



Savoirs et Textes
UMR 8519

*Centre Commun d'Histoire des Sciences
et d'Épistémologie de Lille 1*

Comptes-rendus du séminaire

**ORIGINE DES IDÉES SCIENTIFIQUES :
RUPTURES ET CONTINUITÉS**

2004-2005

Le moteur magnéto-mécanique de Pierre de Maricourt¹²

Andreas Kleinert

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg Halle (Saale), Allemagne
kleinert@physik.uni-halle.de

La Lettre sur l'aimant de Pierre de Maricourt ou Pierre le Pèlerin (Petrus Peregrinus) de 1269 est considérée comme un ouvrage clé pour l'histoire du magnétisme. Selon Guy Beaujouan, Pierre de Maricourt est « un des plus grands savants médiévaux »¹³ ; pour Edward Grant, ce texte constitue « one of the most expressive scientific treatises of the Middle Ages »¹⁴. Je pourrais facilement prolonger la liste des remarques flatteuses du type « plus grand physicien du moyen-âge » en citant d'autres autorités. C'est en effet le premier texte connu dans lequel nous trouvons une description précise des phénomènes magnétiques : l'attraction, la répulsion, le fait que chaque aimant est un dipôle, et l'orientation spontanée d'un aimant mobile dans la direction nord-sud. Ceci est d'autant plus remarquable que chez la plupart des auteurs de ce temps, le magnétisme est associé à toute sorte de légendes plus ou moins fantaisistes.

A la fin de son traité, Pierre de Maricourt propose trois applications pratiques de l'aimant : une boussole, une horloge magnétique et un moteur magnétique qui est, dans ses propres mots, une « *rota perpetui motus* », c'est-à-dire un mouvement perpétuel.

La description de cette machine pose un problème qui, à une exception près, a échappé à tous ceux qui ont travaillé sur cet auteur et qui l'ont couvert de compliments.

La machine à mouvement perpétuel de Pierre de Maricourt a recours à deux sources d'énergie différentes : le magnétisme et la gravitation ; il s'agit donc d'un moteur magnéto-mécanique. Voici le texte dans lequel l'auteur explique la partie magnétique de son invention¹⁵ :

Dans ce chapitre enfin, je te révélerai le plan de construction d'une roue qui tourne perpétuellement grâce à un dispositif merveilleux. [...] Pour l'agencement ou la construction de cette roue, tu prendras une coupe en argent. [...] A l'intérieur, il doit y avoir de petits clous ou de petites dents en fer, toutes de même poids, fixées au bord, inclinées et si rapprochées que l'une ne soit pas plus distante de l'autre que de l'épaisseur d'une fève ou d'un pois chiche. Mais les différentes parties de cette roue doivent être de même poids. Ensuite, tu fixes un axe par le centre de la coupe autour duquel la roue doit pouvoir tourner tandis que l'axe lui-même doit rester entièrement immobile. A cet axe, il faut ajouter un poinçon en argent fixé sur lui. [...] A son sommet, il faut placer un aimant [...] L'aimant ainsi disposé, il faut le placer au-dessus du poinçon comme la

¹²La communication est basée sur Kleinert (2003), où sont indiquées les références biblio-graphiques pour les figures, à l'exception des illustrations de fig. 11, cf. note 22.

¹³Beaujouan (1999).

¹⁴Grant (1974), p. 537.

¹⁵Ce texte est basé sur la traduction de Radelet et Speiser, cf. Radelet/Speiser (1975).

Pierre dans une bague, et le pôle nord doit être quelque peu incliné vers les petites dents de la roue pour que sa force se répande dans ces petites dents de fer, non pas le long du diamètre, mais avec une certaine inclinaison. Ceci afin que quand n'importe quelle petite dent arrive vers le pôle nord et, sous l'impulsion acquise par la roue, le dépasse un peu, elle arrive [alors] à la partie sud ; celle-ci la repoussera plutôt qu'elle ne l'attirera [...]. Et ainsi chaque petite dent se trouvera en attraction et en fuite perpétuelle.

