

Galilée et la chute des corps

Détails d'une expérience pédagogique menée en première L et propositions pour la future TS

par Guy BOISTEL
Lycée J. Perrin - 44400 Rezé

1. DE LA NÉCESSITÉ D'ENSEIGNER L'HISTOIRE DES SCIENCES AU LYCÉE

Enseignant ces deux dernières années les sciences physiques dans les classes de première littéraire et de sciences économiques et sociales, la nécessité de «faire des sciences autrement» s'est rapidement imposée. Cette adaptation de l'enseignement des sciences à des élèves «fâchés» avec elles le plus souvent ne doit pas se faire au détriment des exigences mais en recherchant une nouvelle dynamique de cet enseignement. Mes goûts pour l'Astronomie et pour l'Histoire des Sciences et l'évolution des idées m'ont naturellement conduit à rechercher dans ces deux voies le remède à ce désintérêt ou dégoût pour les sciences et particulièrement pour la Physique, que l'on rencontre dans ces classes.

Une approche historique dans l'enseignement des sciences permet de surcroît de s'adresser à une population d'élèves assez large, élèves venant d'horizons très divers, et de tenir compte des différences de motivation, de niveau de ces élèves.

La motivation pour ce type d'approche est aussi venue de la lecture et s'est accrue avec elle, d'articles divers [1] à [7], antérieurs ou postérieurs à la mise en œuvre de cet enseignement.

2. CHOIX DU THÈME ; DÉMARCHE ET MOYENS

2.1. Choix du thème

Le choix de la chute des corps et l'œuvre de Galilée sont des exemples de la méthode de la physique naissante (au sens moderne du terme), de l'évolution des idées et de la pensée, des rapports entre science, pensée et religion, préparant ainsi les élèves à l'enseignement de la philosophie en classe de terminale.

La démarche suivie a été fortement inspirée et motivée par un article de Danielle FAUQUE [2].

Cet article a pour objectif de livrer «clés en main» une progression détaillée de cette expérience pédagogique.

2.2. Démarche suivie

L'approche des lois de la chute des corps s'effectue en plusieurs étapes, en commençant par un survol de la vie de Galilée, qui conduit à s'interroger sur les raisons de l'acharnement de l'Église de Rome sur Galilée. Il convient donc d'examiner ce qu'était la physique pré-galiléenne, puis de revenir sur le détail de certains aspects de l'œuvre de l'illustre, en les confrontant à la physique d'Aristote revisitée par la Scolastique.

La démarche suivie est exposée et commentée ci-après. Le travail correspond à environ un trimestre ; le temps (indicatif) consacré à chaque étape de l'exposé est indiqué.

PREMIÈRE ÉTAPE

Chronologie sélective de l'histoire des sciences, de l'antiquité, IX^e avant J.-C. jusqu'au XVII^e après J.-C. (1 heure)

But : Replacer l'histoire de Galilée dans son cadre historique.

Cet exposé permet d'indiquer un certain nombre de travaux et de faits historiques primordiaux dans l'histoire des sciences, tel que la traduction des écrits grecs par les Arabes et le rôle de ces derniers dans la transmission des connaissances et de la pensée grecque en Occident [18], [22].

SECONDE ÉTAPE

La vie de Galilée (1 à 2 heures selon la formule choisie)

But : Les élèves doivent acquérir une vision assez précise du contexte historique dans lequel Galilée mena ses travaux, du contenu de ses travaux et des circonstances de ses procès.

Plusieurs moyens peuvent être utilisés pour y parvenir :

- exposé par un groupe d'élèves (le prévoir à l'avance). (Ne me semble pas très exhaustif),
- lecture d'un texte de vulgarisation, par exemple celui cité en référence [16],

– la méthode que j'ai personnellement suivie : **Écoute d'un enregistrement d'une émission de France-Inter, «Marchands d'histoires», par Claude Villers, consacrée A Galilée.** C'est excellent pour attirer l'attention des élèves, C. Villers étant un fameux conteur.

