

## Les miroirs ardents d'Archimède ont-ils été une arme plausible lors du siège de Syracuse en -215 avant J.C ?



### I- Les miroirs Ardents sont-ils une arme possible ?

*Au sens physique (controverse, faisabilité, peuvent-ils être utilisés comme une arme de guerre ?)*

### II- Les miroirs Ardents sont-ils une arme plausible dans le contexte de Syracuse ?

*Au sens historique, conditions, heure, pluie etc. Ont-ils pu être utilisés comme arme dans ce contexte ?*

### III- Origine de l'information

*Enquête sur la naissance du mythe des miroirs ardents comme arme destructrice.*

Fondée sur l'île d'Ortygie (actuelle Sicile) au VIII<sup>e</sup> siècle av. J.-C, par les colons grecs, Syracuse est une ville emblématique de l'époque romaine. D'après Tite-Live, dans Histoire romaine, le siège de Syracuse s'est déroulé en 215 av. J.C, durant la Deuxième guerre punique, qui opposait Rome à Carthage. Lors de l'attaque, les récits d'Anthémius de Tralles, Lucien, Galien, Eustathe, Tzestzès et Zonare, veulent que, pour défendre sa ville natale Syracuse, Archimède utilise des miroirs géants concaves permettant de concentrer les rayons du soleil afin d'incendier la flotte romaine<sup>1</sup>. Ce fait est sujet à de nombreuses controverses scientifiques.

Nous regarderons dans un premier temps si cette arme est possible au sens physique puis nous adapterons cette possibilité au contexte de Syracuse pour valider ou non la véracité de cette histoire. Nous compléterons notre exposé par un bref historique pour essayer de déterminer l'origine de ce fait.

Au cours de cette partie, nous allons montrer physiquement et par des expériences si les miroirs ardents d'Archimède ont pu être une arme possible<sup>2</sup>. L'air est un milieu isotrope c'est à dire que la lumière se propage en ligne droite et que les propriétés du milieu sont les mêmes dans toutes les directions. Les miroirs utilisés sont des paraboles concaves. Le fait d'être parabolique les rend rigoureusement sigmatique c'est à dire que n'importe quel rayon arrivant parallèle à l'axe (droite perpendiculaire à la directrice passant par le foyer) de la parabole sera réfléchi et passera par le Foyer (se situant à mi-chemin entre le sommet du miroir et son centre de courbure). On oriente donc l'axe de la parabole en direction du soleil pour faire en sorte que la totalité des rayons du soleil arrive parallèlement à l'axe de celle-ci. On note que le soleil est une source, dont les rayons sont parallèles entre eux.

Les miroirs paraboliques sont les seuls à avoir la caractéristique d'un point focal unique quand tous les rayons arrivants sur le miroir sont parallèles à son axe. Ainsi la perte d'intensité d'un miroir parabolique sera moindre par rapport à un autre type de miroir où le point focal serait de base dispersé ou absent. Par conséquent, si un miroir veut embrasser un navire, son axe de symétrie doit être orienté vers le soleil et le navire doit être lui aussi être situé sur cet axe, au niveau du point focal. Si l'on place le plan du miroir perpendiculairement au plan de l'équateur alors son axe de symétrie sera orienté vers le centre du soleil et il suffit d'ajuster le miroir en fonction de la trajectoire du soleil dans le ciel pour concentrer avec un maximum d'intensité les rayons sur un objet.

À moins que le miroir soit au niveau de la mer, que le centre du soleil et le navire soient dans le même axe de symétrie, le flux d'énergie au niveau du point focal ne sera pas maximal. On sait qu'Archimède a utilisé le miroir sur le mur de Syracuse (exposition est) donc, les conditions idéales ne sont pas respectées. Pour cela, le soleil devrait être au niveau de la mer, en début de matinée, ce qui correspond à une intensité lumineuse plus faible que lorsque le soleil est à son zénith (dû à l'angle d'incidence des rayons arrivants sur l'atmosphère qui est plus faible). Expérimentalement, le flux solaire ne sera jamais maximal.

