

GASSENDI A MARSEILLE,

QU'ALLAIT-IL FAIRE DANS CETTE GALÈRE ?¹

On croit savoir qu'un certain jour de l'automne 1640, Pierre Gassendi, sans doute en compagnie de Louis-Emmanuel de Valois, comte d'Alais, gouverneur de Provence et ami du philosophe, fit manœuvrer de curieuse façon une galère de l'arsenal de Marseille, sans doute entre la sortie du vieux port et le château d'If.

A. Le récit-source

Les présentations et commentaires de l'épisode de la « galère marseillaise de Gassendi » s'appuient généralement sur un texte unique. Il s'agit de la préface du *Recueil de lettres des sieurs Morin, de La Roche, De Nevre, et Gassend et suite de l'Apologie du sieur Gassend touchant la question* « de motu impresso a motore translato », recueil paru à Paris en 1650². Dans cette préface, on lit ceci, à propos de l'expérience consistant à jeter un corps pesant du haut du mât d'un navire :

« M. Gassendi ayant été toujours si curieux de chercher à justifier par les expériences la vérité des spéculations que la philosophie lui propose, et se trouvant à Marseille en l'an 1641 fit voir sur une galère qui sortit exprès en mer par l'ordre de ce prince, plus illustre par l'amour et la connaissance qu'il a des bonnes choses que par la grandeur de sa naissance, qu'une pierre laschée du plus haut du mast, tandis que la galère vogue avec toute la vitesse possible, ne tombe pas ailleurs qu'elle ne feroit si la même galère étoit arrêtée et immobile ; si bien que soit qu'elle aille ou qu'elle n'aille pas, la pierre tombe tousiours le long du mast à son pié et de mesme costé. Cette expérience foite en présence de Monseigneur le Comte d'Allais et d'un grand nombre de personnes qui y assitoient, semble tenir quelque chose du paradoxe à beaucoup qui ne l'avoient point vue ; ce qui fut cause que M. Gassendi composa un traité *De motu impresso a motore translato* que nous vismes de lui la mesme année en forme de lettre escrite à M. du Puy ».

Ce texte assez tardif fait pourtant suite à plusieurs autres dont il faut un peu démêler la chronologie :

-Selon le témoignage de Chapelain (dans une lettre du 7 décembre 1640, n. 2153, S.Taussig), on apprend que Gassendi a écrit à François Luillier juste après l'expérience qui a vraisemblablement eu lieu en octobre 1640. La lettre semble perdue et Luillier sceptique.

-Les mois suivants, en novembre et décembre, Gassendi écrit deux longues lettres à Pierre Dupuy pour lever les doutes qui subsistent³. Ces deux lettres vont constituer l'essentiel du *De Motu* qui ne sera publié qu'en 1642⁴. Ce retard générera sans doute les erreurs de

¹ Communication au congrès NASSCFL 2013 de Marseille et Aix-en-Provence, du 5 au 7 juin. Article en cours de publication dans *L'homme au risque de l'infini*, Mélanges offerts à Michel Blay, De Divertis Artibus, Brepols, nov. 2013.

² Recueil de lettres des sieurs Morin...Gassendi, Paris 1650.

³ Selon Joseph Clark les deux lettres à Dupuy sont de novembre et décembre 1640. Voir « Pierre Gassendi and the Physics of Galileo », *ISIS*, 1963, vol. 54, n°177, p. 352-370 (p. 355). Selon Allen G. Debus la lettre n°1 est datée du 20 novembre 1640, soit un mois après les essais, Voir Allen G. Debus, Pierre Gassendi and his « Scientific expedition » of 1640. *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, n°62, 1963, pp. 131-142, p. 135.

⁴ *De motu impresso a motore translato epistolae duae*, Paris, Ludovico de Heuqueville, 1642.

datation ; on pensera que « l'automne précédent » évoqué par Gassendi désigne l'automne 1641.

- On a encore une lettre de Gassendi à Valois du 1^{er} juin 1641 dans laquelle Gassendi indique qu'il prépare l'édition des lettres à Dupuy (pour le *de motu*) et en profite pour rappeler le rôle qu'avait joué le Comte dans les expérimentations⁵. Le texte de référence, de 1650 est donc assez tardif par rapport à l'événement.

Les textes mentionnés ajoutent-ils beaucoup à celui qui est le plus couramment utilisé ?

Dans les premières pages de la première lettre du *De motu*⁶, Gassendi mentionne des essais répétés, d'abord lorsque la galère est au repos, puis à une certaine vitesse, en faisant doubler celle-ci, en variant les hauteurs de la chute.

Deux points curieux méritent d'être signalés: le type de galère évoqué est une trirème et sa vitesse est formidable puisqu'elle parcourrait 4 milles en un quart d'heure⁷.

Il évoque le fait qu'on lance la boule vers le haut ou vers le bas⁸. Le résultat est constant, « la boule se trouve toujours au pied du mât » (§V de l'Elenchus) « Miraculo autem potissimum fuit » (id. p. 3).

Il y donne des informations qu'on a déjà dans la lettre à Valois du 1 juin 1641:

« ...Tu connais les expériences variées que tu as réalisées en Provence à l'automne dernier, je veux parler des objets que tu as jetés ou laissé tomber, tantôt de ton carrosse, tantôt de ton cheval, tantôt de ta très rapide galère lancée entre Marseille et le château d'If. Non content que ce soit à ton instigation que la plupart des gens aient fait ces expériences tu les as en plus toi-même précédés et, de même que tu avais remarquablement perçu le phénomène, de même as-tu donné de remarquables explications au fait que tous les mouvements des objets, que nous les lancions ou que nous les laissions tomber, se font apparemment de la même façon ; peu important que le corps dont nous nous occupons soit au repos ou qu'il se déplace. Quant à moi, j'ai tout aussitôt décrit cela à nos amis dans cette ville et parce qu'il y en eut certains dont je n'ai qu'à grand peine emporté l'adhésion, je leur ai écrit une lettre plus détaillée ; et mon exposé de la question leur a arraché de l'étonnement.

