Éduquer par les démos. Usages de démonstrations de logiciel en situation d'apprentissage

Claude Rosental

Occasional Paper 8
Paris, Institut Marcel Mauss – CEMS
2012

Eduquer par les démos.
Usages de démonstrations de logiciel en situation d'apprentissage.

Claude Rosental

Résumé : Cet article prend pour objet les usages pédagogiques des démonstrations publiques de technologie (appelées aussi « démos »). Partant d'investigations empiriques menées sur les usages de démos informatiques aux Etats-Unis, il étudie plus particulièrement le recours aux démos dans le cadre du développement d'un logiciel destiné à l'apprentissage de l'astronomie dans les écoles et lycées américains. L'analyse porte sur les rapports qui se nouent entre concepteurs de logiciels, technologies, enseignants et enseignés à l'appui des démos, les régimes de connaissance qui en résultent et les bénéfices que chacune des parties et diverses institutions tirent de ces usages.

Mots-clefs : pédagogie, démo, logiciel, astronomie, capitalisation.

Abstract: This paper focuses on the educational uses of public demonstrations of technology ("demos"). It is based on empirical investigations on the development of a piece of software designed for the teaching of astronomy in American schools. The paper examines the relationships that demos help to shape between software developers, teachers, students and technologies. It highlights the regimes of knowledge and the benefits that institutions and individual parties derive from the use of demos.

Keywords: Education, Demo, Software, Astronomy, Capitalization.

Eduquer par les démos.
Usages de démonstrations de logiciel en situation d'apprentissage.

Claude Rosental[1]

Les démonstrations publiques de technologie, souvent appelées aussi « démos », représentent des interactions homme-machine dont les usages pédagogiques ont été trop peu étudiés par les sciences sociales. Afin de contribuer à combler cette lacune, j'aborderai ici trois questions : Tout d'abord, quels sont les rapports qui se nouent entre concepteurs de technologies, enseignants, élèves et dispositifs techniques à l'appui des démos ? Ensuite, quels bénéfices les différents acteurs et leurs institutions tirent-ils de ces pratiques ? Et enfin, à quels régimes de connaissances les démos conduisent-elles ?

Afin d'apporter des éléments de réponses à ces questions, je partirai des résultats d'investigations empiriques que j'ai menées sur les usages de démos informatiques aux Etats-Unis, en particulier dans la Silicon Valley (Rosental, 2007). Mon travail d'enquête a reposé sur un ensemble d'observations ethnographiques, d'entretiens et de recueil de documents textuels et multi-media. J'analyserai ici plus spécifiquement le cas du développement par la NASA d'un logiciel destiné à l'enseignement de l'astronomie et des sciences de l'espace dans les écoles et les lycées américains, baptisé Edu-Orion[2]. Des démos d'Edu-Orion sont actuellement accessibles depuis les sites Internet de la NASA.

A partir de cette étude de cas, je voudrais montrer comment se développe actuellement une « démo-cratisation » des savoirs, c'est-à-dire un système d'accès aux connaissances fondé sur le recours aux démos. Mais tout d'abord, à quoi le terme « démo » renvoie-t-il ?

Qu'est-ce qu'une démo ?

Les célèbres démonstrations de Bill Gates fournissent un bon aperçu de ce type de pratiques. Le terme démo constitue une abréviation de « démonstration ». Cette abréviation

---

[1] © Copyright Claude Rosental, 2012, tous droits réservés (All Rights Reserved). Adresse de l'auteur : Institut Marcel Mauss - CEMS, CNRS-EHESS, 190 Avenue de France 75013 Paris, France. Email : claude.rosental@ehess.fr.

[2] Pour préserver l'anonymat des acteurs, j'utilise ici un pseudonyme.

désigne en fait une forme particulière de démonstration. Une démo consiste à présenter le fonctionnement d'un dispositif technologique. Cette présentation peut être réalisée *in situ* par un ou plusieurs démonstrateurs devant un public choisi. Le ou les démonstrateurs commentent alors le fonctionnement du dispositif technique. Ils peuvent associer ce fonctionnement à diverses affirmations, en fonction d'un scénario soigneusement élaboré. Ces démos peuvent également faire l'objet de vidéos, ou être transcrites sous diverses formes. Il peut s'agir de combinaisons de textes et de documents multi-media, qui sont ensuite intégrées à des logiciels ou à des pages web, notamment à des fins didactiques.