La distance entre le foyer et le miroir est appelée longueur focale. Elle est égale à la moitié du rayon de courbure (ce dernier est la distance entre son centre de courbure et tout point de sa surface) du miroir  $f = R/2$ . Ainsi, plus un miroir parabolique est peu courbé, plus son rayon de courbure est grand donc plus sa distance focale est grande. Le miroir peut avoir n'importe quel diamètre, c'est sa courbure qui changera. Il y a plusieurs possibilités pour obtenir une distance focale de 50m : on peut créer des miroirs de différents diamètres en jouant avec la courbure de ces derniers. De plus, la surface de réflexion a un rôle majeur. En effet, plus la surface totale est grande, plus le flux d'énergie réfléchi sera important. Archimède avait donc intérêt à avoir un miroir immense, mais dont la

---

<sup>1</sup> F. Peyrard, 1807

<sup>2</sup> « Optique Instrumentale », polycopié de cours - TD- TP PHY116, 2015 ; Zanier, 2015 ; Monge &c. 1793 ; 1816 ; F. Peyrard, 1807

construction et le maniement étaient quasiment impossibles. Ou l'on pourrait disposer côte à côte plusieurs miroirs de taille astucieuse ayant la même distance focale. Une surface de réflexion importante peut donc être obtenue de manière simple, nécessitant néanmoins une forte main d'œuvre pour orienter et tenir chaque miroir.

Les rayons incidents qui ne sont pas parallèles à l'axe de symétrie ne seront pas réfléchis au point Focal du miroir, on parle alors de point focal étalé ou dispersé et l'intensité lumineuse y sera moins importante. On note aussi que les bateaux romains étaient construits en bois de pin noir (pour sa particularité d'être imputrescible) pour le gros de la structure et en chêne pour la quille du bateau. Le cordage et les voiles sont faits de papyrus et de lin. L'étanchéité de la structure est assurée par de la poix. Nous constatons donc que les navires sont faits de matériaux qui brûlent facilement.

Plusieurs expériences ont été menées dont celle du miroir circulaire de Buffon en 1747<sup>3</sup>. C'est un miroir constitué de 168 petites glaces qu'il expérimente sur divers matériaux. Ce miroir expérimental, qui est composé de glaces planes mesurant six pouces sur huit (environ 16 cm sur 21,5 cm). Le foyer étant à 20 pieds de distance, avec 45 glaces, il réussit à faire fondre un gros flacon d'étain qui pesait environ six livres ; et avec 117 glaces, fondre des morceaux d'argent mince et rougir une plaque de tôle.

L'expérience du scientifique Grec I.Sakkas qui, en 1973, a obtenu en utilisant des miroirs métalliques patinés d'une mince couche de bronze polis dont les dimensions étaient proches de celles d'un bouclier grec standard (1.70m sur 0.70m), l'embrasement en deux minutes de son modèle réduit de galère de 3,60 mètres de long sur une distance de 50 mètres<sup>4</sup>.

En octobre 2005, des étudiants du MIT ont réussi à enflammer une reconstitution de bateau romain à 30 mètres de distance en 10 minutes. Les conditions expérimentales sont les suivantes : utilisation de miroirs ordinaires (et non en bronze), bois sec hors de l'eau et cible immobile<sup>5</sup>.

En 2009, la "power tower" est une tour d'énergie qui a été construite par le département américain de l'énergie, en Californie. Le principe repose sur un ensemble de miroirs (environ 2000) reflétant les rayons solaires et les concentrant sur une tour au centre d'un champ. L'énergie produite par cette installation est de 10 mégawatts. Le sommet de la tour atteint des températures de plus de 540°C, correspondant à la combustion de la majorité des bois<sup>6</sup>.

Au vu de ces expériences, le fait historique semble physiquement possible en effet, la focalisation des rayons lumineux par des miroirs paraboliques permet d'atteindre une température suffisante pour brûler le bois. Ce même principe est utilisé dans les fours solaires actuels qui permettent d'atteindre des températures élevées. Ainsi, même si le flux solaire n'est jamais maximal, il est suffisant à la réalisation des faits étudiés. Cependant, les expériences menées ont nécessité des conditions particulières qui ne sont pas strictement proches de celles de Syracus.