J'ai montré que ce qui aurait plutôt du les étonner, c'est qu'une pierre lancée vers le haut depuis un carrosse, un cheval ou un bateau en mouvement ne retombe pas dans la main même ou que, laissée tomber depuis le haut d'un mât, elle ne tombe pas au pied du mât. Je remanie donc maintenant selon leur désir les deux principales lettres de cette série et j'accepte volontiers qu'elles soient publiées...

J'ai cherché en vain davantage de descriptions, de témoignages...sur la date, les trajets, les conditions précises etc. Si bien que ces passages sont, à ma connaissance, les seuls à partir desquels une vaste littérature s'est développée.

Les plus connus des commentaires sont ceux d'Alexandre Koyré qui y revient dans divers textes où il reprend le récit de la préface et les compléments du *de motu impresso*.⁹

⁵ Lettre latine n° 134 108b, Taussig, 2004, vol. 1, p.196-197. Elle date du 1 juin 1641.

⁶ Le retard de publication est dû à une des épidémies de peste qui ravageait régulièrement la Provence.

⁷ Selon la mauvaise traduction de Jean Peyroux, chez Gabay (p. 4) Cette vitesse semble peu crédible. Pour les galères modernes, « la vitesse ne peut atteindre que 4 à 5 nœuds et pendant un très court laps de temps », Jean Meyer, Préface à *Les galères au musée de la marine*, René Burlet, Presses Universitaires de Paris-Sorbonne, 2001, p.11.

⁸ Ce doit être assez dur de lancer exactement vers le haut etc.

⁹ *Etudes galiléennes*, p. 305-306 ; « Gassendi le savant », in P. Gassendi, Centre intern. De Synthèse, p. 64-66 ; *Etudes d'Histoire de la pensée scientifique*, p. 327-329. Il modifie la date de l'expérience (1640) ?

Des présentations récentes y ajoutent quelques ornements. Sur un site pédagogique de l'université d'Aix-Marseille, réalisé par Gérard Serra, on apprend que

Gassendi « sponsorisé » par le Comte d'Alais, arme une galère et réalise cette expérience dans le Vieux-Port, en 1641. Tous les observateurs, sur le quai ou sur la galère, ont pu ainsi vérifier l'exactitude de la théorie de Galilée.

Yvon Georgelin et Simone Arzano, de l'Observatoire de Marseille enchérissent¹⁰ :

C'est en rade de Marseille que GASSENDI effectue la première vérification expérimentale de la loi de la chute des corps prévue par GALILEE.

C'est plutôt curieux car il ne s'agissait pas du tout de cela mais cette transposition de sujet est très fréquente (jusque dans notre titre présent).

La démonstration a un grand retentissement populaire et la vérification de ce paradoxe « aristotélicien » attire de nombreux curieux.

L'exposition Gassendi de la médiathèque de Digne donne une présentation équilibrée de cette expérience en reconnaissant notamment l'existence de tentatives antérieures.

C'est à Sylvie Taussig que l'on doit sans doute certaines des études gassendiennes récentes les plus pertinentes et utiles ; ne serait-ce que la traduction et l'édition de textes. S. Taussig fait cependant deux remarques assez curieuses. Elle évoque « l'expérience du *De Motu*, telle qu'indiquée, expliquée et recommandée par Galilée »¹¹. Où a-t-elle pris que Galilée a recommandé cette expérience? Le point est d'autant plus notable qu'il alimente un aspect essentiel des discussions : la promenade marseillaise était-elle utile ou non ?

Le commentaire qui suit est étonnant ; il paraît que l'expérience aurait pour enjeu la théorie de la gravité ? Il est pourtant clair que c'est de l'inertie et non de la gravité qu'il est question. Sans doute les deux sujets sont-ils associés via la difficile question de la composition des mouvements, mais enfin, les phénomènes sont totalement distincts et la discussion galiléenne concerne l'inertie.

B. Une expérience de pensée très ancienne

Comme on va le voir, cette promenade en mer a une très longue histoire.

1. Ce qui, en 1640, lui donne une actualité considérable et ce qui en est sans doute la cause est un long et fort important passage du *Dialogo* de Galilée¹² publié en 1633. Les interlocuteurs, Salviati, Simplicio et Sagredo débattent du mouvement des projectiles.

Simplicio : « Il y a par ailleurs l'expérience si caractéristique de la pierre qu'on lance du haut du mât du navire : quand le navire est en repos, elle tombe au pied du mât ; quand le navire est en route, elle tombe à une distance du pied égale à celle dont le navire a avancé pendant le temps de chute de la pierre ; et cela fait un bon nombre de coudées quand la course du navire est rapide » ...

Salviati : « Très bien, avez-vous jamais fait l'expérience du navire ? »

Simplicio : « Je ne l'ai pas faite, mais je crois que les auteurs qui la présentent en ont fait soigneusement l'observation ; de plus, on connaît si clairement la cause de la différence entre les deux cas qu'il n'y a pas lieu d'en douter ».

¹⁰ *Les astronomes érudits en Provence, Peiresc et Gassendi*. Et aussi, « Peiresc et Gassendi-astronomes et érudits ».

¹¹ Sylvie Taussig, *Pierre Gassendi, Introduction à la vie savante* Sylvie Taussig, Brepols, 2003, p. 127

¹² *Dialogo*, Ed. Naz. VII, p. 171, ed. Fréreau, de Gandt, Seuil, 1992, p. 164-167

Salviati : « Que les auteurs puissent la présenter sans l'avoir faite, vous en êtes vous-même un bon témoin : c'est sans l'avoir faite que vous la tenez pour certaine, vous en remettant à leur bonne foi ...sans qu'on arrive jamais à trouver quelqu'un qui l'ait faite. Que n'importe qui la fasse et il trouvera en effet que l'expérience montre le contraire de ce qui est écrit : la pierre tombe au même endroit du navire, que celui-ci soit à l'arrêt ou avance à n'importe quelle vitesse... »

« Quant à moi, sans expérience, je suis certain que l'effet sera bien celui que je vous dis car cela doit se passer nécessairement ainsi...Je suis si bon accoucheur des cerveaux que je vous forcerai à l'avouer »

Suivent alors des échanges au cours desquels Galilée argumente en faveur de l'inertie (fut-elle circulaire) et de la composition des mouvements, en conséquence de quoi la pierre a une trajectoire parabolique qui la mène au pied du mât.