La prise de notes est complétée par une chronologie extraite de [10].

Préparation élèves : Écrire une biographie d'Aristote (en citant les sources bibliographiques consultées).

TROISIÈME ÉTAPE

Exposé (succinct) de la physique d'Aristote. La scolastique
(1 heure 30 à 2 heures)

But : Indiquer plus précisément qu'à l'étape numéro deux, les idées et la pensée de l'époque de Galilée afin de mieux percevoir par la suite les bouleversements apportés par les découvertes de Galilée en Astronomie et la révolution dans la méthode scientifique expérimentale.

Dans la physique d'Aristote les notions à aborder sont :

la composition de la matière, le mouvement (naturel ou violent), le «lieu naturel», le principe mécanique (ie, le lien entre la force motrice et la vitesse, le rôle de l'air comme milieu «moteur», la non-conception du vide), ordre et hiérarchie du Monde. On indiquera que le Monde chez Aristote est dans la logique géocentrique ; la Terre étant un élément lourd, elle repose au centre du Monde, au sein du chaos [8], [18],[22], [32], [33].

Illustration : Textes extraits des leçons de Physique d'Aristote, livre VIII, chap. IV. pp. 224-230 de l'édition [8].

La Scolastique repose sur l'interprétation théologique de la philosophie aristotélicienne : c'est la dogmatisation. Les rôles de l'Église de Rome et de Saint Thomas d'Aquin sont évoqués dans la mise en place vers 1250 d'une science présentable pour l'Église. C'est donc la seule pensée admise à l'époque de Galilée.

Cette phase est assez difficile pour les élèves : confrontation avec un vocabulaire nouveau, des expressions inusitées, conceptualisation et abstraction, oubli de son expérience personnelle si l'on veut percevoir la logique aristotélicienne.

Cet exposé à ce niveau ne peut se prêter à un développement complet et exhaustif de la pensée aristotélicienne.

CONTRÔLE - TEST n° 1***Chronologie - La Vie de Galilée (30 mn)***

Ce premier test consiste en de petites questions courtes (style QCM ou quizz), corrigées immédiatement avec les élèves, et ayant pour but de s'assurer de l'existence de repères chronologiques dans l'esprit des élèves.

QUATRIÈME ÉTAPE***Les lois de la chute des corps (1 heure 30)***

But : Exposer les lois de la chute des corps de façon moderne. Acquérir ces connaissances pour mieux suivre le cheminement de la pensée Galiléenne.

- On commence par une discussion avec les élèves

«**Pourquoi** les corps tombent-ils ?»,

«**Comment** les corps tombent-ils ?».

C'est cette dernière question qui pose le plus de problèmes.

- Puis on expose les **Lois de la chute des corps** (le «comment» ou loi des distances parcourues en fonction du temps lorsqu'un corps tombe en chute libre) :

– expériences du Tube de Newton et du fil à plomb,

– chute libre d'une bille : dispositif à électro-aimant.

Le banc chute libre **Jeulin** et l'acquisition sur micro-ordinateur permet d'obtenir rapidement des mesures exploitables, les représentations graphiques et d'obtenir les lois de proportionnalité de façon claire :

$$v = g \cdot t \quad (1)$$

$$h = 1/2 \cdot g \cdot t^2 \quad (2)$$

Il est souhaitable de passer du temps sur la loi (2) en vue de l'étape suivante et de l'étude du plan incliné, afin que cette loi (les espaces parcourus sont proportionnels au carré des temps) soit bien ancrée dans l'esprit des élèves.

CINQUIÈME ÉTAPE

La démonstration de Galilée. La chute des corps - Le principe d'inertie (1 heure 30)

But : Dégager l'argumentation de Galilée à partir d'un extrait des «Discours et Démonstrations mathématiques sur deux sciences nouvelles», sur la chute des corps.

