ce manuscrit. Richter, en 1883, dans un ouvrage bien connu, en fit connaître, peut être pour la première fois, quelques pages d'une manière fort incomplète et imparfaite. Les extraits publiés par Richter¹ furent aussitôt utilisés par les savants qui se sont ensuite occupés de Leonardo; entre autres par Duhem. Rouveyre en 1901 publia encore une reproduction photographique bien imparfaite des premières cent pages, avec la seule indication des pages du manuscrit.

Et c'est tout; de manière que l'on peut dire que celle dont nous nous occupons est la première publication complète de ce fameux manuscrit. Ainsi un de plus importants ouvrages de Leonardo vient d'être enfin mis à disposition de tout le monde scientifique.

La publication a été faite avec toutes les ressources de l'art typographique le plus exquis, avec toutes les exigences de la critique moderne, car on a su très bien profiter de tous les essais, de toutes les nombreuses expériences du passé.

7. GEROLAMO CALVI, *I manoscritti di Leonardo da Vinci*. Ibid. 1925.

Vinciani d'Italia:

1. ANTONIO FAVARO, *Gilberto Gavi* (1826—1889). Roma, P. Maglione e C. Strini (1923).

2. G. B. DE TONI, *G. B. Venturi e la sua opera vinciana*, Scritti inediti e l'Essai. Ibid. (1924).

3. S. RITTER, *Baldassarre Oltrocchi e le sue memorie storiche su la vita di L. da V.* Ibid. (1925). Opuscoli vinciani:

1. ETTORE VERGA: *Gli studi intorno a Leonardo da Vinci nell' ultimo cinquantennio* (1872—1922). Roma, P. Maglione e C. Strini (1922).

Per il IV centenario della morte di Leonardo da Vinci. 11 maggio 1919. Bergamo, Istituto italiano d'Arti grafiche.

¹ J. P. RICHTER, *The literary Works of Leonardo da Vinci*. London, Samson, 1883, 2 vol.

La reproduction est en phototypie avec des pages à deux ou à trois couleurs. Elle a à côté la transcription diplomatique ligne pour ligne et qui reproduit, avec une disposition rigoureusement topographique, le texte de Leonardo, exception faite pour les figures. Cette transcription est suivie par une autre transcription qu' on a l'habitude de nommer transcription critique, en suivant la tradition qui s'est formée dans les publications des manuscrits de Leonardo. On sait très bien que le grand peintre écrivait ses notes sans faire trop de cas de la ponctuation, ne séparant pas les mots, en mêlant aux paroles italiennes ou de la langue de la Toscane des mots du dialecte milanais, en se servant aussi de nombreuses abréviations de mots. La transcription critique, où l'on a reproduit presque toutes les figures du manuscrit, a le but de rendre accessible à tous la lecture de Leonardo. Par conséquent, on a développé toutes les abréviations; on a séparé les mots, corrigé la ponctuation et la grammaire un peu primitive de Leonardo; mais on n'a jamais fait aucun changement, de quelque manière que ce soit, au texte; si ce n'est la correction de quelques erreurs bien évidentes; ni, non plus, on a fait des interprétations.¹

Le »*Codice Arundel*» est composé de 283 feuilles; la publication que nous examinons en fait connaître 116. Elle sera suivie prochainement par celle de toutes les autres dont on a déjà commencé l'impression.

Ce *Codice* a été la propriété de Lord Arundel, diplomate anglais qui fut plusieurs fois en Italie dans les premières années du siècle XVII et mourut à Padoue en 1646. Nous ne savons pas comment il a pu se le procurer; s'il a pu l'acquérir comme il est actuellement; ou s'il l'a composé lui même avec des feuilles patiemment recueillies. Le *Codice* semble effectivement constitué par des cahiers différents, par des pages de grandeur diverse; il présente des répétitions, des superpositions comme cela arrive si fréquemment dans les manuscrits de Leonardo.

Cependant M. G. Calvi, un des plus profonds connaisseurs des manuscrits de Leonardo et qui tout récemment a abordé la question d'une importance capitale et si difficile touchant la cronologie des manuscrits et des notes de Leonardo, dans un livre que nous avons déjà mentionné et dont nous aurons encore occasion de parler, ayant examiné le *Codice Arundel*, lors de la publication qu'il a faite du *Codice Leicester*, croit pouvoir affirmer que les pages 1 recto à 30

¹ R. MARCOLONGO, *La prima parte del Codice Arundel 263 di Leonardo da Vinci*. Rendic. Acc. Scienze fis. e mat. di Napoli; s. 3, v. 30, pp. 65—72 (1924); Bollet. Unione matem. italiana; anno IV, pp. 13—21 (1925).

verso peuvent être presque sûrement assignées à l'ensemble original du *Codice*. M. Calvi observe en effet que les premières vingt-sept pages semblent assez homogènes et que jusqu'à la page 30 ni l'écriture, ni la couleur de l'encre présentent de différences remarquables. Il s'agit enfin, comme nous verrons le déclarer à Leonardo lui-même, de notes qu'il a écrites de nouveau en les copiant d'autres écrits plus anciens et dont quelques-unes, y compris une figure, se trouvent écrites et puis effacées au fol. 334 v. b. du *Codice Atlantico*. M. Calvi enfin croit encore que le *Codice Arundel* a des pages qui pour la forme de l'écriture doivent se rapporter aux premières années de l'activité scientifique de Leonardo; d'autres pages ont des dates variant entre 1502 et 1508; d'autres enfin qui pour leur contenu résultent écrites dans les dernières années de Leonardo en France.¹

Mais pour le moment fixons notre attention sur les premières pages du *Codice Arundel*. Leonardo nous dit qu'il l'a commencé à Florence chez Pierre de Braccio Martelli le 22 mars 1508. A cette époque Leonardo, qui avait quitté Milan à la fin de 1499, y était déjà revenu; mais à cause d'un différend avec ses frères pour l'hérédité de son père, il a fait quelque voyage à Florence. C'est dans un de ces voyages qu'il a commencé à écrire ou à copier ses notes. Pour l'année, il est presque certain qu'il a suivi ici le style commun et non celui de Florence qui faisait commencer l'année au 25 mars.

Il nous dit encore que ce sera un livre, un récit sans ordre, des notes qu'il a pris de plusieurs autres plus anciennes qu'il a maintenant copiées dans l'espoir de les mettre ensuite aux lieux convenables et suivant les matières auxquelles elles se rapportent, c'est à dire dans les livres qu'il se propose d'écrire et qu'il n'écrit jamais.²

Dans plusieurs endroits de ses manuscrits Leonardo fait un semblable aveu; les notes qu'il va copier représentent, au moins nous pouvons l'affirmer pour les premières 30 pages du *Codice*, la pensée définitive de Leonardo: ce sont les matériaux pour les livres sur la mécanique, sur l'hydraulique qu'il a le désir d'écrire;

¹ G. CALVI, *I manoscritti di Leonardo da Vinci*. Bologna, Zanichelli, 1925. Cap. I^o.