2. Simplicio et Salviati mentionnent tous les deux « les auteurs » qui, selon Simplicio, « présentent soigneusement » l'expérience du navire, mais qui, selon Salviati, « ne l'ont pas faite ». J'attire l'attention sur l'accord de Simplicio et Salviati sur le point fondamental suivant ; les raisons générales qui expliquent le résultat de l'expérience sont si fortes que sa réalisation n'est qu'accessoire. Il s'agit, pour l'un comme pour l'autre, d'un débat d'idées.

Voyons pour commencer quels peuvent être « les auteurs » évoqués sans être jamais nommés.

La source essentielle serait Aristote, chez qui on trouve deux occurrences qui peuvent s'y rapporter ; dans le *De Caelo*, (II, 14, 296 a, 25) on lit que si la terre était transportée, « chacune de ses parties aurait aussi cette translation. Or, en réalité, elles sont toutes portées en ligne droite vers le centre »¹³ et une colonne plus loin (II, 14, 296 b, 18) on apprend

« Qu'ils soient aussi transportés vers le centre de la terre, un signe en est que les corps pesants transportés vers la terre ne sont pas transportés selon des trajectoires parallèles, mais en faisant des angles semblables... Il est donc manifeste que la Terre est nécessairement au centre et immobile, à la fois en raison des causes qui ont été données et parce que les projectiles pesants envoyés vers le haut en ligne droite reviennent au même point... »¹⁴

Il n'est pas question du navire mais l'enjeu est nettement défini, il s'agit de la mobilité de la terre.

Le navire fait son apparition chez Ptolémée, plus précisément dans *l'Almageste*, au livre IX, chapitre 9, §5 où l'auteur soutient en effet, qu'une flèche tirée verticalement d'un navire en mouvement, « ne choirait pas en la nef, mais bien loin de la nef »¹⁵

Averroès réactive le navire et la pierre tombant du mât.

*Si la terre était mue, il y adviendrait ce qui advient lorsqu'on projette des pierres à partir d'un navire en mouvement ; elles tombent à l'eau en divers lieux, de telle manière qu'il est arrivé de multiple fois qu'elle tombe au-delà, ou près du navire selon sa vitesse*¹⁶.

¹³ Traduction Dalimier-Pellegrin, GF Flammarion, p. 285

¹⁴ La note 4 (p. 442) de Pellegrin indique qu'il faut ici interpréter les *angles semblables* comme la perpendiculaire au sol.

¹⁵ Cité par Duhem, *Le Système du monde*, vol. IX, chap.XIX, p. 330

¹⁶ «si [Terra] moveretur, accideret ei hoc quod accidit proicienti lapides ex modum loco navis motae, quae cadunt in aqua in locis diversis, ita quod multotiens accidit ei ut lapis cadat super se aut prope se, cum motus navis fuerit velox». Aristotelis Omnia quae extant opera [...] cum Averrois commentariis, Venetiis, Apud Iunctas, 1562-1574, V, c. 164r. Trad. par moi.

L'argument est aussi développé dans les traités de la sphère du monde de la Renaissance, lorsqu'il s'agit de discuter du mouvement de la terre. Pour ne donner qu'un exemple, citons Alessandro Piccolomini qui nie le mouvement de la Terre en soutenant que

*Si tel était le cas, aucune des choses pesantes que l'on jetterait en l'air ne pourrait retomber à l'endroit où serait resté celui qui l'aurait jetée... ainsi advient-il à celui qui navigue sur un fleuve, une chose pesante jetée directement au dessus de sa tête, on la voit s'en aller loin derrière lui et tomber dans l'eau.*¹⁷

A la période précédant de peu le débat du *Dialogo*, nous rencontrons Christophe Clavius qui dans les *Traité sur la sphère*, utilise aussi toujours l'assimilation de la terre en mouvement à un navire¹⁸. Il s'est d'ailleurs attiré les foudres spéciales de Gassendi pour avoir écrit que

*Par la même méthode on obtiendrait qu'une pierre ou qu'une flèche jetée vers le haut avec une grande force ne retombe pas dans le même lieu comme nous voyons que cela se passe dans un navire qui se déplace très rapidement*¹⁹.

Tycho Brahé utilise aussi l'argument du navire en posant la question

*Qu'en est-il de ceux qui estiment, à propos de la flèche tirée d'un navire vers le haut, que, si cela est fait dans les flancs du navire, elle tombera au même endroit, que le navire se meuve ou soit au repos ? Ils jugent inconsidérément car la chose se passe bien autrement. En effet, plus rapide est le navire, plus on constate de différence. Il en va de même pour le circuit terrestre*²⁰.

Il est assez piquant de trouver des lignes de Galilée allant contre sa propre position. Elles datent de la période padouane où, pour des raisons liées à l'enseignement, il exposait le système géocentrique et expliquait dans un *Trattato della sfera ovvero Cosmografia* qu'un « boulet tombant du haut d'un navire en mouvement, ne tomberait pas à son pied, mais vers la poupe »²¹

Galilée pourrait cependant appeler à la barre des auteurs antérieurs ayant utilisé l'argument dans un sens qui lui serait favorable, parmi lesquels Nicole Oresme, Giordano Bruno, Thomas Digges, Nicolas Copernic, Isaac Beeckman.

Oresme, dans son *Traité du ciel et du monde*, critique la position de Ptolémée estimant que l'argument n'est « en lui-même, pas probant ».²²

Giordano Bruno, exploite longuement et pertinemment la situation navale dans le *Dîner des cendres*, publié en 1585.

¹⁷ «In tal caso non potrebbe l'uomo gittare o scagliar nell'aria alcuna cosa grave che a quel medesimo luogo dove posa colui che la gitta ritornasse a terra. Anzi, sempre toccherebbe la terra per gran pezza lontano da colui che l'avesse scagliata, come avvenir si vede a chi navigando sia portato per un fiume in una nave, il quale alcuna cosa grave gittando in alto nell'aere sopra la testa sua dirittamente, quella in lontana parte vede dietro di lui tornare a ferir l'acqua A. Piccolomini, Parte prima della filosofia naturale, Venetia, Daniel Zaneti, 1576, c. 77r. Lo stesso esempio si trova anche in A. Piccolomini, De la sfera del mondo, Venetia, Al segno del pozzo, 1552 (terza edizione), p. 16. (Référence et information fournies par Michele Camerota).