Malgré quelques incertitudes dans les détails, on comprend facilement le principe de la construction qui doit provoquer un mouvement de rotation : des morceaux de fer en forme de dents où de clous sont fixés sur la périphérie d'une roue dans une position telle que, si on place un aimant près de cette roue, les clous sont successivement attirés et repoussés, et la roue se met à tourner.

Avant d'entrer dans les détails de ce mouvement perpétuel magnétique, voici la description de la partie mécanique de la machine :

Et pour que la roue exerce sa fonction plus vite, enferme à l'intérieur de la capsule, une petite bille ronde de bronze ou d'argent suffisamment grande pour qu'elle puisse être prise entre deux quelconques petites dents. De sorte que, quand la roue montera, la bille tombe dans la partie opposée. [...] Car, comme elle tend, par son poids, vers le centre de la terre, elle aidera le mouvement et ne laissera pas les petites dents [...] au repos. Mais les espaces entre les petites dents doivent être convenablement incurvés, comme le montre le dessin ci-joint, pour qu'elles puissent saisir la bille du côté de sa chute.

Entre les petites dents de fer qui sont attirées et repoussées par l'aimant, il faut donc enfermer une bille (en latin *calculus*) qui est soulevée d'un côté et qui accélère le mouvement de la roue quand elle retombe de l'autre côté. Enfin, notre auteur parle d'un « dessin ci-joint », donc d'une figure dans laquelle sa construction est visualisée.

C'est cette figure qui constitue le fond du problème. Dans presque toutes les éditions et traductions de *la Lettre sur l'aimant*, le moteur magnéto-magnétique est représenté ainsi :

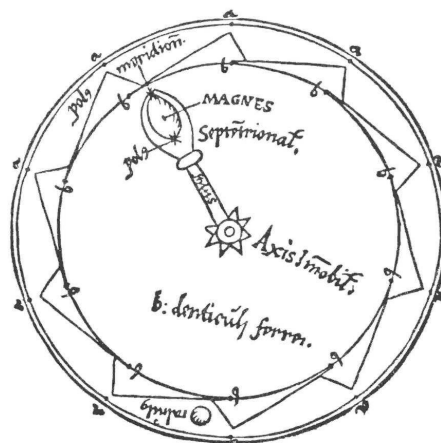


FIG. 1 – Le moteur de Pierre de Maricourt dans l'édition de Gasser (1558)

On reconnaît facilement tous les éléments mentionnés dans le texte : l'axe immobile, le poinçon en argent (*stilus*) avec l'aimant, la roue avec les dents de fer (b : *denticuli ferrei*), et la bille de bronze ou d'argent pour accélérer le mouvement (*calculus*).

J'ai rencontré cette figure pour la première fois dans la traduction allemande de Heinz Balmer¹⁶, de 1956, quand j'ai alors que je préparais un cours sur la physique du Moyen-Âge, et, déjà à ce moment-là, j'ai remarqué que quelque chose "clochait". La contradiction la plus évidente entre le texte et la figure est la position de l'aimant. Le texte précise que la position de l'aimant doit être *non diametraliter* : l'aimant doit être un peu incliné par rapport au diamètre, ce qui n'est pas le cas dans la figure.

La deuxième contradiction entre le texte et cette figure concerne la disposition des petits clous ou « dents de fer ». Le texte parle de « petits clous, fixés au bord de la roue, et inclinés ». Dans la figure, on voit des paires de lignes en directions opposées - une ligne longue, l'autre plus courte. La signification de ces lignes n'est pas claire. Les clous sont-ils représentés par les lignes longues, par les lignes courtes, ou bien par les deux ? Dans ce cas, c'est-à-dire, si les deux types de lignes correspondent à des objets réels, la partie mécanique du moteur ne peut pas fonctionner, même selon les idées d'un constructeur médiéval. A gauche et à droite, le *calculus* aurait toujours la même distance au centre, et déjà au Moyen-Âge on savait que, dans ces conditions, il n'y a pas de mouvement perpétuel - l'accélération par la bille qui tombe serait contrebalancée par le ralentissement causé par la même bille lorsque'elle est transportée vers le haut de l'autre côté de la roue.