² *Codice Arundel*: fol. 1 r. »Cominciato in Firenze, in casa Piero di Braccio Martelli, addi 22 di marzo 1508. E questo fia un raccolto senza ordine, tratto di molte carte le qualù io ho qui copiate, sperando di metterle per ordine alli lochi loro, secondo le materie di che esse tratteranno; e credo che avanti ch'io sia al fine di questo, io ci arò a replicare una medesima cosa più volte; sì che, lettore, non mi biasimare, perché le cose son molte, e la memoria non le po' riservare e dire: questa non voglio scrivere, perché dianzi la scrissi. E s'io non volessi cadere in tale errore, sarebbe necessario che per ogni caso ch'io ci volessi copiar su, che per non repricarlo, io avessi sempre a rilegere tutto il passato, e massime stanto con lunghi intervalli di tempo allo scrivere, da una volta all'altra.»

dont il nous fait connaître l'ordre et la division des chapitres; dont il a peut-être numérotées les propositions principales, mais que la grande agitation de son génie, cherchant toujours de nouvelles applications, essayant d'explorer de nouveaux domaines, ne lui permettra pas d'achever.¹

Mais, si nous ne nous trompons pas, par l'examen que nous allons faire, c'est surtout à cause des premières pages, écrites à ne plus en douter en mars 1508, que le *Codice Arundel* acquiert toute sa grande importance.

Il est évident en effet que c'est ici que nous devons voir quelles sont en définitive les connaissances que Leonardo a sur la statique. Ce serait une erreur bien grave que de fixer ses pensées en les déduisant seulement des notes écrites lorsqu'il s'occupait de ces questions théoriques en lisant Jordanus et il faisait des essais, des tentatives non toutes heureuses naturellement, sans des précautions bien subtiles, surtout lorsqu'on n'est pas renseigné d'une manière certaine sur l'époque où ces notes ont été écrites. Et les considérations si rigoureuses et si honnêtes de M. Calvi nous prouvent à l'évidence combien il est difficile d'avoir des renseignements certains. Les cahiers ont en effet servi à plusieurs époques; les dates qui quelquefois y figurent ne suffisent pas à caractériser toute l'époque du même cahier. Nous ne savons pas même si la composition des cahiers enlevés à l'*Ambrosiana* et du *Codice Atlantico* correspond à la primitive, ce qui augmente encore les difficultés; nous savons au contraire que maintes fois la numération des feuilles ne correspond pas à l'ordre avec lequel elles ont été écrites. Govi et Duhem en ont donné des exemples bien frappants.

C'est bien pour cela que les connaisseurs des écrits de Leonardo, par des scrupules peut être un peu exagérés, ont affirmé que seulement lorsqu'on aura publié tous les manuscrits et que l'on sera à même de faire des comparaisons certaines, il sera possible de se faire une idée complète sur les connaissances scientifiques de Leonardo et de dire en quels points il a devancé ses prédécesseurs. Mais je crois que si l'on prend quelques précautions et si l'on sait se servir de tout ce que nous connaissons aujourd'hui, on peut tirer déjà des conclusions intéressantes et, si non tout à fait définitives, ayant un grand degré de certitude. Ces précautions n'ont pas été toujours prises et l'on a donné des jugements que nous ne pouvons pas partager. Duhem aussi, dont l'oeuvre entière sur Leonardo

¹ Uzielli a décrit soigneusement un manuscrit de la R. Académie de Venise qui est le commencement d'un traité de mécanique: *Ricerche*, s. 2^a; pp. 179—186. Leonardo écrit: *Tratta prima de' pesi e poi de' sua sostentaculi e poi della sua confregatione e poi del moto e in ultimo della sua percussione*. Quelques-unes des conclusions de Uzielli ne peuvent pas être acceptées.

et sur toute l'histoire de la mécanique est si considérable et profonde, n'a pas eu, en un point d'une grande importance, de ces précautions et il a commis une faute à laquelle a échappé Caverni qui écrivait bien avant Duhem. Nous en donnerons encore d'autres exemples.

Nous devons encore résumer quelques-unes des recherches de M. Calvi¹ sur le *Codice Atlantico*.

LIBRI (*Histoire*, III p. 20); UZIELLI (*Ricerche*, I, p. 597; II, p. 369) ont remarqué que Luca Pacioli, le célèbre auteur de la *Summa de arithmetica*, dans la première page de la *Divina proportion*, imprimé à Venise en 1508, parle d'un ouvrage de Leonardo, déjà achevé en 1497, » *opera inextimabile del moto locale, de le percussioni e pesi e de le forze tutte cioè pesi accidentali* ». Leonardo même dans le *Codice Atlantico* f. 104 b nous dit que » *a di 1° d'agosto 1499 scrissi quj de moto e peso* ».

L'analyse de M. Calvi prouve encore que le cahier *B* contient des notes qui, par d'autres témoignages rigoureusement examinés, peuvent être fixées à l'hiver 1488—89; pour d'autres parties il est difficile d'admettre qu'il soit antérieur à l'année 1482; et en conclusion il est probable que ce cahier ne soit pas antérieur aux années 1477—1488.

Or beaucoup des feuilles du *Codice Atlantico* sont certainement antérieures au cahier *B* (1478—1479); et le travail consciencieux et minutieux de M. Calvi nous conduit à cette conclusion très probable, que la plus grande partie des feuilles du *Codice Atlantico* appartiennent à la première période milanaise de la vie de Leonardo.

Et si maintenant on va examiner les premières feuilles au *Codice Arundel*, que Leonardo a écrites en 1508, en les recopiant d'autres plus anciennes, nous avons la preuve qu'elles représentent la pensée définitive de Leonardo, qui, au moins vers la fin de sa vie (il est mort en 1519) a acquis des idées nouvelles et originales surtout dans la statique.

La statique de Leonardo.

Le court examen que nous allons faire ne peut pas être naturellement définitif; nous y reviendrons dès que la publication entière du *Codice Arundel* sera achevée.

¹ G. CALVI, *I manoscritti di Leonardo da Vinci*. Bologna, Zanichelli, 1925. Cap. I°.

Nous aurons toujours sous les yeux les travaux de Caverni¹ et de Duhem², aussi bien que ceux de M. Verner³ et de M. Schuster⁴.

Pour ce qui regarde la théorie du levier, Leonardo, en cherchant de connaître l'un des poids lorsqu'on connaît l'autre et le rapport des bras du levier, dans le *Codice Atlantico*, a suivi une règle assez étrange et compliquée; il l'a aussi appliquée à deux exemples dans le cahier A⁵.