Ce développement-ci aura pour but de placer cette arme dans le contexte de la bataille de Syracuse et ainsi d'essayer de conclure quant à sa plausibilité<sup>7</sup>. Si Archimède a utilisé un seul miroir, la surface totale de ce dernier (par rapport au moyen de l'époque) est trop faible pour embrasser un navire romain. Il lui aurait donc fallu plusieurs dizaines de personnes comme des soldats, car il aurait utilisé les boucliers de ces derniers comme miroirs comme racontés par certains auteurs. Mais le succès d'une telle arme repose alors sur la rapidité. En effet, dans un premier temps, la Terre tourne

---

<sup>3</sup> Buffon, 1747

<sup>4</sup> Histoire Du Monde .net, 2007

<sup>5</sup> Histoire Du Monde .net, 2007

<sup>6</sup> Lee Krystek, 2011

<sup>7</sup> « Optique Instrumentale », photocopié de cours - TD- TP PHY116, 2015 ; Zanier, 2015 ; Monge &tc. 1793 ; 1816 ; F. Peyrard, 1807

autour du Soleil, ainsi il faut adapter la direction et l'inclinaison des miroirs pour essayer de maintenir au maximum l'axe de ces derniers au centre du Soleil. Le soleil se déplace relativement vite, il faut donc réajuster à chaque changement le point focal qui change aussi. Ces miroirs ardents doivent donc viser et suivre avec précision un point donné d'un navire pour l'enflammer. Or, on peut se poser la question suivante : comment chaque individu pourrait-il reconnaître la tâche, faiblement lumineuse, que produit son miroir au milieu d'une foule d'autres tâches ? Comment faire pour les rassembler si aucun des soldats ne remarque l'effet produit par un mouvement de son miroir ? Il paraît donc compliqué et long de réussir à focaliser tous les miroirs sur le même point. On aura alors affaire à un point focal dispersé.

De plus, cette arme nécessite la focalisation de tous les miroirs sur un navire en particulier, celui noyé dans la flotte romaine. Dans un deuxième temps, la cible est un bateau en mouvement. Ainsi, s'il y a un moment où sa position change, les miroirs ardents ne seront plus adaptés à cette nouvelle distance. La cible mouvante, la rapidité nécessaire ainsi que la difficulté de la manœuvre sont trois points qui empêchent ou obstruent la concentration du flux d'énergie maximal en un point unique pendant suffisamment longtemps pour que la cible s'embrase. Nécessitant une forte main-d'œuvre pour tenir les miroirs (ou boucliers) et étant dans un contexte de bataille, on peut imaginer que les soldats romains (attaquants) lancent divers projectiles en direction du mur et donc en direction des soldats tenant les miroirs. La déstabilisation de ces derniers entraîne une mauvaise concentration de tous les points focaux en un seul et même point, diminuant nettement l'intensité lumineuse.

De plus, pour que les miroirs aient une réflexion spéculaire et ainsi que les rayons incidents donnent naissance à des rayons réfléchis uniques, et en plus d'avoir un coefficient de réflexion élevé, il faut aussi que la surface de réflexion soit lisse, c'est à dire, que la taille des défauts de cette dernière doit être inférieure ou de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde pour être parfaitement réfléchissante. Ici, la lumière du Soleil est une lumière blanche donc la taille des défauts ne doit pas excéder quelques centaines de nanomètres, de l'ordre de 0,5  $\mu\text{m}$ , le spectre visible allant de 380 à 720 nm. La fabrication d'un miroir n'est donc pas anodine, et peut même s'avérer compliquée avec les moyens de l'époque (nous sommes en -215 av.J-C). De plus, si Archimède a utilisé les boucliers en bronze des soldats, ces derniers ne sont pas nécessairement spéculaires ainsi le flux solaire s'en voit nettement réduit.

Nous pouvons consolider notre propos grâce à l'expérience réalisée, en 2006, par les étudiants du MIT (cités précédemment) pendant l'émission de télévision Mythbusters dans des conditions réalistes<sup>8</sup>. La cible était un véritable bateau avec sa coque gorgée d'humidité placée à trente mètres, les miroirs utilisés étaient en bronze polis, à l'extérieur sous l'influence du vent et du temps. Les résultats furent très différents de leur première expérience, après plusieurs essais de plusieurs minutes, les étudiants n'ont réussi qu'à faire fumer la coque sans qu'elle ne prenne feu.

Une nouvelle tentative fut menée sur les voiles de couleur claires qui se solda par un échec. En effet, le flux solaire absorbé dépend du facteur d'absorption solaire de la surface. Dans le cas d'une paroi opaque, le coefficient d'absorption vaut 1- l'albédo : le noir absorbe tout, le blanc n'absorbe rien. Le rayonnement solaire absorbé par la paroi se transforme en chaleur et élève la température de surface de la paroi. Ici, les voiles sont de couleur blanche, la surface n'absorbant rien, le rayonnement solaire ne peut alors être transformé en chaleur. La non-réussite de l'expérience est aussi due à l'ondulation causée par le vent faisant bouger constamment le Foyer des miroirs.