¹⁸ In sphaeram Ioannis de Sacrobosco commentarius, Roma, 1581, p. 192, Opera omnia, t. III.

¹⁹ Lettre latine n°, 134 108b, Taussig, p. 196. La source Cavienne est : In sphaeram..., p.106

²⁰ «*Quod vero quidem existimant telum e navi sursum eiectum, si intra navis latera id fieret, casurum in eundem locum mota navi quam pertingeret hac quiescente; inconsiderate haec proferunt, cum res longe aliter se habeat. Imo, quo velocior erit navis promotio, eo plus invenietur discriminis. Pariter et in circuitu Terra...*» T. Brahe, Opera Omnia, edidit I. L. E. Dreyer, Hauniae, In libraria Gylbendaliana, 1919, VI, p. 220. Michele Camerota, trad. par moi.

²¹ G. Galilei, *Opere*, Edizione Nazionale a cura di A. Favaro, Firenze, 1890-1909 [d'ora in avanti OG], vol. II, p. 224.

²² Voir Duhem, *Op. Cit.*, p. 343

Lorsque [le navire] descend le fleuve : si quelqu'un qui se trouve sur la rive, vient à jeter une pierre tout droit vers le navire, il manquera son but, et cela en proportion de la vitesse du navire. Mais que quelqu'un soit placé sur le mât de ce navire, et que celui-ci [vogue]aussi vite qu'on voudra, son jet ne sera pas faussé d'un point. De sorte que la pierre ou toute autre chose grave jetée du mât vers un point situé au pied u mât ou en quelqu'autre partie de la cale ou du corps du navire, y viendra en ligne droite. De même si quelqu'un qui se trouve dans le navire jette en ligne droite une pierre vers le sommet du mât, ou vers la hune, cette pierre reviendra en bas par la même ligne, de quelque manière que le navire se meuve, pourvu qu'il n'éprouve pas d'oscillations²³.

On mentionnera encore *Thomas Digges* qui en parle dans son *Perfit Description of the celestial Orbes* (1576) en un sens favorable à la théorie galiléenne :

*Of things ascending and descending in respect of the world, we must confess them to have a mixed motion of right & circular, albeit it seem to us right & straight, not otherwise than if in a ship under sail a man should softly let a plummet down from the top along by the mast even to the deck. This plummet, passing always by the straight mast, seemeth also to fall in a right line, but being by discourse of reason weighed, his motion is [found] mixed of right and circular.*²⁴

La position de J. Kepler est très spéciale ; elle est notamment exposée dans la grande lettre à Fabricius du 10 Novembre 1608²⁵. Il reprendra ses arguments dans le livre 1 de son *Epitome of Copernican Astronomy* de 1618. Son concept d'inertie, s'il est explicite, est presque une négation de l'inertie telle que Descartes, Galilée ou Gassendi élaborent ; elle est une résistance au mouvement. Quoiqu'il en soit, avec une théorie de l'attraction qui lui est propre, il estime pouvoir en déduire que les objections balistiques sont invalides et que la pierre tombera au pied du mât.

Ces arguments et ces mentions antérieures et véritablement *a priori*, n'ont donc pas clos la controverse au moment où Galilée argumente puissamment en faveur de l'inertie. Elle a alors le statut d'une expérience de pensée.

Comme on l'a vu, Galilée, dans le *Dialogo* estime la chose réglée et la controverse close.

C. Avant la Galère marseillaise, l'expérience n'a-t-elle vraiment pas été réalisée ?

En cherchant bien, on a quelques surprises.

Liber Fromond (Fromondus) défend l'immobilité de la terre dans son *Anti Aristarque* de 1631 et décrit les résultats de l'expérience qui aurait été réalisée par l'ingénieur français Gallé dans la mer Adriatique, avant 1628 à bord d'une Galère vénitienne avec des effets favorables à Aristote. On aurait vu le boulet retomber en arrière²⁶.

Très remarquable quoique peu exploité, un passage du *Journal d'Isaac Beeckman* de juillet 1619²⁷ est particulièrement précis.

²³ G. Bruno, *La cena de le cenerii, III, 5*. Opere Italiane, éd. Wagner, Lipsiae, 1830, p.169 sq. Largement utilisé et analysé par Koyré in *Etudes Galiléennes*, p. 170 sq. Cité aussi par M. Finnochiario, "Defending Copernicus and Galileo; critical reasoning and the ship experiment argument.", *The Review of Metaphysics*, September 1, 2010. La traduction est celle de Koyré (p. 173-174)

²⁴ T. Digges in la *Prognostication everlastinge of Right Good Effecte* suivi de *Perfit Description of Celestial Orbes*, London 1576, rééd. F. Johnson et S. Larkey, « Thomas Digges, the copernician System and the Idea of the Infinity of the Universe in 1576", *Huntington Library Bulletin*, 1935.

²⁵ Kepler, *Lettre à Fabricius*, 10 nov. 1608, *Opera*, vol. III, 462. Trad in Koyré, *Etrudes Galiléennes*, p. 196-204

²⁶ Rapporté par M.Finocchiaro, p. 45 et par M. Camerota (com. priv.)

²⁷ I. Beeckman,, *Journal (1604-1634)*, ed. par C. de Waard, La Haye, Nijhoff, 1939, I (1604-1619), p. 331

Beeckman rapporte une expérience réalisée en Hollande, au cours de laquelle un bateau est tracté du bord à l'aide de câbles. Une pierre lâchée du haut du mât tombe à son pied, que le bateau soit en mouvement ou non, que la vitesse soit simple ou double. La pierre ne perd rien de son mouvement horizontal, comme la flèche propulsée par un arc.