Le support est un extrait de la première journée des «Discours sur deux sciences nouvelles», dans la partie consacrée à la chute des corps dans le vide, mettant en scène deux personnages (**joués par deux élèves**), Simplicio, représentant le dogme, et Salviati, rallié aux conceptions galiléennes (pages 238-243 extraites de [17], ou pages 61-63 de l'édition des «Discours» [35]).

On commence par un découpage et une recherche des idées abordées par Galilée, paragraphe par paragraphe, puis on résume la démarche et la forme de la démonstration de Galilée.

On indiquera le choix du corps d'expérience, l'air comme milieu non-résistant et non-moteur, la non-dépendance de la masse du corps lors de la chute, les idées introduisant le principe d'inertie (qui sera énoncé correctement sous la forme actuelle par Newton), la notion d'accélération (uniforme), et la conception (physique) du vide comme milieu limite, n'offrant aucune résistance au mouvement (voir pour compléments [14], [23]).

SIXIÈME ÉTAPE

Loi des accélérations : Le plan incliné (1 heure 30)

But : Étude de la méthode expérimentale suivie par Galilée pour établir la loi de proportionnalité entre la distance parcourue et le carré du temps mis pour la parcourir.

Le texte commenté est extrait de la référence [10], pages 43-45. (Les théorèmes et propositions de Galilée seront trouvées dans [35], pages 139-145 de cette édition).

Galilée énonce et démontre, sous une forme géométrique, le théorème de la vitesse moyenne [20], pour un corps soumis à une accélération constante (mouvement uniformément accéléré), qui a pour conséquence l'expression de la distance parcourue (l) en fonction du

carré du temps (t^2). Galilée conçoit et utilise le plan incliné pour étudier la dépendance l/t^2 ([9] - pages 16-18 et pages 61-64), (voir **annexe** pour un résumé de la démonstration).

D'autre part, il montre que le plan horizontal permet de s'affranchir de la pesanteur, et passant à la limite, conçoit le principe d'inertie (mais pour Galilée, le mouvement naturel des corps célestes est circulaire)¹.

Enfin, cette démonstration de Galilée sera confrontée avec l'exposé moderne effectué antérieurement.

CONTRÔLE - TEST n° 2

Analyse d'un texte scientifique ([35], page 144)

*Description d'une expérience de Galilée sur un plan incliné
(1 heure)*

Ce contrôle est articulé autour de deux aspects :

- aspect littéraire : lecture et compréhension d'un texte,
- aspect scientifique : le mouvement uniformément accéléré.

Les questions posées essaient de faire une part égale à chacun de ces aspects.

SEPTIÈME ÉTAPE

Retour sur la vie de Galilée ; ses travaux en astronomie

(1 heure 30 à 2 heures)

But : Compléter les études précédentes par les observations astronomiques en faveur du système de Copernic, et préparer le terrain pour le test numéro trois concernant les systèmes du Monde (travail de recherche personnel).

1. Cette phase se prêterait assez bien à la conception et à l'utilisation d'un plan incliné en classe de quatre ou cinq mètres de longueur, de réalisation toutefois délicate : problèmes de flexion, surface lisse.

Sont évoquées :

- les observations des taches solaires,
 - les observations des phases de Vénus et,
 - les observations des satellites de Jupiter,
- ces deux dernières observations étant **interprétées** comme des arguments en faveur de l'héliocentrisme.

Les raisons des deux procès sont alors réexaminées et discutées avec les élèves [16], [17], [23], [24], [25].

Des extraits de La Recherche [26], [27] permettent de revenir sur la «réhabilitation» de Galilée par l'Église, et de faire prendre conscience aux élèves que les discussions épistémologiques ne sont pas vraiment closes... [28], [29], [34].

En guise de résumé, on reprend la chronologie de la vie de Galilée et on évoque à nouveau les différents aspects du travail effectué.