Les démos sont utilisées dans une large gamme de situations pédagogiques et de contextes qui combinent dimensions didactiques et diverses démarches. Il peut s'agir par exemple de persuader, de vendre, de prouver, ou encore de tester un public par exemple.

Les démonstrations publiques peuvent être réalisées par des individus qui n'appartiennent pas au champ académique. C'est le cas par exemple de Colin Powell lorsque ce dernier a cherché à démontrer la présence d'armes de destruction massive en Irak face aux Nations Unies en 2003. Mais elles sont souvent effectuées par des chercheurs, par exemple lors de visites de laboratoire. Les démos peuvent être également observées sur des stands de conférences internationales réunissant universitaires, ingénieurs et cadres de l'industrie, lors de séminaires face aux pairs ou devant des militaires, lors de manifestations organisées pour des journalistes, mais aussi dans le cadre de show-rooms high-tech destinés à des ingénieurs et cadres, au grand public ou à des militaires.

Les démos que je voudrais prendre ici plus particulièrement pour objet correspondent à la vaste gamme de démonstrations de technologies déployées sur Internet. Nombre de dispositifs technologiques font l'objet de démos sur le web, notamment pour guider les utilisateurs dans leur apprentissage du fonctionnement d'objets techniques. Je m'intéresserai ici plus spécifiquement aux présentations du fonctionnement d'un logiciel sur Internet, dans le cadre du projet Edu-Orion auquel j'ai précédemment fait référence. Je commencerai par préciser brièvement les conditions du développement de ce projet et sa nature, avant de présenter certaines des démos mises en ligne et leurs usages.

Démos pédagogiques d'un logiciel : le cas Edu-Orion

Edu-Orion représente une version en cours de développement d'un logiciel préalablement destiné à la préparation des missions spatiales de la NASA. Dénommé Orion, ce logiciel avait été développé au cours des années 1990 pour la planification et l'analyse des trajectoires des sondes spatiales par des astronomes et des astrophysiciens. Ce logiciel avait été mis au point par un groupe de chercheurs et d'ingénieurs travaillant à la NASA et dans différents instituts de recherche proches de l'Université de Stanford, dans la région de San Francisco.

Le logiciel Orion a fait l'objet ces dernières années d'adaptations par une équipe de la NASA. Ces adaptations sont destinées à une utilisation plus large du dispositif dans un cadre pédagogique, et ont abouti à l'élaboration d'un nouveau logiciel baptisé Edu-Orion. Des démos d'Edu-Orion sont actuellement accessibles depuis Internet. Elles présentent ce logiciel comme un outil utile à l'enseignement de l'astronomie et des sciences de l'espace. Les démos précisent comment obtenir grâce au logiciel des visualisations des positions de différents corps célestes et des représentations animées de leurs trajectoires. Le site Internet montre également comment ces visualisations et ces animations peuvent être intégrées dans le cadre de cours et d'exercices sur les phénomènes astronomiques et sur les sciences de l'espace.

Comme je l'ai indiqué, le logiciel Edu-Orion est actuellement en cours de développement. Les démos du logiciel servent donc à présenter comment fonctionnera une version future d'Edu-Orion. Cependant, les supports des démos constituent un matériau pédagogique d'ores et déjà utilisable. Par ailleurs, les démos constituent un outil de développement du logiciel et de ses usages, comme je vais tenter l'expliquer. En quoi consistent ces démos ?

L'une d'entre elles consiste par exemple à démontrer « pas à pas » comment un élève est à même de créer une animation présentant l'évolution des vues d'une planète telle que Jupiter depuis la terre, à des instants successifs. Les étapes de construction de la spécification sont présentées en quatre temps.

Il s'agit tout d'abord pour l'élève d'introduire les objets du système solaire impliqués (le soleil, la terre, Jupiter). Ces objets sont associés par des flèches à des positions dans

l’espace à des instants donnés. Puis l’élève doit traduire l’observation à réaliser en figurant la trajectoire d’un photon partant du soleil pour atteindre Jupiter, et rebondissant sur cette planète avant d’atteindre la terre. Ensuite, il s’agit pour l’élève de spécifier la présence d’une caméra sur la terre pointée vers Jupiter. Enfin, l’élève doit préciser ce qui doit figurer sur l’animation - Jupiter et le soleil en train de l’éclairer. A ce stade, une visualisation de l’évolution des positions de la planète est générée automatiquement par le logiciel.