Mais, pour les raisons que nous avons expliquées, il ne faut pas conclure aussitôt que Leonardo n'a pas connu la règle si simple que nous connaissons.

En effet (*Codice Arundel*, f. 1 r) en 1508 il donne cette règle et très clairement il l'explique sur un exemple.

»Moltiplica le partizioni della lieva colle libre del peso a quella attaccato, e la somma parti per le partizioni della contralieve, e l'avenimento sarà il contrapeso il qual posto nella contralieve resiste al disenso del peso posto in detta lieva»

»f. 1 v. Moltiplica il braccio maggiore della bilancia pel peso da lui sostenuto, e la somma parti pel braccio minore, e l'avenimento sarà il peso il quale, essendo posto nel braccio minore, resiste al disenso del braccio maggiore, essendo in prima le braccia della bilancia in sé librate».⁶

Comme on sait Leonardo appelle toujours »lieva» le bras du levier qui est du côté de la puissance; »contralieve», celui qui est du côté de la résistance.

Cela prouve à l'évidence ce que nous avons dit et cela s'explique de la manière la plus simple en observant que les feuilles du *Cod. Atlantico* relatives au levier sont antérieures à celles du *Codice Arundel*.

¹ RAFFAELLO CAVERNI: *Storia del Metodo sperimentale in Italia*. Firenze, Civelli, Tomi I—IV, 1895. Voir surtout tom IV; 1^{ère} partie.

² PIERRE DUHEM: *Les origines de la Statique* Tom. I—II; Paris, Hermann, 1905—1906. *Études sur Léonard de Vinci. Ceux qu'il a lus et ceux qui l'ont lu*. Première série (1906), seconde série (1909); troisième série: *Les précurseurs parisiens de Galilée* (1913). Paris, Hermann.

³ OTTO WERNER, *Zur Physik Leonardo da Vincis*. Inaugural-Dissertation. Erlangen, 1910; I—XVIII, 1—178.

⁴ FRITZ SCHUSTER, *Zur Mechanik Leonardo da Vincis*. (*Hebelgesetz, Rolle, Tragfähigkeit von Ständern und Trägern*). Inaugural-Dissertation. Erlangen, 1915; pp. 1—152.

⁵ La règle et les indications relatives (*Cod. Atl.* 363 v b. *Cah. A*, 33 v) sont rapportées par Schuster dans sa dissertation.

⁶ »Tu multiplieras les partitions du levier par le poids qu'il soutient, et le résultat tu le partageras par les partitions du contrelevier; le résultat sera le contrepoids qui, étant placé dans le contrelevier, résistera à la descente du poids placé dans le levier».

fol. 1 v. »Tu multiplieras le bras plus grand de la balance par le poids qu'il soutient, et tu partageras le produit par le bras plus petit, et le résultat sera le poids qui, étant placé dans le bras plus petit, résistera à la descente du bras plus grand, les bras de la balance étant en équilibre».

Tout aussi dans les premières pages du *Cod. Arundel* est la grande découverte de Leonardo; celle qui a amené à la notion de moment d'une force par rapport à un pôle et au problème de la composition des forces concourantes. Leonardo veut connaître les tensions (*gravité accidentelle, secundum situm*) ressenties par les deux traits d'une corde suspendue par ses extrémités et qui soutient un poids (*gravité réelle*).

Dans le *Codice Atlantico* (100 r b.) et dans le cahier E (65) il fait usage des expressions de «*braccia potenziale o spirituale; braccia semireali*»; de «*linee corporee e spirituali*». Ces expressions ne sont pas conservées dans le *Codice Arundel*; il se tient seulement à celui de «*braccia potenziali*» et seulement une fois (f. 6 v) il écrit «*appendiculi semireali*».

C'est dans la première feuille que Leonardo fait explicitement usage du théorème du *momento*, dans le cas où le pôle est pris sur la direction de la résultante, selon nos expressions modernes.

«Per la 6^a del 9^o, il grave 3 non si distribuisce alle braccia reali della bilancia nella medesima proporzione che é quella d'esse braccia, ma in quella proporzione che hanno infra loro le braccia potenziali» (f. 1 v).¹

Ici Leonardo a oublié de dire que la proportion «*é una medesima, ma é conversa*», c'est à dire «*indirecte*»; et on a la preuve qu'il comprend correctement la proportion dans l'exemple et le calcul du f. 7 v et qui est tout à fait le même que nous ferions aujourd'hui.²

Leonardo avec les mots «per la 6^a del 9^o» qui se trouvent encore à la même page (per la 4^a del 9^o) très probablement doit se rapporter à d'autres cartes anciennes qui devaient faire partie de quelque traité qu'il avait commencé à écrire; ou bien à quelque traité qu'il avait étudié (Jordanus?).³

Dans les feuilles suivantes (5 v, 6 v, 7 v, 11 v) il applique le même théorème au cas où le pôle est un des points de suspension de la corde (c'est à dire d'une des composantes); et (f. 7 v) il en fait une application numérique. Une autre se

¹ «Pour la 4^{me} du 9^e, le grave ne se partage pas aux bras réels de la balance dans la même proportion qui est celle de ces bras; mais dans la proportion qui ont entre eux les bras potentiels».

² Les mots: *é una medesima, ma é conversa* (il y a une même proportion, mais elle est inverse) sont de Leonardo. Cependant M. Schuster croit pouvoir écrire: «Es fällt hier Leonardo merkwürdigerweise schwer, die umgekehrte Proportionalität zwischen Gewichten und Hebelparmen auszudrücken; dies hängt mit seiner geringen, mathematischen Schulung zusammen». Inaug. Diss. p. 39—40. «... der Begriff Kraft mal Arm bei keiner Leonardoschen Betrachtung über den Hebel zu finden ist». Ibid. p. 43.

³ Il faut cependant observer que le livre de Jordanus que Leonardo connaissait (voir la fin de ce mémoire) ne contient que quatre livres.

trouve au f. 111 r; la figure a la forme d'un triangle équilatéral dont le côté est 8; l'hauteur est un peu arrondie: 7 au lieu de 6,92.

Que Leonardo n'ait pas connu la décomposition d'une force dans ses composantes, au sens que nous attachons maintenant à ces mots, ce n'est pas certainement une nouveauté. De tout ce que nous connaissons de ses écrits, on ne peut pas tirer la conclusion qu'il ait une notion claire et générale de la direction d'une force.