CONTRÔLE - TEST n° 3

La (une ?) conception du Monde : Copernic et Galilée (Devoir à la maison)

Les questions posées dans ce devoir sont inspirées de questions courtes posées par E. NAMER, à la fin de son ouvrage [10]. Les élèves sont invités à effectuer une recherche documentaire et à effectuer une synthèse des notes de cours, autour de quatre sujets principaux :

- 1 - Le système de Copernic,
- 2 - Galilée et le monde de Copernic : attitudes après et avant 1609,
- 3 - Galilée et l'Église,
- 4 - La nouvelle image du monde : les premières observations astronomiques, effectuées à l'aide d'une lunette.

Joint avec le devoir, les élèves disposent d'un extrait de [21], les mettant sur la piste de certaines idées.

Les exigences sont au niveau de ce qui a été traité en classe. On attend surtout, un effort de synthèse des notes de cours et des documents consultés, témoin de la compréhension globale du sujet.

(On précisera qu'il n'est pas question de recopier l'intégralité d'articles, mais bien de répondre aux questions posées !).

Les critères d'évaluation sont :

- la recherche documentaire (références citées, et faits historiques cités dans les réponses),
- les capacités de synthèse (qui apparaissent dans les réponses aux questions posées).

3. BILAN DE L'EXPÉRIENCE - ÉVALUATION

Après la surprise (agréable !) d'entendre parler d'Histoire, d'évolution des idées en cours de sciences physiques, les élèves s'investissent dans le travail demandé. L'accueil est très favorable, et après consultation, ils manifestent le désir de voir cette expérience se renouveler.

Il est nécessaire de bien fixer les exigences, le niveau de connaissances et de réflexion exigible des élèves avant chaque test des méthodes et connaissances.

Ainsi, concernant Copernic et le système héliocentrique, une des questions posées dans le «devoir à la maison» est : «Peut-on qualifier de scientifique la démarche de Copernic ?» se révèle délicate à traiter. Une réponse correcte à cette question nécessite la lecture de multiples ouvrages et une réflexion sur toute la vie de Nicolas Copernic, que l'on ne peut évidemment pas demander à un élève de première !

Dans le cadre du travail effectué en classe et en fonction des ouvrages accessibles aux élèves, (encyclopédies, magazines de vulgarisation dans un CDI), la réponse consiste à se placer dans le cadre de la méthode expérimentale inaugurée et suivie par Galilée. Alors il apparaît que les motivations de Copernic sont d'abord d'ordre théologiques et philosophiques, même si par la suite, la nécessité pour Copernic, de prouver le système héliocentrique se fait sentir [12], [13] ; une réponse argumentée peut alors être soit positive, soit négative !

Il est intéressant de revenir lors de la correction sur ce point avec les élèves pour leur indiquer l'attitude de réserve et l'esprit critique dont

on doit faire preuve à la lecture d'articles de vulgarisation ; cet aspect me semble tout-à-fait essentiel.

D'autre part, l'évaluation doit revêtir un aspect multi-forme [3], afin de cerner les capacités de raisonnement, de synthèse et d'abstraction des élèves :

- contrôle «classique» de connaissances : chronologie, biographie(s),
- recherche bibliographique au CDI ou dans une bibliothèque,
- analyse de texte(s) historique(s),
- synthèse des notes de cours et de documents extérieurs au cours.

4. DÉVELOPPEMENTS POSSIBLES

Les développements de ce travail sont multiples. Parmi ceux-ci, on peut évoquer :

4.1. Les travaux sur le vide - La statique des gaz

Le concept de vide physique est explicite dans l'extrait des «Discours sur deux sciences nouvelles». On peut donc par la suite évoquer les expériences sur le vide au XVII^e par Torricelli, puis Pascal et évoquer la statique des gaz au XVIII^e (lecture V - [15]). Cette piste est prétexte à expériences multiples et à leur interprétation par les élèves dans un essai d'approche historique («La nature a horreur du vide»).