Comme je l’ai évoqué, le site du logiciel indique comment les visualisations obtenues par le programme peuvent être intégrées dans le cadre de cours et d’exercices sur les phénomènes astronomiques et les sciences de l’espace. Des exemples de cours et d’exercices sont proposés. Par exemple, en cliquant sur un lien, une page web suggère l’exercice suivant :

> « On s'attend à ce que la sonde spatiale Cassini, lancée en 1997, se place en orbite de Saturne en janvier 2005. Les scientifiques et les responsables de la planification du vol ont discuté de la trajectoire que la sonde spatiale devait prendre pour maximiser le recueil des informations scientifiques. Cette animation montre les vues qui seraient obtenues si une caméra était placée sur la sonde spatiale et dirigée vers Saturne, à partir de l'une des trajectoires envisagées. [...] Cette animation pourrait faire partie d'un exercice où les élèves imitent les scientifiques : Ils pourraient former des équipes scientifiques, dotées de différents objectifs, et étudier dans quelle mesure plusieurs trajectoires proposées pour la sonde spatiale satisferaient ces objectifs. Les scientifiques spécialistes des occultations radio, par exemple, sont intéressés par les trajectoires où un faisceau radio étroit émis par la sonde spatiale Cassini et dirigé vers la terre passerait à travers les anneaux. Les scientifiques spécialistes de l'imagerie sont intéressés par les trajectoires où la sonde spatiale passe près des anneaux, avec un angle élevé. Les scientifiques spécialistes des lunes veulent que le nombre de fois où la sonde spatiale vient près de la lune qui les intéresse soit le plus élevé possible. »

En cliquant sur le lien situé en bas de la page, l’animation évoquée apparait à l’écran. Cet exercice est destiné tout à la fois à être utilisé en classe et à illustrer une démarche pédagogique générale centrée sur l’utilisation du logiciel Edu-Orion. L’une des pages du site du logiciel évoque ainsi :

> « Actuellement, Edu-Orion est employé pour produire un certain nombre d'animations

scientifiquement réalistes […]. Les animations peuvent être employées pour des cours sur l'astronomie et le domaine spatial, dans la mesure où elles permettent aux élèves d'explorer le comportement réel d'un engin spatial et la dynamique du système solaire. […] Edu-Orion permettra aux élèves d'explorer un large éventail de concepts de géométrie et d'astronomie en mettant la main à la patte. Parmi des exemples de tels concepts, on peut citer : Pourquoi l'hémisphère nord est-il plus froid en hiver qu'en été, pourquoi la lune a-t-elle des phases, pourquoi Venus a-t-elle des phases, qu'est-ce qui cause le mouvement rétrograde de Mars (Mars semblant alors faire des allers retours dans le ciel), et pourquoi les anneaux de Saturne semblent-ils se déplacer ? Dans le cadre de ces explorations, un élève créera les spécifications des observations souhaitées en utilisant l'éditeur graphique de spécifications.

Edu-Orion pourrait être intégré à un programme d'astronomie et d'études spatiales à au moins trois niveaux. D'abord, au niveau de l'école primaire, les enseignants pourraient employer Edu-Orion pour produire des animations réalistes de rencontres spatiales. Par exemple, quand la sonde spatiale Cassini vole au dessus de Saturne, un enseignant pourrait développer chaque jour une animation montrant où se situe l'engin spatial par rapport à Saturne et discuter du genre d'observations qui pourraient être faites de Saturne et de ses anneaux ce jour là. Deuxièmement, Edu-Orion pourrait être employé pour enseigner des concepts géométriques aux élèves de collège. Troisièmement, Edu-Orion pourrait être employé au niveau du lycée pour permettre à des élèves de gérer directement des rencontres d'un véritable engin spatial de la NASA avec des objets du système solaire, dans le cadre d'une simulation. »

Cette citation illustre la manière dont les concepteurs d'Edu-Orion cherchent à développer les usages de leur logiciel. Le projet se déploie ici dans un milieu particulièrement ouvert, sans public constitué et captif. Il s'agit au contraire de capter un public, constitué d'élèves, d'enseignants et de concepteurs de programmes scolaires. Les créateurs d'Edu-Orion tentent donc de démontrer l'intérêt du logiciel par des démos de son fonctionnement et par l'affichage d'un certain nombre d'exemples de cours, d'exercices et d'activités éducatives rendus possible par le logiciel.