Mais il connaît pourtant, dans des cas particuliers, un théorème des plus précieux et des plus importants dans toute la statique et si Caverni,¹ comme nous avons montré ailleurs, fait agir un peu trop sa fantaisie et ses connaissances modernes en parlant de la règle du parallélogramme des forces que Leonardo n'a jamais connue, il n'en est pas moins vrai que implicitement dans tous les raisonnements de Leonardo les tensions des cordes sont les composantes de la gravité réelle; et c'est avec raison que Duhem observe que «à maintes reprises le grand artiste applique le théorème que le moment de la résultante par rapport à un point pris sur l'une des deux composantes est égal au moment de l'autre composante par rapport au même point» et, disons nous, la figure qu'il a dessinée au f. 1 v du *Codice Arundel* montre encore qu'il a connu le théorème pour le cas où le point est sur la direction de la résultante.

Duhem lisait les feuilles 60—67 du cahier *E*, le seul où il croyait se trouver cette découverte, dans l'ordre de leur numération. Il nota que dans la même page où l'on trouve la résolution exacte du problème des tensions, Leonardo énonce et fait sans cesse usage d'une règle incorrecte. Duhem dit que: «de la notion de gravité secundum situm, conçue par Jordanus, le grand artiste de Vinci a su faire sortir l'idée de la résolution d'une force en ses composantes, et cette idée il a pu la contempler un moment dans la plénitude de son développement; puis, elle s'est voilée de nouveau à ses regards, n'offrant plus à la vue du grand peintre qu'une loi erronée de la composition des forces.»²

Caverni, qui écrivait quelques années avant Duhem, n'est pas tombé dans l'erreur de celui-ci. Du reste Duhem a aussitôt corrigé sa déduction. Il faut

¹ R. MARCOLONGO: *La prima parte del Codice Arundel 263 di Leonardo da Vinci*. Rendic. Acc. Scienze fis. e mat. di Napoli; s. 3, v. 30, pp. 65—72 (1924); Bollet. Unione matem. italiana; anno IV, pp. 13—21 (1925).

² P. DUHEM, *Les origines de la statique*, I, pag. 181. Nous pouvons observer la même chose dans le *Cod. Arundel*. Dans le fol. 117 v (qui est dans la seconde partie) Leonardo donne une règle erronée: «la proporzione in che si divide il peso alle due predecete corde é simile alla proporzione de' detti angoli». Évidemment ces lignes ont été écrites bien avant l'année 1508.

lire ce fameux cahier *E* à rebours, c'est à dire suivant l'ordre inverse de celui que marque la pagination.¹

La loi erronée a été ensuite corrigée par Leonardo, et l'on a ici la preuve de ce que nous disions tout à l'heure; sur les précautions à prendre pour bien lire ces cahiers de notes écrites sans ordre, à plusieurs reprises et même à quelques années de distance les unes des autres. Duhem dit encore: »de cette mémorable découverte nous pouvons fixer approximativement la date: en effet, le cahier *E*, où elle est consignée nous apporte deux renseignements propres à déterminer cette date» et de quelques dates qui se trouvent sur le cahier *E* il conclut »que la grande découverte de Vinci est postérieure au 25 septembre 1514 et qu'elle fut sans doute faite peu de temps après cette date».²

Les premières pages du *Codice Arundel* renversent cette conclusion du savant Duhem. Elles contiennent, touchant la composition des forces, tout ce qui se trouve dans le cahier *E*. L'explication est bien simple: ce cahier a servi à Leonardo à plusieurs reprises.

La grande découverte de Leonardo, selon l'expression très juste de Duhem, a donc été faite certainement avant le 25 mars 1508. Et ce que nous venons de dire prouvera, je l'espère, la grande importance de la publication du *Codice Arundel*.

Dans ce même *Codice*, Leonardo dit beaucoup de choses sur la recherche des centres de gravité des figures planes et solides. Il lui sont bien connus les livres d'Archimède et d'Euclide. Duhem a très bien fait ressortir tout ce qui sur cet argument est contenu dans le cahier *F*, *cominciato a Milano il 12 settembre 1508*;³ mais nous retrouvons bien de choses de ce cahier dans les dernières pages de cette première partie du *Codice Arundel*; par exemple:

»Ogni grave piramidale ha 3 centri de'quali il primo é centro della gravità naturale *a*, il 2° é centro della gravità accidentale cioè *b*, il 3° é centro della sua magnitudine, il quale é *c*.

Muoverassi il centro della gravità naturale *b* a trovare il centro del mondo *p* per la linea *bp* senpre tenendo due pesi con equidistante alteza sopra di sé, e quando al centro della gravità naturale sarà congiunta. L'acqua *a* perderà il suo

¹ P. DUHEM, *Les origines de la statique*, II, pag. 347.

² P. DUHEM, *Études sur Léonard de Vinci*, 1^{ère} série, pp. 304—305.

³ P. DUHEM, *Les origines de la statique*, II, pp. 66 et suiv.

peso cadendo nell'acqua n , anca ch'essa fussi moltissimamente distante dalla spera del suo elemento. f. 95 r; 72 v.¹

Les mêmes idées se trouvent exposées au cahier F, f. 54 r, 84 r; mais ne pouvant faire de suppositions bien fondées sur les époques où les pages du *Cod. Arundel*, depuis la trentième, ont été écrites, pour le moment nous ne feront d'autres comparaisons; et voyons plutôt les recherches de Leonardo sur la détermination des centres de gravité.

Au fol. 3 r, Leonardo fait la détermination du centre de gravité »*d'ogni quadrato*», qui est, dit-il, dans l'intersection de ses diamètres (*de' sua diametri*); mais évidemment il s'agit ici, non seulement d'un carré, mais en général d'un quadrilatère; puisque, peu après, il explique que:

»se tal quadrato ha i lati opposti inequali esso centro sarà impermutato; cioè tanto vicino al maggior lato del quadrato, quanto era la vicinà della detta intersegezione al lato minore del quadrato.»²

Dans la figure dessinée à côté de ces mots il paraît qu'il s'agit d'un trapèze isoscèle; mais la règle donnée par Leonardo est alors incorrecte.

Mais il retourne sur le même argument au fol. 16 r, pour le centre de gravité d'un triangle (qui était bien connu); d'un polygone (un pentagone régulier ou non) et pour un espace »*mensulare*» qui est en effet un trapèze. Leonardo, en le décomposant en deux triangles par une de ses diagonales, donne cette fois la règle exacte (qui n'est pas réduite, il faut l'observer, à celle plus simple que nous connaissons maintenant). La figure, fol. 17 v, est à peu près celle d'un trapèze isoscèle, mais le raisonnement de Leonardo est tout à fait général. Leonardo applique sa règle à un exemple particulier, qui est très intéressant car il montre l'habileté acquise par Leonardo dans le calcul des fractions et des racines carrées.