Franco Stelluti (1577-1646), de l'Académie *Dei Lincei* apporte lui aussi un témoignage expérimental pro-galiléen qui daterait de 1624:

Alors que je naviguais avec le Signor Galileo, à Piediluco, sur une barque de six rameurs qui avançait avec rapidité, il était assis d'un côté, moi de l'autre. Il me demanda si j'avais quelque objet pesant ; je lui répondis que j'avais la clé de ma chambre et je la lui confiais. Alors que la barque filait vite, il la lança si haut que je la crus perdue dans l'eau ; mais, bien que la barque ait parcouru huit ou dix brasses, la clé chut entre lui et moi, parce qu'alors qu'elle allait vers le haut, elle avait acquis l'autre mouvement, celui de la barque vers l'avant et elle l'avait suivie comme elle le fit²⁸.

Stelluti avance un récit supplémentaire, d'une ahurissante précision:

Il y a plus, Annibale Brancadoro da Fermo, capitaine d'un des navires du grand duc, m'a raconté avoir réalisé l'expérience. A savoir, alors que la galère avançait aussi rapidement que possible, il tira un petit mortier vers le haut ; la balle retomba dans le canon du mortier bien que la galère ait parcouru une grande distance entretemps.²⁹

Le philosophe aristotélicien Ludovico delle Colombe fait allusion au passage de la *Cena de le ceneri* de Giordano Bruno dans lequel le nolain argumentait comme Galilée. Delle Colombe réplique dans un texte manuscrit, de 1611, *Contra il moto della terra* en notant que *Cette expérience que certains disent avoir faite ne vaut rien, qui consistait à lâcher un boulet d'artillerie du haut du mât d'un navire, lequel boulet tomberait au pied du mât, même si le navire avançait³⁰.*

Comme le dit Galilée, quand elle est favorable, l'expérience devient une supposition.

La surprise majeure est celle-ci : la revendication de la réalisation de l'expérience vient de Galilée lui-même. Dans la très importante *Lettre à Ingoli* de 1624 (OG, 5, 545), Galilée affirme que, ni Ingoli, ni Tycho, ni aucun n'a vraiment fait l'expérience et il poursuit de la sorte :

Je me suis montré doublement meilleur philosophe qu'eux, car ils se sont trompés en affirmant le contraire de ce qui se passe réellement, mais à cela ils ont ajouté un mensonge en disant

«Moveatur navis non vento, ne quis in vento causam quaerat eorum quae proponemus, sed equis tracta per funem, sicut in Hollandia passim fit. Si jam ex hujus navigij summo malo lapis decidat, cadet in id punctum, in quod cecidisset navi immota existente: retinet enim lapis motum quo movebatur cum adhuc summitati mali adhaereret. Si igitur navis haec in vacuo dicto modo moveretur, necessario ex alto lapis servaret motum, etiam dum caderet, quo cum navi movebatur; moveretur igitur duplici motu: eo qui est ad perpendicularum, atque eo quo navis tota movebatur. Nunc vero cum navis in aere moveatur, movetur quidem lapis cadens motu navis, sed quia non amplius navi annectitur, ideoque is motus non renovatur dum cadit, procul dubio lapis, occurrens aeri, nonnihil perdit de motu suo horizontali, eo modo quo sagitta, ab arcu ejaculata, de motûs sui velocitate volando paulatim remittit. At lapis, de summitate mali cadens, cum cadendo tantummodo parum temporis consumit, etiam tantummodo parum de motu suo horizontali perdit, unde fit, si non exacte in punctum, perpendiculariter lapidi objectum, fere tamen et insensibili aberratione, in id cadet. Si vero intra navem lapis deorsum cadat, cadet exacte in puncto perpendiculariter lapidi opposito, quia ibi aer unâ movetur ideoque lapis horizontali suo motu aeri non occurrit».

²⁸ F. Stelluti a ignoto, 8 gennaio 1633, cfr. L. Conti, Francesco Stelluti, il copernicanesimo dei Lincei e la teoria galileiana delle maree, in C. Vinti (a cura di), Galileo e Copernico. Alle origini del pensiero scientifico moderno, Porziuncola, Assisi 1990, pp. 141-236: 231. Information fournie par Michele Camerotta. Traduit par moi.

²⁹Témoignage cite par Finocchiaro, Maurice A, "Defending Copernicus and Galileo; critical reasoning and the ship experiment argument.", *The Review of Metaphysics*, September 1, 2010.. Trad. par moi.

³⁰ OG, III, p. 259

avoir observé cet effet par l'expérience, tandis que moi, j'ai fait l'expérience et même avant cela, le simple raisonnement m'avait déjà fermement convaincu, que l'effet devait se produire comme en effet il se produit et il ne m'a pas été difficile de découvrir les raisons de leur erreur...ils ne se sont pas aperçu que ...quand le navire est en mouvement, la pierre ne part plus du repos puisqu'aussi bien le mât, que l'homme au sommet, ainsi que sa main et la pierre, se meuvent à la même vitesse que le vaisseau tout entier. Et il m'arrive encore d'avoir affaire à des esprits si obtus qu'on ne réussit pas à leur mettre dans la tête que, même si celui qui est sur le mât ne bouge pas le bras, la pierre ne part pas du repos.... »³¹

Un autre précurseur de Gassendi est Giovanni Battista Baliani, proche de Galilée ; il aurait réalisé l'expérience et en donne un compte-rendu dans une lettre à Galilée du 16 septembre 1639.

Je veux vous faire part d'une expérience que j'ai pu faire samedi dernier, à bord d'une galère. J'avais placé un matelot en haut du mât d'où il avait laissé tomber une balle de mousquet, à plusieurs reprises, alors que la galère était en mouvement rapide. Cette grande vitesse avait été acquise parce que l'équipage ramait au maximum de ses possibilités et qu'un vent modéré nous aidait considérablement. A chaque fois la balle chut au pied du mât, sans se porter en arrière le moins, ce fut à la surprise de tous les présents. Le mât faisait plus de 40 coudées (18mètres) et la galère était grande (vaisseau amiral de notre flotte). En conséquence, la balle a dû tomber en fendant l'air durant plus de trois secondes, durant lesquelles la Galère a au moins parcouru 16 coudées (plus de 7 mètres)³².