Cependant, ces démonstrations sont utilisées pour impliquer de nouveaux acteurs dans le développement du projet, qu'il s'agisse ici d'enseignants ou d'élèves. A cette fin, les

scientifiques devenus concepteurs de logiciels pédagogiques appellent enseignants et élèves à leur faire part de leurs suggestions sur les scripts pédagogiques par courrier électronique. L'objectif affiché est d'adapter les matériaux pédagogiques actuels, mais aussi d'en collecter et d'en produire de nouveaux. L'une des pages du site précise ainsi :

> « Nous sommes en train de créer de nouveaux cours, aussi nous encourageons les enseignants et les élèves dans tous les domaines à nous contacter pour nous faire part de leurs suggestions concernant de nouveaux cours qui leur sembleraient utiles ou intéressants. La version actuelle d'Orion porte uniquement sur le domaine spatial, mais notre objectif est de développer des applications dans d'autres domaines. »

L'exercice auquel se livrent les démonstrateurs est en fait de même nature que celui qu'ils avaient pratiqué pour des versions antérieures du logiciel, face à des astronomes notamment. Il s'agit pour les démonstrateurs de recueillir des informations sur les pratiques de leurs futurs partenaires ou clients et de glaner des propositions pour l'élaboration de nouvelles versions et utilisations du logiciel, capitalisables en nouvelles démos et en nouveaux produits. Les démos sont de ce point de vue utilisées comme des hameçons puisqu'elles sont destinées à collecter de nouvelles idées et à accroître le volume et la pertinence d'exemples de cours et d'exercices. Une démarche de conquête démonstrative est à l'œuvre. Il s'agit pour les concepteurs du logiciel de faire évoluer tout autant leur programme et ses applications que les pratiques pédagogiques. L'enjeu pour l'équipe de la NASA est également de constituer un tissu relationnel, des partenaires, des promoteurs du logiciel, et un marché autour de leur « produit ». Les bénéfices de l'activité démonstrative apparaissent ici multiples, tout comme la nature capitaliste de cette activité.

Portée de l'exercice démonstratif : la démo-cratisation des savoirs

Afin de mieux mesurer la portée de cet exercice, il faut noter que l'investissement des concepteurs d'Orion dans l'élaboration d'un logiciel éducatif et dans le travail démonstratif correspondant n'a rien d'une démarche ponctuelle et isolée. Tout d'abord, l'engagement de la NASA dans des actions pédagogiques et des opérations de « diffusion de l'information » auprès d'un large public relève d'une longue tradition (Byrnes, 1994).

Dès sa création en 1958, la NASA avait mis en place une division chargée des programmes éducatifs et des programmes de diffusion des informations techniques, à côté de quatre autres grandes divisions - celles des programmes de recherche avancée, des programmes spatiaux, des programmes de sciences de la vie, et de la gestion administrative (Thibodeau, 1985).

Les programmes d'éducation et de diffusion de l'information de la NASA ont parfois été critiqués en étant présentés comme de simples opérations de relations publiques, soutenues par une presse complice, au moins jusqu'à l'accident de la navette Challenger en 1986 (Lewenstein, 1993). L'organisation de l'agence spatiale américaine a connu de nombreuses transformations depuis sa création. Mais l'attention de la NASA aux programmes de diffusion de l'information et d'éducation demeure marquée au tournant du XXIe siècle.

Les démonstrations de logiciels pédagogiques sur le web s'inscrivent dans une série de dispositifs mis en place de longue date par la NASA. Ces dispositifs comprennent la mise à disposition de différents documents pédagogiques, l'organisation de conférences, des stages de formation pour les enseignants, et des appels au volontariat éducatif.

La constitution de produits éducatifs et la « diffusion » large des résultats de l'organisme, démonstrations à l'appui, ne répondent pas avant tout à des objectifs commerciaux. Il s'agit surtout d'une ressource précieuse pour la défense de l'institution, pour le renouvellement de ses supporters, et pour sa gestion par ses responsables. « L'opinion du public » sur l'agence spatiale américaine, objectivée notamment par divers sondages, pèse sur les décisions d'attribution de budgets à la NASA par le Congrès et la Maison Blanche (McCurdy, 1990 ; Alter, 1991 ; Launius & McCurdy, 1997). De ce fait, « l'image » de la NASA détermine les marges de manœuvre des administrateurs de l'organisme dans leurs luttes et leurs négociations face à de nombreux groupes de pression (Byrnes, 1994 ; Mc Curdy, 1997). Ces derniers sont parfois hostiles à tout ou partie des projets des administrateurs de la NASA, alors même qu'ils possèdent des entrées auprès de diverses instances gouvernementales. Ces groupes de pression sont formés en particulier de coalitions de scientifiques, d'industriels sous-traitants ou en quête de contrats, de représentants de

diverses structures gouvernementales ou d'organismes dépendant du département de la défense[3].