Enfin, une nouvelle tentative à 20 mètres fut menée à l'aide de miroirs actuels (ayant une puissance de réflexion supérieure de 20% par rapport à ceux de l'époque). La coque du navire s'enflamme péniblement après plusieurs minutes, mais on est loin de l'embrassement total et rapide des premières

---

<sup>8</sup> Adam Savage et Jamie Hyneman, 2006 ; Wells, 2010

expériences sur un bateau sec. On note aussi que sur les 300 miroirs utilisés lors de cette reconstitution un vent faible en renversa un grand nombre dont plusieurs furent cassés.

En conclusion de cette expérience les différents facteurs réduisant la plausibilité de l'efficacité de cette arme sont nombreux. En effet, si l'on considère que l'ennemi n'aurait qu'à attendre la nuit ou un passage nuageux pour déjouer cette défense, et que le vent ou une pluie de projectiles aurait dérangé tout agencement précis. Que les voiles n'ont pas pu être prises pour cible et les coques gorgées d'humidité rendent l'embrassement quasi impossible. On ne peut qu'alors douter de la plausibilité de cette arme dans le contexte de Syracuse. De plus, les historiens rapportent et décrivent les nombreuses autres armes utilisées dans cette guerre qu'Archimède avait aussi inventées, comme les catapultes principalement. Certains historiens ne font même pas mention de ces miroirs ardents. Ainsi, on peut imaginer que quelques flèches enflammées pouvaient donner un résultat plus fiable et auraient demandé infiniment moins de ressources.

De plus, d'après l'historien Tite-Live la prise de Syracuse a été menée par les Romains pendant la nuit lors des festivités en l'honneur de la déesse Diane. Il n'y aurait alors plus aucune possibilité de l'utilisation des miroirs comme arme. Il est intéressant de constater que certains fervents défenseurs de la théorie des miroirs ardents comme armes ont essayé de détourner leur utilisation en expliquant alors que les miroirs auraient pu être utilisés pour aveugler les soldats sur les navires. Le contexte de Syracuse rend donc l'utilisation des miroirs très peu plausible comme arme destructrice et fatale d'une flotte romaine.

Ce troisième développement va nous permettre de préciser l'origine de l'information concernant cette légende des miroirs ardents<sup>9</sup>. En effet, si nous avons connaissance de l'histoire d'Archimède et de ses miroirs, c'est que ce récit s'est transmis au fil du temps jusqu'à nous. Il est donc intéressant de se pencher sur les ouvrages les plus à même de relater les faits afin de les comprendre. Au travers de ces écrits et des témoignages que nous ont laissés les historiens, nous pourrions analyser les faits retranscrits et ainsi juger de la faisabilité de cette prouesse à cette époque. Polybius, Plutarque (Grecs) et Lévi (Romain), sont les trois historiens les plus à même de parler de cet exploit de par leur proximité temporelle de l'événement. Seulement, l'épisode des miroirs ardents n'est mentionné nulle part. Polybius, qui a écrit un récit détaillé et complet de ce siège avec l'aide de survivants, n'y fait pas allusion alors que les miroirs ardents auraient dû être une pièce maîtresse de son récit. Dans son oeuvre, Diocles mentionne Archimède concernant un problème complexe de géométrie, mais ne mentionne jamais les miroirs ardents. (Diocles avait 30 ans lors du siège). Lucien de Samosate et Galien de Pergamon, (2e siècle après J.-C.) sont souvent cités comme source lorsque l'on parle des miroirs d'Archimède mais ne mentionnent jamais directement l'utilisation de miroirs, seulement que la flotte avait pris feu sans en préciser les causes.