Enfin, Allen G. Debus cite une lettre de Frenicle De Bessy à son ami Mersenne datée du 7 juin 1634 à Douvres, lettre dans laquelle il expose avec force détails l'expérience complète.

Pour ce qui est de l'expérience du vaisseau...le vent s'augmentant fort, en sorte que nous ne portions que deux voiles et néanmoins le cours du vaisseau était estimé à 5 milles par heure ou environ qui font 14 pieds pour le moins en 2''. Or le mât de l'endroit où on laissait choir le boulet jusque sur le tillac, avait 45 pieds que le boulet fait en 2'' environ et choit au pied du mât à 2 pieds (ou 1 1/2) d'icelui, qui est la longueur qu'on l'avance vers la poupe, de sorte qu'il tombait de même que si le vaisseau n'eut pas bougé combien qu'il avance 14 pieds pendant la chute du boulet. L'expérience a été faite plusieurs fois et la balle est quelquefois chue un peu à côté selon le lieu où penchait le vaisseau mais jamais derrière plus de 1 1/2 pied ou 2 pieds qui est environ ce que le mât penche³³

Tout ceci est troublant. L'expérience était "dans l'air", mais en même temps sa puissance de conviction était fragile, les descriptions de son déroulement pas toujours aussi précises.

D. Que penser de la Galère marseillaise ?

On ne peut juger exactement de sa valeur expérimentale car nous n'avons pas de descriptifs des protocoles, des conditions, des mesures, des interprétations des témoins. Bref, nous ne sommes pas en présence d'une expérimentation documentée. La vitesse relatée est peu crédible.

Il faut en outre constater que la publication du *Dialogo* n'a pas stoppé la controverse. Pour ces raisons, l'expérience marseillaise pouvait sembler nécessaire. Elle était comme l'aboutissement d'un ensemble d'observations, tests, expériences qui la précèdent. On aurait tort de penser qu'elle mit fin à la controverse.

³¹ Galilée, Opere, VI, pp. 545-46. La traduction est donné par Hamou et Spranzi, *Galilée, écrits coperniciens*, Paris, Poche, 2004, p. 299.

³² En prenant des ordres de grandeurs réalistes, on peut tout-à-fait confirmer cette estimation. Quoique le temps de chute soit plutôt 2sec. que 3 sec.

³³ Correspondance Mersenne, vol.IV, 1955, p. 168-170.

On trouve ici et là, après la sortie maritime de Gassendi, des récits d'expériences et des arguments contre la thèse galiléenne.

Antonio Rocco écrit, en 1633, une virulente critique du *Dialogo*, dans lequel on peut lire :

Je ne crois pas que la pierre tombant du haut du mât sur le navire en mouvement aille directement à son pied. Si je le constatais, je rechercherais d'autres causes que la rotation de la terre ; ce pourrait être la grande vitesse de cette pierre qui ne peut être distinctement perçue par nos sens dans une si courte distance³⁴.

M. Finocchiaro mentionne encore l'expérience menée par Giovanni Coturno, professeur à l'université de Padoue, expérience qui aurait donné un résultat aristotélien : la pierre serait tombée en arrière du mât. Scipione Chiaramonti et Giovanni Barenghi publient deux livres (en 1633, et en 1638) relatant ce résultat expérimental.³⁵

Presque vingt ans plus tard, Giovanni Battista Riccioli (*CJ*) publie un *Almagestum novum* où il relate des séries d'expériences soignées faites en mai 1640, août 1645, octobre 1648, janvier 1650, de la *Torre degli agnelli* de Bologne où l'on montre que les poids ne tombent pas à la même vitesse et que ceux qui tardent arrivent avec un décalage vers l'arrière³⁶. Mais il mène là un combat perdu. Le monde savant est, à ce moment, très généralement acquis à la nouvelle théorie du mouvement inertiel.

E. Commentaires

Restent trois questions liées :

Gassendi défendait-il le principe d'inertie ?

L'expérience de Gassendi était-elle nécessaire, voire utile ?

Était-elle cruciale ? Apportait-elle une preuve ?

La première peut surprendre tant il est vrai que c'est la leçon principale qu'on en retire en général.

Les travaux récents s'opposent. Pour O. Bloch, c'est le grand mérite de Gassendi d'avoir été le premier à énoncer le mouvement inertiel des corps. A. Koyré le lui accorde presque et disant qu'il a fait mieux que Galilée sur le point précis de l'énoncé du principe. Cependant, la dominante du commentaire moderne est beaucoup plus critique. Peter A. Pav a lancé l'assaut ; il insiste sur les énoncés contradictoires de Gassendi : parfois la poursuite du mouvement se fait en ligne droite, parfois horizontale.³⁷

Carla Rita Palmerino va dans le même sens. Elle montre que Koyré est trop généreux envers Gassendi en lui faisant crédit du principe d'inertie (avec rectilinéarité). Ensuite, elle argumente longuement pour indiquer que l'inertie Gassendienne est plutôt du genre Galiléenne, voire Copernicienne.³⁸

³⁴ Antonio Rocco, *Philosophical Exercices*, Padoue, 1633. Cité par M. Finocchiaro, p.

³⁵ Finocchiaro, *ibid.*

³⁶ Koyré, *Études d'histoire...*, p. 221-222 et 308-309

³⁷ "Gassendi's statement of the Principle of Inertia", P.A. Pav, *ISIS*, 57, n°187, 1966, pp.24-34. Voir notamment p. 25. Les citations données par Pav le sont d'après la traduction anglaise de Walter Charleton, *Physiologia* de 1654.

³⁸ Carla Rita Palmerino « Une force invisible à l'œuvre » pp. 141-176, in *Gassendi et la modernité*, Brepols 2008, S. Taussig (dir.), pp. 168-173

Marco Messeri³⁹ est très net et argumente, avec Koyré et avec Pav, contre la présence de l'énoncé inertiel chez Gassendi. La doctrine atomiste de Gassendi, avec la force interne des atomes est peu compatible avec l'inertie et l'emploi, par Gassendi, du terme *Impetus* (emploi fréquent en effet), montre que le provençal n'est pas entré dans l'esprit et la physique de l'inertie.