L'association du texte et de cette figure, reproduite dans les éditions, les traductions et dans presque toute la littérature secondaire, est donc problématique. Il est d'autant plus surprenant qu'à propos d'un texte qui occupe une place clé dans les publications sur la physique médiévale, personne n'y ait fait attention. Si le passage est commenté, cela se limite à des remarques du type : « A cause du principe de la conservation de l'énergie, cette machine ne peut pas fonctionner ». Ainsi Heinz Balmer, dans la traduction allemande, ajoute une note où il dit simplement : « Hier obwaltet eine Täuschung »¹⁷.

Il y a deux questions que l'historien critique doit se poser : 1° les contradictions entre le texte et la figure sont-elles éventuellement dues à la transmission du texte, et 2° comment cette machine aurait-elle dû être construite selon les idées de son inventeur ?

Il y a environ 25 ans, alors que je découvrais ce problème, il était pratiquement impossible d'aller plus loin. A ma grande surprise, j'ai constaté qu'aucun des auteurs qui avaient travaillé sur ce physicien génial du Moyen-Âge ne s'était posé la question de l'authenticité du texte. Toutes les éditions et traductions de la *Lettre sur l'aimant* qui étaient alors disponibles remontaient à la première édition connue que voici :

¹⁶Balmer(1956), p. 276.

¹⁷Balmer(1956), p. 277



FIG. 2 –

Cette *editio princeps*, publiée en 1558 à Augsbourg par Achilles Gasser, est basée sur un seul manuscrit qui, aujourd’hui, n’existe plus. De cette édition provient la figure du mouvement perpétuel indiquée ci-dessus.

Il y a seulement dix ans, Loris Sturlese a présenté une édition critique de la *Lettre sur l’aimant*, dans laquelle, avec la rigueur du philologue, il a reconstruit le texte authentique sur la base de tous les manuscrits existants et des plus anciennes éditions imprimées¹⁸. La parution de cette édition m’a motivé pour revenir sur le moteur de Pierre de Maricourt, et essayer la reconstruction d’une figure qui corresponde à la fois aux indications du texte et aux idées physiques du Moyen-Âge.

Voici la filiation des différents manuscrits sous forme d’un stemma :

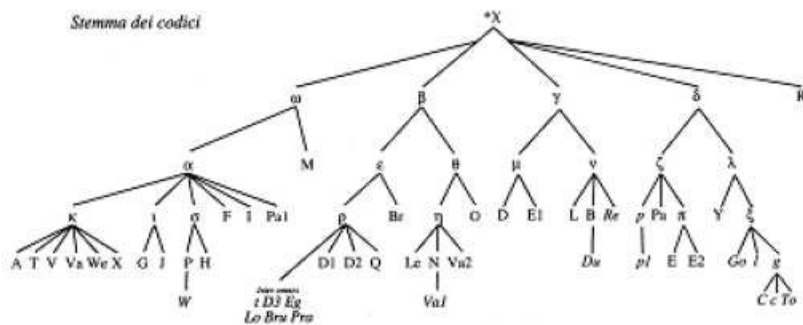


FIG. 3 – Stemma

X correspond à l’original perdu. Les majuscules latines indiquent les manuscrits existants ; les minuscules grecques représentent des manuscrits perdus, dont les textes connus

¹⁸Sturlese (1995).

ont été copiés. Les minuscules latines indiquent les premières éditions imprimées. L'édition sur laquelle est basée toute la littérature de notre texte, celle de Gasser, est symbolisée par g ; elle dépend du manuscrit ξ qui est perdu.