»E se la mensola pesa 60, il triangolo abd pesa 36, e il triangulo acd pesa 24, e la linia hL é radice di 15 e $\frac{1}{9}$, é divisa nella proporzione delli triangoli in punto K , che fia LK R) di 5 e $\frac{11}{25}$ e hK R) di 2 e $\frac{94}{225}$ ».

Ce calcul peut très facilement s'expliquer en considérant un trapèze isoscèle

¹ »Tout corps grave pyramidal a trois centres, le premier desquels est le centre a de la gravité naturelle, le second est le centre de la gravité accidentelle b , le troisième est le centre de sa grandeur, qui est c »; etc. etc.

² »Si un tel carré a ses côtés apposés inégaux, le centre sera inverti; c'est à dire qu'il sera d'autant plus voisins au côté plus grand, que l'intersection (de ses diagonales) est plus voisine au côté plus petit du carré.»

$ABCD$, dont la base plus grande AB est égale à 12; la plus petite CD est égale à 8; l'hauteur CH est égale à 6; et par conséquent l'aire (proportionnelle au poids) du triangle ADC est 24 et celle de ABD 36; et si l'on observe que dans le triangle rectangle BHC , BH est égale à 10, on trouve que la diagonale BC est la racine carrée de 136. Le centre de gravité du triangle ABD est au point h sur la médiane du côté AD et à un tiers de ce côté; et ainsi on trouve le centre de gravité du triangle ACD en l ; et puisque hl est la troisième partie de CB , c'est à dire la racine carrée de $\frac{136}{9}$, on trouve, comme a calculé Leonardo, $hl = \sqrt{15\frac{1}{9}}$.

La théorie du levier lui donne alors la position du point K centre de gravité de la «mensola» car: $hK:24 = Kl:36 = \sqrt{15\frac{1}{9}}:60$; d'où:

$$hK = \frac{2}{5} \sqrt{15\frac{1}{9}} = \sqrt{\frac{544}{225}} = \sqrt{2\frac{94}{225}};$$

$$Kl = \frac{3}{5} \sqrt{15\frac{1}{9}} = \sqrt{\frac{136}{25}} = \sqrt{5\frac{11}{25}}.$$

Les calculs de Leonardo sont donc très exacts; il a dû faire des réductions de fractions à leur plus simple expression; transporter des facteurs sous le signe de racine; extraire la partie entière; etc. Naturellement aussi il a observé que le centre K qu'il vient de déterminer est dans l'intersection de hL avec la ligne qui unit le milieu de CD avec le milieu de AB .

Les premières pages du *Codice Arundel* ne contiennent pas d'autres recherches sur les centres de gravité. Mais au fol. 65 r, Leonardo donne le théorème sur les intersections des droites (assis) qui unissent les sommets d'une pyramide (il s'agit effectivement, d'après la figure, d'un tétraèdre) avec les centres de gravité des faces opposées.

»Li assis inferiori della piramide laterate (di qualunque corpo piramidale), i quali nasceranno nel terzo dell'assis de la lor base, s'intersegheranno nel quarto della lor lungheza di verso la basa».¹ Ces lignes sont écrites à la fin de la page; dans la page suivante il n'est plus question de centres de gravité. Dans

¹ »Les axes inférieurs de la pyramide (ou d'un corps pyramidal), qui naissent au tiers des axes de la base, se rencontrent à la quatrième partie de leur longueur vers la base». La figure qui est dans le *Codice Arundel*, et qui est la même du cahier *F*, fol. 51 r, n'autorise pas à accepter ce que a écrit Libri, Hist. t. III, pag. 41, c'est à dire que Leonardo »décomposait les pyramides en plans parallèles à la base, comme on le fait à présent». Cela a été aussi observé par Duhem à propos du cahier *F*.

le *Codice Arundel*, Leonardo ne dit pas que le point de rencontre des »assis» est le centre de gravité du tétraèdre. Ce théorème il l'a donné dans le cahier *F* fol. 51 r; ce cahier qui a été commencé à Milan en septembre 1508; et la figure qu'il a tracé est bien celle du *Codice Arundel*. Mais pourquoi Leonardo a mis le théorème de géométrie dans le *Codice Arundel* sans faire ressortir la propriété plus importante du point d'intersection des »assis»?

Il nous paraît très probable que après le fol. 65 r du *Codice Arundel* il devait y avoir quelques autres pages qui ont été perdues.¹

Mais d'autres pages de la seconde partie du *Codice Arundel* contiennent encore des observations bien intéressantes sur le centre de gravité d'un tétraèdre, et d'une pyramide.

fol. 123 v. (au commencement de la page):

»La piramide di basa triangolare ha 'l centro della sua gravità naturale nel taglio che s'astende dal mezo della basa al mezo del lato oposito a essa basa fatto equalmente distante alla congiunzione della basa col predetto lato.»

»La pyramide à base triangulaire a le centre de sa gravité naturelle sur la droite qui unit (le point de) milieu (d'un des côtés) de la base avec le milieu du côté opposé et c'est un point à égale distance de la base et du côté opposé.»

Malgré la manière un peu étrange de l'exposition, la propriété que Leonardo a envisagée ne saurait être plus claire; le centre de gravité, qu'il a déjà déterminé de la manière bien connue, est aussi le point de rencontre des droites qui unissent les milieux des côtés opposés du tétraèdre et ce point est à égale distance des points de milieu des côtés. Leonardo ne donne pas de démonstration; au moins dans les pages que nous avons examinées; mais puisqu'elle est très élémentaire, on peut bien admettre que le grand peintre ait pu l'avoir trouvée par ses connaissances géométriques.

On peut aussi justifier l'expression de Leonardo »dal mezo de la basa». Il envisage le tétraèdre appuyé sur sa base et puisqu'il voit seulement une de ses faces, il croit avoir le droit d'appeler »basa» base de la pyramide, le côté de la base qui a devant ses yeux.

Si nous ne nous trompons pas, on ne savait pas jusqu'à présent que Leonardo avait connu cette belle et simple propriété du centre de gravité du tétraèdre!

¹ La recherche du centre de gravité d'un tétraèdre a été faite par François Mauroleio de Messine en 1548; mais elle ne fut connue qu'en 1635 par la publication de son ouvrage: *De aequi-ponderantibus, sive de momentes eequalibus*.