4.2. Une théorie fautive : Galilée et le phénomène des marées

Dans l'esprit d'un enseignement par l'Histoire des Sciences, l'évocation de l'explication fautive du phénomène des marées par Galilée doit permettre de rendre la science vivante, moins monolithique, en mettant l'accent sur les hésitations et les erreurs de Galilée face à ce problème ([9] pages 54-71 ; [11] - Quatrième Journée, pages 405 et 444). (Dans le même ordre d'idées : «Qui enseigne que Newton était alchimiste ? Pourtant, l'année où il publie les **Principia**, Newton consacre deux fois plus de pages à l'alchimie qu'à la physique» [1], [30], [31]).

4.3. Les mouvements des planètes

Il est intéressant d'évoquer la personnalité et les travaux de Képler et peut être plus encore sa démarche clairement exposée en [12], pour trouver les fameuses lois du mouvement des planètes, afin de rendre vivante là aussi, la naissance de l'explication du mouvement des

planètes autour du Soleil.

(On pourra noter l'indifférence de Galilée à l'égard des travaux de Képler suite à la lecture de son ouvrage trop imprégné d'astrologie) [22], [24].

On pourrait ajouter à cette liste non-exhaustive, la recherche des mises en évidence expérimentales de la rotation de la Terre [12], [13], [14], [36], à partir des conceptions galiléennes sur ce sujet. Toutefois, ce sujet me semble plus délicat à aborder, dans ses idées et ses conceptions physiques, avec les élèves de ces classes.

5. ADAPTATION ET APPROCHE DANS LE CADRE DES NOUVEAUX PROGRAMMES DE TERMINALE S.

Cette approche avait comme prétexte les lois de la chute des corps. Dans les avants-projets des nouveaux programmes de terminale scientifique figure l'analyse de textes historiques concernant l'interaction gravitationnelle.

L'étude concerne l'aspect historique de la conception du monde, de Ptolémée à Tycho Brahe, et le cheminement de la pensée, des lois empiriques de Képler à la loi de Newton.

L'approche reste la même :

- exposé des conceptions antiques du monde,
- la scolastique face à la conception copernicienne du monde,
- la méthode expérimentale de Galilée conduisant aux notions d'accélération et de mouvement uniformément accéléré, aux lois de la chute des corps et aux prémisses de la loi de l'inertie,
- les premières observations astronomiques interprétées comme des faits en faveur du système de Copernic,
- la suite de l'exposé est alors consacrée aux lois de Képler et à l'avènement de la mécanique newtonienne.

Je conseille et recommande la lecture de [5] qui indique une démarche pédagogique fort intéressante qui pourrait être adoptée dans sa forme en Terminale S, compte tenu du temps que l'on pourra consacrer à ce type d'études documentaires.

Les textes originaux pouvant être étudiés en classe peuvent être extraits de [18] ; on y trouve des textes d'auteurs allant de Platon à Einstein, extraits d'œuvres essentielles dans l'Histoire de l'Astronomie. On trouvera dans [12], [14], [24], [37], [38] des notes et démonstrations commentées des lois de Képler et des Principia de Newton.

6. CONCLUSION

En guise de conclusion, très brève, je formulerai deux vœux :

- puisse cette enrichissante expérience personnelle inciter d'autres professeurs de sciences à s'investir dans l'enseignement des sciences par l'Histoire des Sciences, comme cela a été mon cas à la lecture de [2]. L'étude de documents historiques et originaux ne doit pas apparaître comme une alternative aux cours magistraux dans le but de «ne pas embêter» les élèves, mais bien comme une véritable formation donnée à des élèves auxquels nous devons une culture générale, et qui doivent quitter le Lycée en ayant une vue claire de ce qu'est la science et de ses méthodes [4], [6], [7].
- il est à craindre que les futurs programmes de première L et ES ne laissent pas autant de place à cette liberté pédagogique ici exprimée. Toutefois, cette étude s'inscrit dans les principes directeurs des nouveaux programmes, tels qu'on peut les lire dans les documents de travail qui ont pu circuler l'année passée :
 - «... développer chez les élèves une culture scientifique,
 - acquisition de la rigueur dans l'observation, l'analyse et l'argumentation,
 - la compréhension et la construction des savoirs scientifiques, des relations réciproques entre l'évolution des sciences et celles de la société,
 - faire comprendre le concept de «loi physique»,
 - etc.».