Parmi les manuscrits existants, R, conservé au Vatican, est le seul qui remonte directement à l'original.

Si on compare les différents manuscrits, on voit clairement que déjà les copistes médiévaux avaient des problèmes pour comprendre les réflexions de notre auteur à propos de son moteur. Au total, il y a 37 manuscrits. Dans dix-huit d'entre eux, la figure manque ; souvent, une partie de la feuille est intentionnellement laissée blanche pour y insérer la figure ultérieurement, ce qui n'a pas été fait. Lorsque la figure a été insérée dans le texte, elle est partout en contradiction avec ce texte, et de grandes différences se révèlent d'une figure à l'autre. Certaines figures sont même de la pure fantaisie, sans aucun rapport avec le texte. Pour rendre compte de cette vaste gamme d'illustrations, un échantillon choisi de 4 figures suffit :



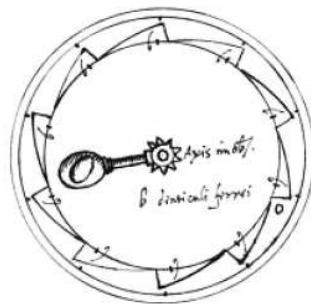
FIG. 4 –

On a peine à croire que toutes ces images se réfèrent au même texte.

Je vais maintenant discuter successivement la partie magnétique et la partie mécanique de l'appareil. Nous avons déjà constaté une contradiction avec le texte dans la figure donnée par Gasser : selon le texte, l'aimant doit être incliné par rapport au diamètre. Le plus souvent,

cette directive de l'auteur n'a pas été réalisée sur la figure. Dans la plupart des manuscrits, soit l'axe de l'aimant n'est pas reconnaissable, soit il a la même direction que le diamètre.

Il n'y a que deux manuscrits où l'aimant est dessiné correctement :



Wien, Cod. 6256

[Pigafetta]



Erfurt, CA 4° 351

FIG. 5 –

La figure droite (le manuscrit d'Erfurt) est cependant le produit d'une fantaisie pure et simple quant à la partie mécanique : la petite bille tourne librement entre l'aimant et les clous de fer, et on ne voit pas ce qui la retient sur son orbite. Dans la figure de gauche, l'aimant est également dessiné correctement. Il y est visiblement incliné par rapport à l'axe, et l'arrangement des clous et de la bille ressemble fort à celui dans la figure de Gasser. Cette figure se trouve dans un manuscrit du 16e siècle, dont le texte est une traduction italienne fait par un certain Filippo Pigafetta. Ce manuscrit correspond à la lettre **p** du stemma. Le texte latin qui est à l'origine de cette traduction est le manuscrit ζ, qui est perdu. La deuxième copie de ce manuscrit perdu (Pa) est conservée à la Bibliothèque Nationale de France, mais elle est malheureusement défectueuse, et c'est justement la description du mouvement perpétuel qui manque. Dans les copies indirectes, E et E2, les figures manquent complètement. Nous ne pouvons donc savoir avec certitude si la représentation correcte de l'aimant est due à l'attention du traducteur Pigafetta, ou si elle remonte à une tradition dans laquelle la figure a été transmise correctement.

Ce manuscrit de Leipzig (Fig.6) constitue une curiosité particulière à propos de l'aimant. Le copiste y a interprété les mots *non diametraliter* comme une position excentrique du point où l'axe est fixé :

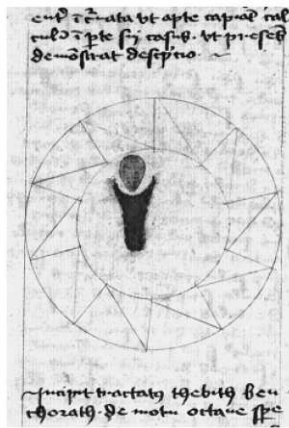


FIG. 6 –

Le texte de Pierre de Maricourt est le premier document connu qui exprime la conviction qu’il est possible de transformer la force magnétique en mouvement. Pour réaliser cette idée dans la pratique, il faut, selon ses partisans, trouver un arrangement qui consiste en un aimant et plusieurs objets de fer qui sont alternativement attirés et repoussés. Depuis le Moyen-Âge jusqu’à la fin du 18^e siècle, cette idée a inspiré un grand nombre d’inventeurs, dont le plus connu est Athanasius Kircher qui, 400 ans après Pierre de Maricourt, propose cette variante de la même machine :