Nous avons enfin dans le *Codice Arundel* des pensées sur la loi du *polygone de sustentation*. Duhem a observé que: en cherchant à présenter sous une forme un peu différente une conclusion d'Albert de Saxe, Leonardo a fait usage de ce théorème que nul ne paraît avoir énoncé avant lui: pour qu'un corps pesant, reposant sur le sol, demeure en équilibre, il faut et il suffit que le centre de gravité de ce corps ne se projette pas en dehors de sa base. Et Duhem croit qu'on ne saurait pas douter que Leonardo ait entrevu toute la généralité de la proposition qu'il a découverte dans un cas très particulier; il suffit de lire ce qui a écrit Leonardo au cahier *F* et surtout au cahier *A* qui, selon Duhem est postérieur à *F*.¹

Aux points mis en évidence par Duhem il n'est pas inutile de comparer les suivants du *Cod. Arundel*.

fol. 11 r. Nessun grave si fermerà sopra il sostentaculo dov' é posato, se la linia centrale del suo peso non toca la fronte del suo sostentaculo».²

Ces lignes qui appartiennent aux premières pages du *Codice* et sont écrites en mars 1508, très probablement, renforcent puissamment l'opinion de Duhem sur la généralité de la découverte de Leonardo.

Une autre allusion nous la trouvons au fol. 95 r et au fol. 107 v, où l'on trouve répétés les mêmes mots qui ensuite ont été effacés. Ce qui nous donne encore une preuve que ces feuilles ne faisaient pas partie, avec les premières pages, du *Codice*.

Nous croyons devoir nous arrêter ici dans cet examen. Nous avons cherché de faire ressortir toute l'importance des découvertes de Leonardo dans la Statique et la grande importance du *Codice Arundel*. Une discussion plus longue excéderait les limites qui nous sont imposées et nous croyons la devoir renvoyer à un livre qui paraîtra prochainement, et dès que sera publiée la seconde partie du *Codice Arundel*, et où nous examinerons toute l'oeuvre mécanique de Leonardo.

Qu'il nous soit pourtant permis de dire encore quelques mots sur un problème géométrique et physique en même temps et qui a tant excité l'esprit de Leonardo; et sur quelques uns des endroits qui intéressent la dynamique.

En dynamique Leonardo suit Aristote et il croit que la force »*l'impeto*» est proportionnelle à la vitesse; il connaît que le mouvement rectiligne d'un grave

¹ P. DUHEM, *Études sur Léonard de Vinci*. Ière série, pp. 73—85. IIème série, p. 366.

² »Nul grave s'arrêtera sur le soutient où il est posé, si la ligne centrale de son poids ne touche le front de son soutient.»

qui tombe librement ou sur un plan incliné est un mouvement dans lequel la vitesse est proportionnelle au temps.

Les parties qui dans le *Codice Arundel* regardent la dynamique sont très nombreuses; nous nous bornerons à faire noter bien peu de choses.¹

f. 12 v. »Quel grave si mostra maggiore e si move con più velocità e più lungo camino, il qual discende per linia meno obbliqua.»²

Et puis encore:

»El peso *o*, che discende per l'obbliqua *ao*, si ferma nell'angolo retto che fa la linia centrale del peso colla linia del suo moto.»³

La figure tracée par Leonardo, qui se trouve reproduite au fol. 107 v, et qui a été effacée, est des plus intéressantes; car il semble que le grand artiste a la parfaite connaissance des propriétés des graves se mouvant sur les cordes d'une circonférence; et qui formeront un siècle plus tard la gloire de Galilée.

Mais il faut aussitôt dire que pour le mouvement sur des plans inclinés il ne sait pas tout à fait s'affranchir de la mécanique d'Aristote; car au fol. 76 v il écrit:

»Se per due diverse obbliquità, due pesi discenderanno, e sieno delle obbliquità e dé pesi una medesima proporzione, allora fia trovata nei pesi una medesima velocità nel discendere.»⁴

La conclusion, nous le savons très bien, est exacte, malgré les prémisses de Leonardo, car les poids divers n'ont pas d'influence et l'égalité des vitesses avec lesquelles ils arrivent à une même ligne horizontale (c'est une des conséquences les plus simples et les plus connues du théorème des forces vives) n'est rien d'autre que le fameux postulat sur lequel Galilée a bâti la théorie du mouvement des graves sur des plans inclinés et qu'il a démontré peu de temps avant sa mort.⁵

Nous voulons encore noter que beaucoup des pensées de Leonardo sur la lumière de la lune, sur la forme des montagnes de la lune qu'on lit au cahier

¹ R. MARCOLONGO, *Lo sviluppo della meccanica sino ai discepoli di Galileo*.

Memorie R. Acc. dei Lincei—Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali; s. V; v. XIII; (pag. 1—56).

² »Le grave se montre plus grand et se meut avec une plus grande vitesse et un plus long chemin, qui descend suivant une ligne moins oblique.»

³ »Le poids *o*, qui descend suivant l'oblique *ao*, s'arrête à l'angle droit que la ligne centrale du poids forme avec la ligne de son mouvement.»

⁴ »Si deux poids descendront par deux diverses lignes obliques et il y a une même proportion entre les poids et les obliquités, alors on trouvera une même vitesse dans la descente.»

⁵ R. MARCOLONGO, *Lo sviluppo della meccanica etc.*, pag. 30—33.

F', se retrouvent aussi dans une forme moins prolix, mais par fois avec une plus grande efficacité, dans le *Cod. Arundel*:

fol. 28 r: »Qui si concluderà che ciò che della luna splende, é acqua simile a quella de li nostri mari e cosi inondata; e ciò che di lei non isplende, sono isole e terra ferma.»

fol. 94 r et 94 v. »Della luna. La luna non ha lume da sé, se non quanto ne vede il sole, tanto l'alumina.» Et c'est ici que Leonardo explique la *lumière cendrée*.¹

fol. 104 r. On y trouve une figure très importante de la lune et de ses montagnes.

Duhem par une analyse très minutieuse, quoique un peu excessive, a reconnu ici l'influence de Albert de Saxe sur Leonardo. Leonardo en effet nomme Albert, Albertuccio, au cahier *F'*, fol. v. De ce que nous avons dit nous pouvons tirer une conclusion qui nous semble assez probable; les feuilles du *Codice Arundel* que nous venons d'examiner nous semblent antérieures au cahier *F*. Si cela est vrai, il résulte que Leonardo a pu connaître et étudier Albert de Saxe entre 1508 et 1513.

Le problème de Alhazen.

Dans les manuscrits de Leonardo on trouve fréquemment des considérations de mathématique et surtout de géométrie. Ceux qui sont au Museum Albert et Victoria et qui viendront aussi prochainement publiés sont, à ce point de vue, des plus intéressants. Ce qui se trouve dans la première partie du *Codice Arundel* se réduit à bien peu de chose. Il s'agit de notes écrites après la lecture des ouvrages d'Euclide et d'Archimède; ou de quelque ouvrage traduit de l'arabe; signalons la méthode pratique pour mesurer une distance; des applications simples du théorème de Pythagore pour obtenir la somme ou la différence de deux carrés ou de deux circonférences; une méthode pour extraire géométriquement les racines des nombres; une démonstration très ingénieuse de la formule pour la somme des *n* premiers nombres naturels; le volume et la surface de la sphère; etc.