La source la plus récente qui évoque l'utilisation des miroirs ardents est un écrit d'Anthémius de Tralles (700 ans après les faits). Il évoque dans son traité le fait qu'Archimède aurait pu utiliser des miroirs pour repousser les Romains et en décrit la structure. Mais toute la description qu'il en fait n'est que fruit de son imagination, il ne se fonde sur aucune preuve, car il n'en existe pas. On a retrouvé des écritures datant du 12e siècle de Zonare et Tzetzes provenant d'un ensemble appelé le Siège de Syracuse. Cet ensemble a malheureusement disparu, mais certains écrits concernant les miroirs d'Archimède ont été retrouvés : Archimède aurait construit un miroir hexagonal placé à une distance précise et préalablement calculée d'autres plus petits miroirs de même nature. Les petits miroirs sont placés de sorte à ce qu'ils permettent de concentrer les rayons solaires leurs provenant sur le grand miroir. Le rayon ainsi réfléchi est porté sur des bateaux et les réduits en cendres à la distance d'un tir d'arc.

---

<sup>9</sup> F. Peyrard, 1807 ; Rorres, 2013 ; Poucet, 2005

D'après Plutarque et Polybius l'attaque finale de Syracuse aurait eu lieu de nuit. L'attaque nocturne ayant été préparée la veille en brisant les murailles de la cité à l'aide de catapultes. Il n'y a donc aucune preuve historique datant d'avant et d'après le siège qui mentionnent l'existence de ces miroirs, tant au niveau des écrits qu'au niveau des vestiges qui auraient pu être retrouvés.

Nous pouvons donc conclure sur cet exposé. En effet, en -215 av. JC, lors de la bataille de Syracus, Archimède aurait utilisé les rayons du soleil et les propriétés des miroirs paraboliques pour réduire en cendres la flotte romaine qui les assiégeait. C'était il y a 2230 ans et pourtant encore aujourd'hui, on parle des miroirs ardents d'Archimède. Les propriétés des miroirs paraboliques sont même utilisées dans les fours solaires. Leurs propriétés rendent possible cette histoire, mais le contexte de Syracuse rend la plausibilité de cette dernière presque impossible. Nous n'étions pas là en -215, nous ne pouvons pas conclure avec certitude, que cette arme n'est pas marchée, mais si une arme d'une telle efficacité existait dans le passé, il est difficile de croire qu'aucune autre civilisation ne l'ait copiée et améliorée ensuite. Cette improbabilité de l'utilisation de ces miroirs est renforcée par le fait qu'aucune preuve physique n'existe, et que même de grands historiens n'en font point mention. Pour notre part, au vu de nos recherches et des expériences qui ont été réalisées, nous dirions que les miroirs ardents dans le contexte de Syracuse n'ont pas pu être utilisés comme arme. Trop d'éléments remettent en doute cette hypothèse, et il semble difficile d'aller dans le sens des récits qui confirment leur existence. Mais nous n'affirmons pas que ce moyen de défense est totalement irréalisable. En effet avec un matériel adéquat et des conditions favorables, il est possible d'endommager des structures de matières inflammables. D'ailleurs, nous avons vu que des miroirs étaient utilisés actuellement afin de concentrer de la lumière afin d'atteindre des températures très élevées. Nous trancherons en disant qu'Archimède n'a jamais utilisé les miroirs, c'est une affabulation pour donner au récit une tournure épique, presque mythologique, ce qui se comprend avec le contexte de l'époque. L'utilisation des miroirs ardents d'Archimède peut alors être qualifiée de Légende si nous nous basons sur le rasoir d'Occam et le critère de Poppers.

## *Bibliographie*

Ø BUFFON. *Invention de miroirs ardents pour brûler à une grande distance*. (Mémoires de l'Académie Royale des Sciences). [En ligne], 1747.  
Disponible sur : [http://www.academie-cienc.es.fr/pdf/dossiers/Buffon/Buffon\\_pdf/p82\\_101\\_vol3545m.pdf](http://www.academie-cienc.es.fr/pdf/dossiers/Buffon/Buffon_pdf/p82_101_vol3545m.pdf)

Ø CLARK, Josh. *HowStuffWorks Culture, What was Archimedes' death ray*. [En ligne], 2008.  
Disponible sur : <http://history.howstuffworks.com/historical-figures/archimedes-death-ray1.htm>

Ø JORDA, Serge. *Imago Mundi, Diane*. [En ligne], 2004.  
Disponible sur : [http://www.cosmovisions.com/\\$Diane.htm](http://www.cosmovisions.com/$Diane.htm)

Ø JACQUES POU CET, *Bibliotheca Classica Selecta, Tite-Live Histoire Romaine - IIème partie [25,23-31] La prise de Syracuse*, [En ligne], 2005.  
Disponible sur : <http://bcs.fltr.ucl.ac.be/LIV/XXV.html>