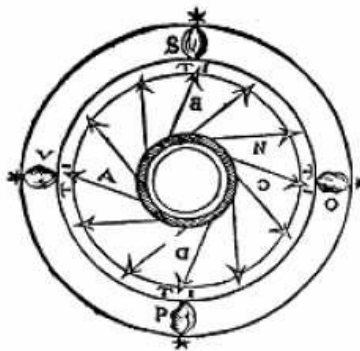


FIG. 7 – Athanasius Kircher, *Magnes, sive de arte magnetica*, 2^e édition, Cologne, 1643.

Pour augmenter l’efficacité du moteur, ce constructeur utilise quatre aimants au lieu d’un seul, et on voit très bien les petits clous, ou les dent de fer « fixés au bord de la roue, et inclinés » selon l’instruction de Pierre de Maricourt. Depuis la découverte du principe de la conservation de l’énergie, nous savons qu’une telle machine ne fonctionnera jamais, mais avant 1800, ce n’était pas du tout évident.

Passons maintenant à la partie mécanique de notre moteur. Concernant la tentative pour augmenter l’élan de la roue par un objet qui tombe, le texte nous apprend seulement qu’une bille d’argent ou de bronze (*calculus*) est soulevée d’un côté de la roue par les dents de fer, et

qu'en retombant de l'autre côté, elle accélère le mouvement de la roue par son poids. Il n'y a pas d'explications plus détaillées, et dans la figure la plus répandue - celle de Gasser - on ne comprend pas clairement comment la bille peut exercer un effet accélérateur sur la roue.

Dans cette figure, la bille touche toujours la paroi de la boîte - à gauche et à droite, donc en montant et en descendant. Ceci équivaut à un poids qui tourne sur la périphérie d'un cercle vertical de rayon fixe. Même au Moyen-Âge, personne ne soupçonnait qu'une simple roue à laquelle on a attaché un corps pesant, constitue un mouvement perpétuel.

Les premiers, et les seuls, qui ont vu ce problème et remarqué que, concernant la partie mécanique, il y a une contradiction manifeste entre le texte et la figure de Gasser, sont Patricia Radelet et David Speiser¹⁹. Mais la reconstruction qu'ils proposent n'est pas plus convaincante que celle qu'ils rejettent.

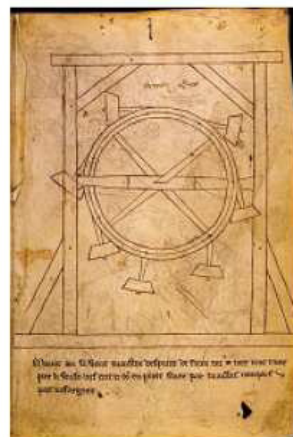
Pour saisir l'intention de notre inventeur, il faut jeter un coup d'œil sur des inventions analogues de ce temps - des inventions où un mouvement de rotation permanent est produit par le déplacement d'un corps pesant.

Une invention qui se prête à la comparaison avec le mouvement perpétuel mécanique de Pierre de Maricourt est le mouvement perpétuel de Villard de Honnecourt, un compatriote picard de notre auteur. Selon certains, les deux hommes se seraient même connus personnellement.

Dans le carnet de croquis de Villard de Honnecourt se trouve cette figure :²⁰

Maint jor se sunt maistre desputé
de faire tomer une ruée par li
seule. ves ent ci com en puet faire
par mailles non pers ou par vif
argent.