¹ »Ici l'on conclura que ce qu'il resplendit (de la lune) est de l'eau semblable à celle de nos mers et ainsi inondée.

De la lune. La lune n'a pas de lumière en soi, et tant quelle est vue par le soleil, d'autant elle est éclairée.»

Mais la chose la plus intéressante du *Codice Arundel* est la grande quantité des tentatives, malheureusement infructueuses, par lesquelles Leonardo a cherché de résoudre le problème de Alhazen.

Le savant astronome et physicien arabe Ibn al Haitam ou Alhazen (mort en 1038) nous est maintenant bien connu grâce aux travaux de M. E. Wiedemann; il a composé un traité d'optique qui eut une grande célébrité et qui, avant d'être imprimé, avait été traduit en italien dans le siècle XIV.¹ Il fut publié en latin par J. Risner en 1572 avec l'optique de Vitellion² et encore une autre fois en 1889 par L. Schnaase.³

Dans le livre cinquième de son *Opticae thesaurus* Alhazen se propose le problème de trouver le point d'incidence d'un rayon lumineux sur un miroir sphérique, tel que, étant parti d'un point donné, puisse arriver à l'œil de l'observateur. Il envisage plusieurs cas: quand l'objet et l'œil sont extérieurs au miroir (prop. 39); quand l'un est extérieur et l'autre intérieur (prop. 36) et quand ils sont tous les deux intérieurs (prop. 73). Le savant arabe avec beaucoup de peine, mais très ingénieusement, ramène le problème à celui de tracer par un point d'une circonférence, à un diamètre, une sécante telle que la partie comprise entre le diamètre et la circonférence soit égale à un segment connu (prop. 34). Ce problème, à son tour, est résolu par l'intersection d'une conchoïde et d'une circonférence; le savant astronome le savait très bien; mais, si je ne me trompe, Alhazen veut plutôt prouver que le problème est possible par la considération d'une hyperbole équilatère. Le problème est donc effectivement résolu et même discuté (prop. 75 et suiv.) quoique d'une manière très fatigante. Barrow n'avait pas de tort à dire que la solution était *»barbariquement horrible et obscure»*; mais il a au fond exposé avec beaucoup de simplifications et avec une grande brièveté la solution de Alhazen.⁴

¹ E. NARDUCCI, *Intorno ad una traduzione italiana fatta nel secolo XIV del trattato di ottica*, ecc. ecc. Bollet. di storia e di bibliografia delle scienze matem., pubblicato a cura di B. Boncompagni, t. IV, p. 1—48 (1871).

² *Opticae thesaurus, Alhazeni Arabis libri septem nunc primum editi. Ejusdem liber de crepusculis et nubum ascensionibus. Item Vitellionis Thuringo-Poloni libri decem. Omnes instaurati, figuris illustrati et aucti, adiectis etiam in Alhazenum commentarijs*, a Federico Risnero. Basi-leae 1572.

³ L. SCHNAASE, *Die Optik Alhazens*, 1889.

⁴ IS. BARROW, *Lectiones opticae et geometricae etc.* (Londres, édition de 1674); Lect. IX, pp. 65—66.

J'ai cherché à simplifier, avec nos notions modernes, les nombreux et bien souvent obscurs passages de Alhazen et il me semble que ses conclusions sont tout à fait correctes. Je ferai connaître bientôt ces calculs.

Les nombreuses tentatives de Leonardo: fol. 19 v; 20 r; 20 v; 23 v; 28 v; 48 v; 49 v; 50 v; 61 r; 62 v; 64 v; 70 r; 70 v; 95 v; 97 v.; ou contiennent des solutions inexactes ou quelque essai de constructions approchées. Ces tentatives continuent au cahier *I'*, où il dit, fol. 10 v, qu'il est impossible de donner une règle générale pour le problème »di trovare l'angolo della 'ncidenza supra lo specchio sperico».

Le problème était naturellement trop difficile pour les connaissances mathématiques de Leonardo; et il n'eut sa solution simple que par l'œuvre d'un Huygens.¹ Mais Leonardo se souvient sans doute que les anciens ont résolu le problème de la duplication du cube par des moyens mécaniques et dans le *Codice Atlantico*, fol. 181 r, il expose la construction d'un système articulé »per trovare l'angolo della contingenzia per via d'istrumento».²

Maintenant une question va se poser. Leonardo a-t-il connu l'ouvrage de Alhazen dans la traduction italienne du siècle XIX?

M. Werner, dans l'importante ouvrage que nous avons déjà mentionné,³ a observé que dans le *Trattato della Pittura*, publié en 1882 par Ludwig d'après le *Codex vaticanus (Urbinas) 1270*, et précisément au num. 525, Leonardo écrit: »la 7^{ma} della 4^a»; et il a trouvé que dans le traité de Alhazen (et non dans celui de

¹ *Oeuvres complètes de Christian Huygens* publiées par la Société hollandaise des Sciences: t. VI, p. 132; t. VII, pp. 166—187. La dernière et la plus simple solution de Huygens est de 1672. Si *B* et *C* (œil et objet lumineux) sont les deux points, on trouve leurs inverses *P* et *Q* par rapport à la circonférence de centre *A* (intersection du plan *ABC* avec la sphère); on construit une hyperbole équilatérale qui a son centre dans le point de milieu *R* de *PQ*, pour asymptotes les parallèles aux bissectrices de l'angle *PAQ* et de son supplémentaire et qui passe par *A*, *P*, *Q*. Elle rencontre la circonférence en quatre points, dont deux seulement répondent à la question.

Une solution peu différente, et puis une autre solution par le moyen d'une parabole a été donnée par Sluze (*Ibid.* VII, pp. 90—147).

La démonstration de Huygens a été simplifiée par l'abbé Catelan, selon Ozanam, *Dictionnaire mathématique*, Paris 1691, pp. 486—494; et par Riccati et Saladini: *Institutiones analyticae*, t. I, pp. 237—239. Bologna 1765.

Ce problème a une riche bibliographie et il est aussi connu sous le nom de problème du billard circulaire.

On en connaît d'autres solutions par Kästner [*Novi Comm. Soc. Regis scientiarum Gottingensis*, t. VII, (1776) pp. 92—141] par une équation du quatrième degré très soigneusement discutée; par Pessuti dont la solution, peu différente de celle de Kästner, a été publiée par G. Settele: *Elem. di ottica e di astr.*, v. I^o; Roma (1818), pp. 70—71; par Paoli, Puissant, Quetelet, etc.