Que l'on permette donc aux pédagogues de poursuivre dans ces classes, ces expériences d'enseignement basées sur l'histoire des sciences, comme le conseillait M. H. GIÉ [4].

Note : Je suis à la disposition des intéressés pour fournir les documents de travail-élèves (participation aux frais d'envoi).

REMERCIEMENTS

Mes remerciements à MM. Michel LEMOINE (IUFM des Pays de Loire) et Loïc BARBO (classes préparatoires - Lycée Livet - 44000 NANTES et titulaire d'un DEA d'Histoire des Sciences et des Techniques, Université de Nantes) pour avoir lu cet article et donné leur avis sur le fond.

REMARQUES SUR LA BIBLIOGRAPHIE

- 1 - Bibliographie de base pour le professeur : 1 à 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 22, 23, 27 à 31, 38, 35 (n'est plus édité).
- 2 - Bibliographie accessible aux élèves : 9, (12), 15, 21 et recommandé le 16.
- 3 - Bibliographie complémentaire : 12, 14, 23, 24, 25, 33, 34, 36, 37.

BIBLIOGRAPHIE (non-exhaustive)*Enseignement par L'Histoire des Sciences*

- [1] J.-C. COMPAIN : «*Histoire des Sciences Physiques : Des Révolutions oubliées*» - 1990, BUP n° 725, pages 747-768.
- [2] D. FAUQUE : «*Histoire des Sciences et enseignement de la physique : Expérience d'enseignement des sciences par l'Histoire des Sciences en classe de première A*» - 1982, Cuide n° 21, pages 32-65.
- [3] D. FAUQUE : «*L'enseignement de l'Histoire des Sciences dans les classes du secondaire*» - 1989, B.U.P. n°12, pages 417-426.
- [4] H. GIÉ : «*Enseignement scientifique et histoire de la physique*» (Transcription d'une conférence du 21 novembre 1988 au centre scientifique d'Orsay), 1989, Cahiers Clairaut 46, pages 2-5.
- [5] E. LINDEMANN : «*Introduction à la mécanique par l'astronomie et son histoire*», 1993, Cahiers Clairaut 62, pages 2-9. Le même article figure dans : B.U.P. n° 753, 1993, pages 523-534.
- [6] «*A propos d'Histoire des Sciences*» (entretien avec Bernard VIDAL), B.U.P. n° 686, 1986, pages 1181-1185.
- [7] B. WOLFF : «*Sciences Physiques telles qu'on les enseigne... et telles qu'elles se font : un divorce nécessaire ?*», 1991, B.U.P. n° 732, pages 425-464.

Textes et Documents - Réflexion

- [8] ARISTOTE : «*Leçons de Physique*», Collection Agora - Les Classiques, Éditions Presses-Pocket, 1990.
- [9] «*Galilée : Naissance de la Physique*», Cahiers de Science et Vie, n° 2, avril 1991, pages 16-18 et 61-64.
- [10] G. GALILÉE : «*Sidereus Nuncius*», (Le messager céleste), Texte traduit et commenté par Émile NAMER, Éditions Gauthier-Villars, 1964.
- [11] G. GALILÉE : «*Dialogue sur les deux grands systèmes du Monde*» Traduit par R. FREREUX et F. DE GANDT, Éditions du Seuil, 1992