Maint jour se sont maîtres
disputés de faire tourner une roue
par elle seule. Voici comme [on]
en peut faire par [des] maillets non
pairs ou par vif-argent.



Villard de Honnecourt (13. Jh.)

FIG. 8 –

A gauche de la figure, j'ai ajouté le texte original en ancien français et en français moderne.

Selon les idées de Villard, ce moteur fonctionne ainsi : les sept maillets sont attachés à la roue de sorte qu'il y en a toujours quatre à gauche et trois à droite. Il en résulte une différence de poids qui fait que la roue tourne en sens inverse des aiguilles d'une montre. A première vue, ceci a peu de choses en commun avec la construction de Pierre de Maricourt, dans

¹⁹Cf. note 4.

²⁰Hahnloser (1972), fig. 9.

laquelle il n'y a qu'un seul poids mobile. Le rapport avec la machine de Pierre de Maricourt est indiqué à la fin de ce texte, où Villard prétend qu'on peut construire une machine qui ressemble à celle-ci « par vif-argent », donc avec du mercure.

Cette allusion plutôt énigmatique pour un lecteur moderne se réfère à des constructions d'origine arabe dont la connaissance est parvenue jusqu'en Europe au 13^e siècle. Voici deux de ces appareils ; les manuscrits datent environ de l'an mille.²¹

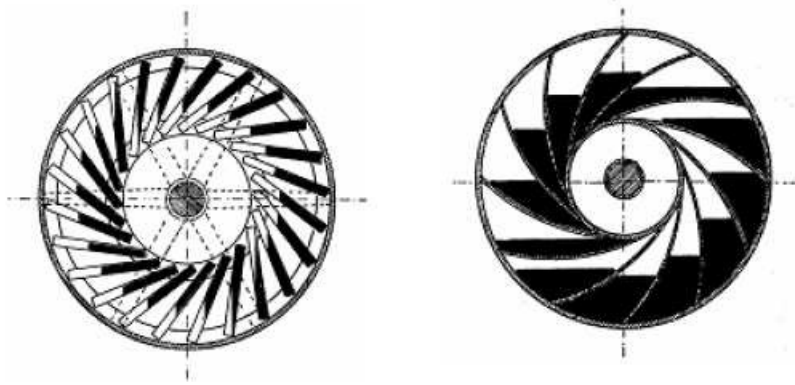


FIG. 9 – Le mouvement perpétuel à base de mercure (vers 1000)

Le fonctionnement est évident : comme le mercure se déplace à l'extérieur, du côté droit de la roue, le moment de force y est plus grand qu'à gauche, ce qui fait tourner la roue.

Déjà les ingénieurs arabes avaient eu l'idée de construire une roue avec un moment de force inégal à gauche et à droite en remplaçant le mercure par des leviers de longueur variable :

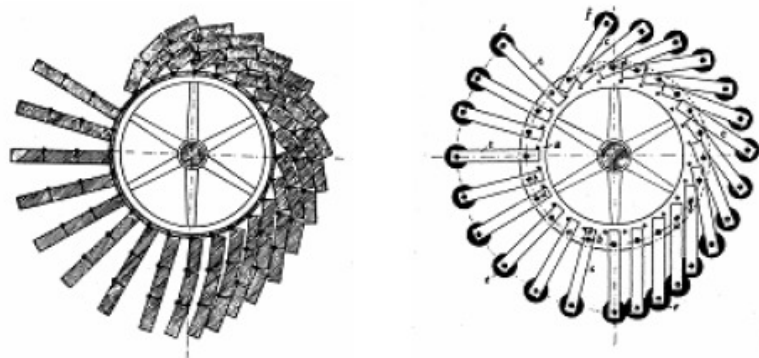


FIG. 10 – Deux machines à mouvement perpétuel d'origine arabe avec des leviers mécaniques

Ce type de mouvement perpétuel a également été copié par des ingénieurs européens du moyen-âge, comme on voit dans ce manuscrit anonyme et inédit du 15^e siècle.²²

²¹Cf. Schmeller (1922).