Pour des travaux plus récents voyez: *Nouvelles Ann. de Mathém.*, s. 2, t. IX (1870), pp. 124—136; 423; s. 3, t. XIII, pp. 215—218; etc.

² Ceci avait été déjà observé par Govi dans son ouvrage: *Leonardo letterato e scienziato* dans le volume que nous avons déjà mentionné.

³ O. WERNER, *Zur Physik etc.*, pp. 29; 125.

Vitellio), livre 4^{me} proposition 7^{me} se trouvent les mêmes considérations que dans Leonardo sur la réflexion de la lumière. Cela suffit pour faire conclure à M. Werner que Leonardo a connu l'ouvrage de Alhazen. Mais évidemment c'est peu de chose pour une conclusion si tranchante.

Probablement Leonardo n'a pas connu l'ouvrage de Alhazen; s'il l'avait connu il serait très difficile d'expliquer tout ce que nous avons observé dans le *Codice Arundel*, dans le cahier *F* et dans le *Codice Atlantico*; et les renvois qu'il fait dans tous ces ouvrages de chapitres et de propositions empruntés à des livres qu'il lisait ou qu'il voulait écrire ou qu'il avait en partie écrits, ne prouvent pas grande chose; surtout le point si faible que M. Verner a noté. Leonardo peut très bien avoir su qu'un auteur s'était proposé ce problème et il a essayé de le résoudre. À l'état actuel de nos connaissances des manuscrits de Leonardo on ne peut tirer des conclusions définitives dans un sens ou dans l'autre.

Si Leonardo eût écrit le traité de Mécanique que plusieurs fois il s'était proposé d'écrire et que sa recherche continuelle de la perfection ne lui a pas permis d'écrire; s'il eût fait connaître les démonstrations complètes des découvertes de son génie; nulle doute qu'il aurait accompli une œuvre d'une importance exceptionnelle, constituant le trait d'union entre la mécanique ancienne et du moyen âge et la mécanique moderne. Mais les cahiers, la vaste encyclopédie qu'il nous a laissé et dans laquelle il n'était pas facile ni de lire, ni de voir toute la portée de ses pensées; n'a pas eu, nous croyons, une influence heureuse et certaine sur le développement de la science mécanique, surtout en Italie.

Il est très probable que Galilée n'ait rien connu directement des recherches scientifiques de Leonardo. Lorsque Mazzenta vint à Pise avec les précieux cahiers de Leonardo, Galilée ne s'y trouvait plus, comme a prouvé Favaro.

Et si l'on veut aussi accepter la thèse de Duhem:¹ c'est à dire qu'il y a des traces des recherches de Leonardo dans les ouvrages de Cardan, de Benedetti, de Baldi et de Willalpand (et la chose n'est pas si certaine comme le croyait Duhem), on peut tirer la conclusion que Galilée a pu connaître indirectement quelque chose des travaux du grand artiste et ce »quelque chose« a constitué

¹ P. DUHEM, *Études sur Léonard de Vinci*. 1^{re} série.

le point de départ pour les recherches presque définitives du fondateur de la dynamique.

Au reste nous savons très bien que dans les sciences il n'y a pas de génération spontanée; qu'il n'y a rien de plus faux et de plus contraire à l'histoire du développement de toutes les sciences que d'attribuer à l'œuvre d'un seul homme le progrès de la civilisation et la renaissance d'une science.

La question des précurseurs de Leonardo a été soigneusement examinée par E. Solmi et P. Duhem; leurs travaux nous ont donné une foule de renseignements précieux et certains.

On sait très bien la conclusion de toutes les profondes recherches de Duhem. Au moyen âge l'occident de l'Europe avait reçu, soit directement, soit par l'intermédiaire des arabes et d'une manière fort peu connue, la tradition des théories grécques sur le levier et sur la balance romaine; par l'activité et la sagacité de quelques auteurs, que nous connaissons fort peu, ces théories s'étaient lentement transformées et avaient fait naître une statique autonome, qui a acquis la notion de moment d'une force par rapport à un point, qui a établi la condition pour l'équilibre sur un plan incliné par l'application du principe des vitesses virtuelle (elle avait été inconnue aux anciens) suivant la tradition d'Aristote; en un mot une statique qui constitue un grand progrès sur la statique ancienne.

Duhem, par une analyse de nombreux manuscrits, presque inconnus, de la Bibliothèque Mazarin de Paris, a cherché avec une profonde sagacité de faire connaître et de préciser ce mouvement de transformation, cette transition de la statique ancienne dans celle du moyen âge. Sa découverte plus importante regarde les »*Elementa super demonstrationem ponderis*» de Jordanus de Nemore (Nemorarius). Les manuscrits du XIII^e siècle contiennent le texte original (environ du siècle XII); une rédaction faite par un philosophe péripatéticien et enfin une troisième rédaction, plus développée, et qui, selon Duhem, est l'œuvre originale d'un mécanicien inconnu.¹

C'est à cette rédaction que Leonardo s'est inspiré pour faire ses découvertes et c'est pour cela que Duhem, qui n'a pu donner des indications plus précises sur ce mécanicien inconnu, a proposé de le nommer, tout court, le Précurseur de Leonardo. Mais les choses ne sont pas si simples comme une première étude l'avait pu faire croire. A la suite de nouvelles recherches sur les cahiers de Leonardo, Duhem a observé que celui-ci connaît très bien les trois derniers liv-

¹ P. DUHEM, *Les origines de la statique*, t. I, pp. 125—128.

res de l'ouvrage de Jordanus; il n'est aucune proposition de son livre, dit-il, qui n'ait sollicité l'attention du Vinci. Au contraire les propositions du premier livre sont restées inconnues de Leonardo qui, par exemple, n'a pas connu la belle solution du problème de l'équilibre sur un plan incliné exposée par Jordanus dans ce premier livre. Duhem croit qu'un géomètre adepte de la science hellène a rédigé les trois derniers livres de l'ouvrage; un mécanicien occidental a composé le premier; et ainsi le Précurseur de Leonardo, pour ainsi dire, se dédouble!¹

Ce nom, toujours selon Duhem, doit rester pour l'auteur inconnu des trois derniers livres; il accepte la dénomination proposée par Mansion, de Précurseur de Stevin pour l'autre auteur du premier livre. Comme on voit les choses se sont un peu compliquées; et quoique la thèse de Duhem n'ait pas soulevé de sérieuses objections, et ait été généralement acceptée, nous espérons que d'autres recherches, d'autres découvertes de nouveaux manuscrits puissent l'éclaircir et la confirmer plus solidement.

Le *Codice Arundel*, au moins dans cette première partie, ne nous fournit aucun élément qui soit contraire aux conclusions de Duhem.

¹ P. DUHEM, *Études sur Léonard de Vinci*. I^{ère} série; pag. 310—316.