- [12] J. GAPAILLARD : «*Et Pourtant, Elle Tourne !*», Science Ouverte, Éditions du Seuil, 1993.
- [13] J. GAPAILLARD : «*Et Pourtant, Elle Tourne ! (Mais Est-ce si sûr ?)*», Séminaire de Mathématiques, Conférence du 5 octobre 1988, IREM - Université de Nantes, 1988.
- [14] A. KOYRE : «*Chute des Corps et Mouvement de la Terre (de Képler à Newton)*», Éditions J. Vrin, 1973.
- [15] R. MASSAIN : «*Physique et Physiciens*», Lectures I, V, XXV, Éditions Magnard.
- [16] J.-P. MAURY : «*Galilée, le messager des étoiles*», Découvertes Gallimard/Sciences, n° 10, 1993.
- [17] E. NAMER : «*L'Affaire Galilée*», Collection Archives, Éditions Gallimard, 1975.
- [18] J. ROSMORDUC : «*Histoire de la Physique*», tome 1, Petite Collection d'Histoire des Sciences. Technique et Documentation - Lavoisier, 1987.
- [19] J.-P. VERDET : «*Astronomie et Astrophysique*» Collection Textes essentiels, Éditions Larousse, 1993.
- [20] D. WÈHRLING : 1993 : «*Les débuts de la Gravitation Universelle*». Les Cahiers de la S.A.N., n° 7 (Publication de la Société d'Astronomie de Nantes).
- [21] J. LACROUX : «*Les 7 axiomes de Copernic qui ébranlèrent le Monde*», Ciel et Espace, Novembre 1991.
- [22] J.-P. VERDET : «*Une histoire de l'astronomie*» Coll. Points Sciences, Éditions du Seuil, 1990.
- [23] L. GEYMONAT : «*Galilée*» Coll. Points Sciences, Seuil réédition, 1992.
- [24] B. JARROSSON : «*Invitation à la philosophie des sciences*» Collection Points Sciences, Éditions du Seuil, 1992, (voir pp. 72-76).
- [25] P. DUHEM : «*Sur la notion de théorie physique*», Éditions J. VRIN, 1983 (voir chapitre VII, pages 109-140).
- [26] E. FESTA : «*Que faut-il penser du cas Galilée ?*», 1993, La Recherche, n° 255, pages 758-759.
- [27] La Recherche, n° 260, page 1410.
Rubrique courrier des lecteurs : «*Que faut-il penser du cas Galilée ?*»
Réponse de E. FESTA à une lettre de François RUSSO S.J.
- [28] P. POUPARD : (dir), «*G. Galilei, 350 ans d'histoire*» Desclée International, 1983.

- [29] E. FESTA : «*La querelle de l'atomisme : Galilée, Cavalieri et les jésuites*», 1990, La Recherche, n° 224, pages 1038-1047.
- [30] P. THUILLIER : «*Petit vade-mecum de l'alchimiste du XX^e*», 1972, La Recherche n° 29, pages 1105-1108
- [31] P. THUILLIER : «*Newton, un alchimiste pas comme les autres*», 1989, La Recherche n° 212, pages 876-887.
- [32] J. BRUN : «*Aristote et le Lycée*», Collection «Que Sais-Je ?», n° 928, PUF, 1992.
- [33] A. CRESSON : «*Saint Thomas d'Aquin*», Collection Philosophes, PUF, 1942 (!).
- [34] P. REDONDI : «*Galilée Hérétique*», Éditions Gallimard, 1985.
- [35] G. GALILÉE : «*Discours et démonstrations mathématiques concernant deux sciences nouvelles*». Intr. Trad. et notes par M. Clavelin. Collection Philosophies pour l'âge de la science. Éditions A. Colin, 1970.
- [36] P. ACLOQUE : «*Histoire des expériences pour la mise en évidence du mouvement de la terre*». Cahiers d'histoire et de philosophie des sciences n° 4, 1982, Diffusion Belin.
- [37] E. SEGRE : «*Les physiciens classiques et leurs découvertes (de la chute des corps aux ondes hertziennes)*», Collection le temps des sciences, Éditions A. Fayard, 1987 (voir chapitres I et II, et appendices 1 à 3).
- [38] G. WALUSINSKI, et al., C.L.E.A., Formation continue des maîtres en astronomie ; fascicule VIII : «*Moments et problèmes dans l'histoire de l'astronomie*».