Ø *Histoire Du Monde.net, Archimède*. [En ligne] ,2007.  
Disponible sur : <http://www.histoiredumonde.net/Archimede.html>

Ø *Hypnoweb.net, Archimède de Syracuse*. [En ligne], 2012.  
Disponible sur : <http://numb3rs.hypnoweb.net/dossiers/physiciens/archimede-syracuse.130.1269/>

Ø LEE KRYSTEK, *The Museum Of Un Natural Mystery, Archimedes and the burning mirror*. [En ligne], 2011.  
Disponible sur : [http://www.unmuseum.org/burning\\_mirror.htm](http://www.unmuseum.org/burning_mirror.htm)

Ø *Le site des alternatives énergétiques, Les miroirs d'Archimède*. [En ligne], 2010.  
Disponible sur : <http://www.aautres-energies.com/solaire/historique/54-miroirs-d-archimede.html>

Ø MONGE, Gaspard. BERTHOLON, Pierre., et al. *Dictionnaire de physique*. n°93, L'académie des Sciences. Paris : Hotel Thou, Rue des Poitevins. [en ligne], 1793.  
Disponible sur : [https://books.google.fr/books?id=s5f4NUPMY7EC&dq=miroir+concave+archim%C3%A8de,+r%C3%A8flexion+de+la+lumi%C3%A8re+en+un+seul+point&hl=fr&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.fr/books?id=s5f4NUPMY7EC&dq=miroir+concave+archim%C3%A8de,+r%C3%A8flexion+de+la+lumi%C3%A8re+en+un+seul+point&hl=fr&source=gbs_navlinks_s)

Ø MONGE, Gaspard. BERTHOLON, Pierre., et al. *Encyclopédie Méthodique*. n°6. Paris : Chez Mme. Veuve Agasse Hotel. [en ligne], 1816.

Disponible sur :

[https://books.google.fr/books?id=nXlMAAAAMAAJ&dq=miroirs+concave,+foyer,+temp%C3%A9rature&hl=fr&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.fr/books?id=nXlMAAAAMAAJ&dq=miroirs+concave,+foyer,+temp%C3%A9rature&hl=fr&source=gbs_navlinks_s)

Ø Musée de Géologie Pierre Vetter, *Expo-inventeurs et découvreurs*, (Dossier pédagogique). [En ligne], 2011.

Disponible sur :

[http://pedagogie.ac-toulouse.fr/lotec/Sciences/SPIP/IMG/pdf/Dossier\\_pedagogique\\_Expo\\_Inventeurs.pdf](http://pedagogie.ac-toulouse.fr/lotec/Sciences/SPIP/IMG/pdf/Dossier_pedagogique_Expo_Inventeurs.pdf)

Ø MythBusters (saison 2 épisode 2 en janvier 2006), programme de télévision américain de divertissement, Discovery Channel, depuis 2003, animé par Adam Savage et Jamie Hyneman. (L'épisode était disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=fZukoeznRJs> [consulté le 9 novembre 2015] mais la vidéo est actuellement indisponible)

Ø ANN WELLS, *Fandomania*, *TV Review: MythBusters 8.27 - President's Challenge*, [En ligne], 2010.

Disponible sur : <http://fandomania.com/tv-review-mythbusters-8-27-presidents-challenge/>

Ø « *Optique Instrumentale* » - TD- TP PHY116 (polycopié de cours), Université Joseph Fourier, 2014-2015.

Ø PEYRAD. *Œuvres D'Archimède, traduites littéralement, avec un commentaire par F. Peyrard*. Paris : Buisson. [En ligne], 1807.

Disponible sur : [https://books.google.fr/books?id=lu1RAAAAcAAJ&hl=fr&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.fr/books?id=lu1RAAAAcAAJ&hl=fr&source=gbs_navlinks_s)

Ø RAYNAUD, Dominique Sociologue au Cortex.

→ Un remerciement pour nous avoir donné des pistes et des méthodes de recherche.

Ø RORRES, Chris. *Burning Mirrors, Refuting the Legend*. [En ligne], 2013.

Disponible sur : <http://www.mcs.drexel.edu/~crreres/Archimedes/Mirrors/legend/legend.html>

Ø ZANIER, Sylive. Professeur de Physique au DLST, 2015.