²²Je remercie Monsieur Dietrich Lohrmann (Aix-la-Chapelle) de m'avoir signalé l'existence de ce manuscrit dont il prépare une édition critique, et d'avoir mis à ma disposition ces deux illustrations.



FIG. 11 – Les constructions de l'*Anonymus Werdensis* (vers 1425)

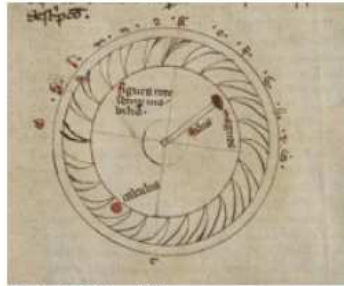
Dans la figure de gauche on reconnaît l'idée de Pierre de Maricourt d'utiliser une bille mobile, avec la différence près qu'au lieu d'une seule bille qui se déplace, il y en a plusieurs.

Les mouvements perpétuels où le moment de force est inégal à gauche et à droite nous ramènent à l'appareil de Pierre de Maricourt. Selon les idées des constructeurs médiévaux, une *rota perpetui motus*, une roue en mouvement perpétuel, propulsée par une bille qui tombe, ne peut fonctionner que si la bille se déplace de sorte que le moment de force est plus grand d'un côté de la roue que de l'autre. Cela signifie que les dents de fer doivent être disposées de sorte que la bille puisse osciller entre une position extérieure et une position intérieure ; c'est-à-dire que sa distance au centre varie. Nous comprenons aussi pourquoi la bille doit être de bronze ou d'argent, et non de fer : une bille de fer serait attirée par les dents de fer, magnétisées par l'aimant, avec lesquelles elle est en contact, et ne pourrait plus rouler à gauche ou à droite pour modifier le moment de force.

Retournons maintenant aux figures transmises dans les manuscrits. Il n'y en a que trois qui montrent clairement une bille qui peut s'éloigner et se rapprocher du centre :



Verona, 395-397 (X)



Oxford, Digby 147



Birmingham (AL) 3 D 14 (Re)

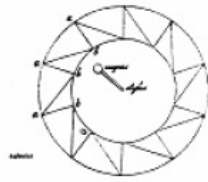
FIG. 12 –

Le manuscrit de Birmingham (à droite) est une curiosité. Il n'y a pas d'aimant ; les dents de fer sont courbées de sorte qu'une bille entre deux dents devrait osciller entre une position extérieure (à gauche) et une position intérieure (à droite). Mais la bille n'existe pas dans la figure.

Je reviens maintenant sur les nombreuses figures où les dents de fers sont représentées par des paires de lignes (une ligne longue et une ligne courte), comme nous l'avons déjà vu dans la figure de Gasser. Le même type de dents apparaît dans ces figures-ci :



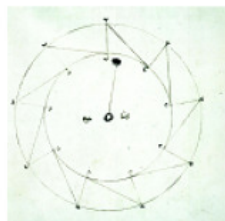
Wien, Cod. 5311



Paris, lat. 7378A



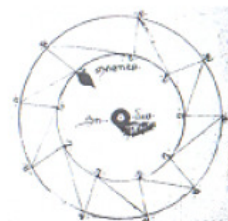
Vat. Lat. 4082



Gotha, Chart. B. 1423



Oxford, Ashmole 152



Erfurt, CA 4° 387

FIG. 13 –

Pour que toutes ces figures aient un sens, il faut supposer que seules les lignes longues ont une signification physique, c'est à dire qu'elles représentent les dents de fer. Les lignes courtes, en revanche, ne sont que des lignes auxiliaires qui ont été ajoutées par des copistes pour faciliter le dessin, et dont la signification n'a plus été comprise par les copistes de la génération suivante. Il y deux arguments en faveur de cette hypothèse : dans toutes les figures, les lignes courtes sont en direction du rayon, tandis que le texte exige clairement que les dents soient inclinées, ce qui n'est le cas que pour les lignes longues. Le deuxième argument est le mouvement perpétuel du père Kircher (fig. 7). Cet appareil est sans doute inspiré par la roue de Pierre de Maricourt, et contrairement aux copistes médiévaux, Kircher était un connaisseur du sujet qui savait que seules les lignes inclinées représentent des objets physiques.