PUBLICATIONS

- Les «Cahiers Clairaut» sont disponibles auprès de (abonnement ou 35 F. le numéro) : Comité de Liaison Enseignants-Astronomes (CLEA) Gilbert Walusinski - 26 Bérengère - 92210 SAINT-CLOUD.

- Les «Cahiers de la S.A.N.» sont disponibles auprès de (10 à 20 F.) : Société d'Astronomie de Nantes - 35, boulevard Louis Millet - 44300 NANTES.

Quelques numéros intéressants et concernant le sujet :

- n° 2 - Christian SCOTTA : Principes Mathématiques de la Philosophie Naturelle (traduction partielle du texte en Latin des Principia de NEWTON),
- n° 16 - Louis CAMPION : Le Système de PTOLÉMÉE.

Annexe

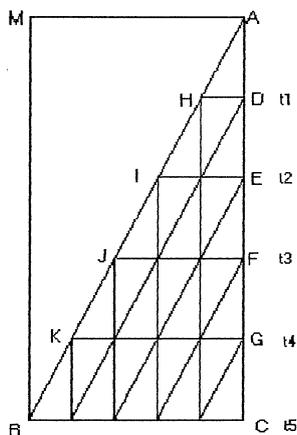
Le mouvement uniformément accéléré

De la référence [35] (pages 139-141) on extrait les deux théorèmes suivants qui font l'objet d'une démonstration :

- **théorème I** (page 139) : «le temps pendant lequel un espace quelconque est franchi par un mobile partant du repos, avec un mouvement uniformément accéléré, est égal au temps pendant lequel le même espace serait franchi par le même mobile avec un mouvement uniforme, dont le degré de vitesse serait la moitié du plus grand et dernier degré de vitesse atteint au cours du mouvement uniformément accéléré»,
- puis **théorème II** (page 140) : «si un mobile, partant du repos, tombe avec un mouvement uniformément accéléré, les espaces parcourus en des temps quelconques par ce même mobile sont entre eux en raison double des temps, c'est-à-dire, comme les carrés de ces mêmes temps».

La démonstration est résumée ci-après.

Pour Galilée, la vitesse est une grandeur «intensive» qui s'accroît par additions successives de «degrés» ; ces «degrés» sont représentés par des segments perpendiculaires à l'axe des temps (AC), (voir figure).



Le mouvement naturel accéléré.

Si le mouvement d'un mobile était rectiligne uniforme, avec un «degré» de vitesse égal à BC, tous les «degrés» de vitesse seraient contenus dans le parallélogramme AMBC. L'aire totale représentant la distance parcourue par le mobile. Pour un mobile en chute libre, à partir du repos (point A) et jusqu'au «degré» de vitesse maximal BC, la longueur des segments HD, IE,...,KG, croît linéairement avec le temps. Or, si l'on découpe en parties égales le temps mis pour parcourir l'espace, on peut diviser l'aire de la figure en triangles de surfaces égales. En additionnant ces aires et en prenant pour unité l'aire AHD, on peut remarquer que les aires HDEI, IEFJ, JFGK, KGCB progressent comme les nombres impairs successifs 1, 3, 5, 7.

Ces aires étant proportionnelles à la distance parcourue par le mobile, si l'on compte les triangles, on voit qu'au temps t_1 , le déplacement d est égal à 1, à t_2 , $d = 4$, à t_3 , $d = 9$, à t_4 , $d = 16$, etc.

Ce simple calcul de proportions montre que le mouvement est tel que les **distances parcourues** sont égales au **carré des temps** mis pour les parcourir.

S'ensuit, à la demande du Signor Simplicio, la description d'une expérience effective, qui fait l'objet du contrôle n° 2.

Et comme Simplicio, peut-on affirmer : «j'aurais vraiment aimé assister à ces expériences...».