Ce qui me semble est ceci : Gassendi est ambigu sur l'inertie rectiligne mais il est ferme (comme Galilée) sur le principe de relativité. Or, si aujourd'hui l'équivalence des deux semble bien acquise, ce n'était pas le cas alors. Il suffit de songer aux difficultés cartésiennes sur cette équivalence non établie.

A propos de la seconde question, sur l'utilité ou la nécessité de l'expérience, les opinions des philosophes et historiens des sciences sont très divergentes. Il s'agit, au fond du grand débat pour savoir si le principe d'inertie est *a priori* ou s'il est empirique.

La position la plus tranchée est celle d'Alexandre Koyré qui y est revenu à plusieurs reprises : La réalisation de l'expérience par Gassendi, loin d'être un élément de supériorité, est une preuve de son infériorité comme physicien, par rapport à Galilée. Celui-ci se montre grand, affirme Koyré, lorsqu'il affirme « qu'il n'a aucun besoin de faire cette expérience ».

*« Sans faire aucune mention de l'expérience, il conclut que le mouvement de la balle par rapport au navire ne change pas avec le mouvement de ce dernier... Il déclare avec fierté, Non et je n'ai pas besoin de la faire, et je peux affirmer sans aucune expérience qu'il en est ainsi, car il ne peut en être autrement ». La bonne physique est faite a priori. La théorie précède le fait. L'expérience est inutile parce qu'avant toute expérience nous possédons déjà la connaissance que nous cherchons ».*⁴⁰

La plus longue argumentation est dans les *Etudes galiléennes* :

*Le passage que nous venons de citer [contre la nécessité de l'expérience] nous paraît être d'une importance capitale : il commande à notre avis, toute l'interprétation de l'œuvre galiléenne. Et donc de la science en général*⁴¹.

Koyré emploie une formule frappante.

*Galilée a, de toute évidence raison : pour quiconque a compris le concept de mouvement de la physique moderne, cette expérience est parfaitement inutile. Mais pour les autres ? Pour ceux, justement, qui n'ont pas encore compris et qu'il faut amener à comprendre ? Pour ceux-là, l'expérience peut jouer un rôle décisif.*⁴²

A Galilée donc la recherche et la théorie, à Gassendi la pédagogie et la vulgarisation.

Tel est d'ailleurs le point de vue explicite de Galilée, comme on l'a vu dans la lettre à Ingoli (de 1624) déjà mentionnée.

En revanche, on trouve dans une des plus conséquentes et récentes études de ce sujet (l'expérience du bateau), un point de vue opposé. C'est celui de Maurice Finocchiaro qui argumente longuement sur l'importance épistémologique de l'expérience elle-même. Il s'avance jusqu'à écrire que

³⁹ Marco Messeri, *Causa e spiegazione. La fisica di Pierre Gassendi*, Franco Angeli, Milano, 1985, p.75-93.

⁴⁰ A. Koyré, *Etudes d'histoire de la pensée scientifique*, p. 210-211.

⁴¹ A. Koyré, *Etudes galiléennes*, p. 226, l'auteur consacre les dix pages suivantes à cette discussion.

⁴² A. Koyré, « Gassendi, le savant », in *Pierre Gassendi, Sa vie et son Œuvre*, Paris, Albin-Michel, 1955, p. 65.

*Premièrement, il est évident que Galilée jugeait important et souhaitable d'avoir une confirmation directe qu'un corps tombait au pied du mât d'un navire en mouvement, comme s'il était immobile ; et il est évident qu'il fit divers essais pour avoir une telle confirmation.*⁴³

La remarque étonnante de S. Taussig, citée au début du présent texte va dans ce sens. Je ne vois pourtant rien d'évident à ce souhait attribué à Galilée.

On pouvait déjà trouver chez John Keill, en 1746, un long développement à partir du boulet qui tombe du haut du mât, avec cette conclusion :

*Le grand nombre d'expériences qu'on a faites à ce sujet, sont rapportées par tant d'auteurs, qu'il ne doit rester aucun scrupule sur cet article*⁴⁴.

Autrement dit, sans l'expérience, des doutes pourraient subsister.

J'observe aussi que François Bernier, le héraut du gassendisme, s'il fait évidemment, grand cas de la conception inertielle du mouvement de son mentor⁴⁵, ne mentionne pas précisément l'expérience gassendienne de la galère, ce qui peut faire douter de sa nécessité, fusse pour devenir bon gassendiste.

On notera que des débats se poursuivent, mais à un autre niveau : la trajectoire est-elle une parabole (composée d'un mouvement inertiel droit et d'une chute accélérée) ou une courbe plus complexe en raison de la nature circulaire de « l'inertie ». Plusieurs auteurs disent qu'évidemment, on a « en bonne approximation, une chute au pied du mât, mais avec une petite variation indétectable empiriquement »⁴⁶.

Ce qui me semble est, qu'après tout, nous ne disposons pas d'une véritable expérience. On ne peut s'en étonner vraiment. Il faut en effet abstraire bien des conditions concrètes pour avoir des résultats précis : la résistance de l'air, l'irrégularité des mouvements du navire, la précision du geste du marin en haut du mât qui doit avoir du mal à ne pas donner quelque impulsion etc.

La troisième question, relative au caractère probant de la sortie maritime de Gassendi, est sans doute la plus intéressante. A supposer que l'expérience fut menée à bien et qu'on constate qu'en effet, la balle tombe bien au pied du mât, la théorie de l'inertie est-elle bien « prouvée » comme se plaisent à le répéter les inductivistes ? Je ne crois pas.

Pour qu'il en soit ainsi, il faudrait que l'expérience soit une expérience cruciale. Mais, cette fois encore, on trouvera qu'il n'y a décemment pas d'expérience qui le soit.

Il faudrait que l'on ait deux possibilités et deux seules : la théorie du mouvement d'Aristote (dans laquelle les mouvements violents et naturels ne se composent pas) selon laquelle si le moteur s'arrête, le mouvement s'arrête, et la théorie de l'inertie selon laquelle le mouvement rectiligne uniforme ne cesse que si une cause (une force) l'y contraint.