Si on accepte cette hypothèse des lignes auxiliaires, le nombre de figures correctes augmente considérablement en ce qui concerne la partie mécanique de l'appareil, car partout où il y a des clous inclinés, la bille peut se déplacer entre deux positions dont les distances au centre sont différentes. Pour que l'aimant soit représenté correctement, il n'y a que la figure de Pigafetta et celle du manuscrit d'Erfurt qui peuvent servir de point de départ. Mais il faut rejeter la figure d'Erfurt pour une reconstruction, car la partie mécanique y est complètement absurde et fantaisiste.

Reste la figure de Pigafetta. Dans celle-ci, il faut apporter une modification minimale, selon l'hypothèse formulée plus haut : il faut considérer les lignes courtes comme des lignes auxiliaires ajoutées pour des raisons techniques par un copiste, et donc en faire abstraction. Le résultat sera une figure qui est en plein accord avec le texte ainsi que les idées des ingénieurs et inventeurs du Moyen-Âge :

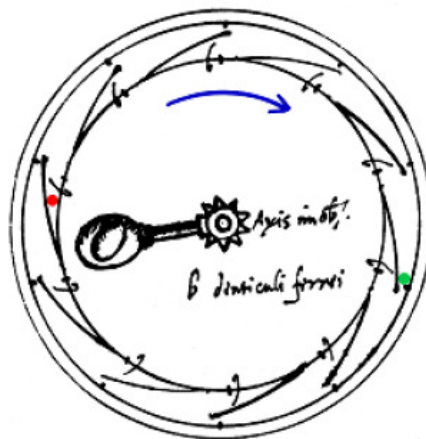


FIG. 14 – Reconstruction du moteur magnéto-mécanique de Pierre de Maricourt

Bibliographie

- Balmer (1956) Balmer, Heinz : Beiträge zur Geschichte der Erkenntnis des Erdmagnetismus. Veröffentlichungen der Schweizerischen Gesellschaft für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften XX. Sauerländer : Aarau 1956.
- Beaujouan (1999) L'historien des sciences. Entretien avec Guy Beaujouan. In : L'Actualité Poitou-Charentes, n° 43, janvier 1999.
- Grant (1974) Grant, Edward : Peter Peregrinus. In : Dictionary of Scientific Biography. Vol. X, New York : Scribner 1974, p. 537.
- Hahnloser (1972) Hahnloser, Hans R. : Villard de Honnecourt. Kritische Gesamtausgabe des Bauhüttenbuchs ms. Fr. 19093 der Pariser Nationalbibliothek. 2. Aufl., Akademische Druck- und Verlagsanstalt : Graz 1972.
- Kleinert (2003) Kleinert, Andreas : Wie funktionierte das Perpetuum mobile des Petrus Peregrinus ? In : NTM , N.S. 11 (2003), p. 155-170.
- Radelet/Speiser (1975) Radelet - de Grave, Patricia ; Speiser, David : Le De magnete de Pierre de Maricourt. Traduction et commentaire. In : Revue d'histoire des sciences, 28 (1975), p. 193-234.
- Schmeller (1922) Schmeller, Hans : Beiträge zur Geschichte der Technik in der Antike und bei den Arabern. Mencke : Erlangen 1922.
- Sturlese (1995) Sturlese, Loris, Thomson, Ron B. (éditeurs) : Petrus Peregrinus de Maricourt : Opera. Scuola Normale Superiore : Pisa 1995.