Alors, une expérience serait cruciale si, invalidant une des deux possibilités, elle validait nécessairement l'autre.

La situation ne se présente pas ainsi pour trois raisons :

⁴³ M. Finocchiaro, *Defending Copernicus ...*, Review of metaphysics, 1, sept. 2010

⁴⁴ J. Keill, *Institutions astronomiques*, publiées à titre posthume par Charles Le Monnier à Paris en 1746, p.18

⁴⁵ Il donne de façon détaillée les phénomènes relatifs aux trajectoires de la balle jetée du haut, ou le long du mât. Tome II, p. 231-234.

⁴⁶ Voir le livre de Koyré, *Chute des corps et mvmt de la terre*, (1955), trad. et pub. Paris, Vrin, 1973. En particulier, la discussion menée par Borelli, 1668.

1. Même faible et pleine de difficultés, il existe une théorie aristotélicienne du mouvement des projectiles. Lorsque la main d'un athlète, devant les yeux du stagirite, quittait son javelot, celui-ci poursuivait sa course. Il est donc possible d'interpréter le comportement de la balle conformément à cette théorie selon laquelle le milieu mû par le mouvement du bateau, demeure quelque temps moteur pour la balle qui continue d'avancer. Certes, elle avance moins et ne devrait pas pouvoir suivre vraiment le mât.

Notons cependant que cette « explication » rendrait compte d'une bonne part de la distance parcourue « vers l'avant » par la balle. On peut consulter sur ceci, une foule de commentaires traitant de la question *A quo moveantur projectilae* ? Par exemple les interprétations de Thomas d'Aquin⁴⁷. C'est exactement ce que dit Horatio Grassi à Mario Guidicci en 1624 :

« Il ne peut croire que la pierre chute au pied du mât, sinon que ceci est du au mouvement de l'air »⁴⁸.

2. Même forte et rationnelle, la théorie de l'inertie est abstraite et ne se comprend pleinement que dans le vide, sans résistance du milieu. Cette résistance doit rendre compte d'un retard possible de la balle. Ce que certains témoignages rapportent. C'est encore plus sensible lorsqu'on laisse tomber un objet de son carrosse lancé à bonne allure ; il ne semble pas nous accompagner.

3. Surtout, il existe une théorie intermédiaire, celle de l'*impetus*. Cette théorie, développée depuis le XIV^e siècle avait un considérable impact chez les philosophes depuis, et je dirais, surtout, dans les milieux savants du XVI^e siècle. Selon cette théorie, lorsqu'un projectile est lancé, le moteur-lanceur lui transmet un certain *impetus* qui est comme une capacité à se mouvoir dans la direction du jet. Cet *impetus* se consume et bientôt cesse. Il a cependant mû le projectile de manière sensible. Cette théorie pourrait rendre compte de l'avancée de la balle en direction du mât.

Il ne faut pas penser que cette théorie n'est qu'un autre nom de l'inertie. Comme l'a si justement écrit Koyré : la théorie de l'inertie est caractérisée par le fait qu'elle renverse la question qui était « pourquoi un projectile continue-t-il à se mouvoir quand il est séparé de son moteur ? » ; elle devient « pourquoi un projectile en mouvement s'arrête-t-il ? ». Il est bien évident que la théorie de l'*impetus* mobilise la première question et, qu'à ce titre elle n'est pas du tout une théorie de l'inertie.

On ne sera pas étonné de trouver chez Pierre Duhem les arguments pour trouver dans la théorie de l'*impetus*, une interprétation possible de la chute au pied du mât⁴⁹.

.La doctrine képlérienne est elle aussi une candidate, ni aristotélicienne, ni Galileo-cartésienne de l'inertie, or elle rend compte de la chute au pied du mât.

E. Conclusion

La galère marseillaise ne démontre donc à proprement parlé, rien. Si la théorie de l'inertie emporte l'adhésion des philosophes et des physiciens au cours de la première moitié du XVII^e siècle, c'est pour des raisons théoriques générales, c'est parce que Descartes en a produit une argumentation globale, parce que Galilée, à sa manière, l'a insérée dans de grands raisonnements rationnels et puissamment géométrisés, parce que Cavalieri, Roberval et

⁴⁷ Thomas, *Commentaria in libros Aristotelii de Caelo et Mundo*, III, lect VII.

⁴⁸ Cité par M. Finocchiaro

⁴⁹ P. Duhem, « La physique parisienne au XIV^e siècle », *Le système du monde*, t. 8, chap. X., p. 174. Les germes de cette théorie se repèrent déjà chez Hipparque, Simplicius, Chalcidius. Elle prend son essor moderne avec Jean Philoppon, Buridan, Guillaume d'Ockham, Albert de Saxe. Elle est pleinement développée au XVI^e par Dominique Soto, Léonard de Vinci, Tartaglia, Cardano.

d'autres ont « compris » autrement la nature du mouvement. C'est en raison d'un vaste changement théorique sur le mouvement des corps matériels. Ces théories ne sont pas, elles non plus, des preuves au sens logique de la preuve. Elles sont des hypothèses qui peuvent être puissantes et convaincantes pour toute sorte de raisons ; elles font partie d'un vaste débat. Vient un moment où il n'est plus raisonnable de ne pas y adhérer et, au cours de ce vaste débat, des faits, des arguments, des phénomènes pèsent de ce côté-là de la balance. Indiscutablement, la galère marseillaise constitue l'un de ces faits qui apporte sa contribution, plus modeste que certains l'ont écrit, à ce renversement d'équilibre en faveur de l'inertie. Ce n'est pas une preuve, mais ce n'est pas rien.

On n'oubliera pas d'avoir une pensée reconnaissante envers les quelques dizaines de galériens enchaînés aux bancs de rames, un jour d'octobre 1640 ; ils ont du se réjouir de mener un train d'enfer pour participer, avec Gassendi, le Comte d'Alais et leurs invités, à une belle expérience de philosophie naturelle.

Je remercie...

François de Gandt, Michele Camerota, Gerard Serra, Yvon Georgelin, Sylvie Girard, Nicolas Morales, Regis Bertrand pour les informations et conseils qu'ils m'ont donnés.