Ce contexte permet de comprendre le contenu même des démonstrations destinées au grand public et au monde de l'éducation. Par exemple, à côté des démos et des animations à télécharger sur les sites web de la NASA, des sections de questions-réponses insistent sur les bienfaits et les retombées des explorations spatiales, sur les réductions drastiques des coûts des missions, et sur l'attention de l'organisme à cette dernière question.

De tels messages sont délivrés à un public nombreux, qui est notamment drainé par l'attrait pour les démos et les animations, le suivi de l'actualité de « l'aventure spatiale » et l'apprentissage de l'astronomie. Les dispositifs de questions-réponses employés complètent parfaitement un arsenal démonstratif à la fois bien fourni et bien adapté à la promotion de l'institution.

L'effort démonstratif des chercheurs de la NASA est ainsi capitalisé et prolongé jusque dans les campagnes de promotion de l'agence spatiale américaine sur les sites web[4]. L'extension de cette activité démonstrative possède entre autres pour enjeu l'ouverture d'un droit de regard particulier pour le public sur la production des laboratoires. Cette dynamique contribue à une « démocratisation » de la science qui ne se réduit pas à l'accès pour les masses à ses seuls concepts, dans une banale démarche de vulgarisation. La « démocratisation » en jeu représente précisément une *démo-cratisation* : l'accès proposé au plus grand nombre passe par les démos et autres clips de la recherche.

---

[3] Dans le cas du projet de télescope de l'espace, fortement soutenu par un groupe d'astronomes alliés avec des industriels, voir Smith, 1993 ; Smith & Tatarewicz, 1994. Dans le cas du programme Shuttle, suscitant sous l'administration Reagan une certaine hostilité de la part de membres des départements des transports (concurrence pour les lancements spatiaux), du commerce (concurrence dans la perspective d'une privatisation importante de l'activité spatiale), de la défense (concurrence pour certains lancements) et de l'US Air Force (recherche d'autonomie face aux industriels), voir Bromberg, 1999. Sur les pressions de l'US Air Force en particulier, voir Levine, 1986. Autour des programmes du Shuttle et de la station de l'espace, voir aussi McCurdy, 1990 ; Launius, 1994 ; Kay, 1994. Sur les jeux de différents groupes ayant finalement conduit à l'abandon du projet de mission vers la comète de Halley, voir Logsdon, 1989. Pour une perspective plus générale sur les mécanismes de financement de la NASA, voir aussi Lambright, 1994 ; Hetherington, 1997. Sur les mécanismes de décision du Congrès et de la Maison Blanche en matière de financement de la science et de la technologie, et le rôle d'institutions aussi diverses que la *National Academy of Science*, l'*American Association for the Advancement of Science*, les sociétés disciplinaires, les associations universitaires, ou encore certains « grands noms », voir Teich, 1986.

[4] Sur l'utilisation du web par d'autres organismes scientifiques pour la gestion de leurs relations avec le grand public, voir notamment Paravel & Rosental, 2003.

Cet accès et cette promotion sont également soutenus par le développement de divers produits dérivés de la préparation et de l'accomplissement des missions spatiales. A côté des démos et des animations, différents produits dérivés des missions spatiales mobilisent parfois eux-mêmes diverses formes de démonstration et sont mis en avant sur les sites web de la NASA. Il s'agit par exemple d'ouvrages, de brochures, de lithographies, de vidéos, de diapositives, d'hologrammes, de cartes postales, de maquettes d'engins spatiaux, ou encore de cd-roms éducatifs. Ces dispositifs constituent tout à la fois des outils pédagogiques, des ressources pour les amateurs de la « conquête spatiale » et de la science, des sources de promotion de l'agence spatiale américaine, et des supports pour diverses activités lucratives.

Le travail des employés de la NASA, et en particulier leur activité démonstrative, sont ainsi capitalisés selon des pratiques qui caractérisent l'exploitation de certaines productions cinématographies à Hollywood, pour lesquelles un ensemble de produits dérivés sont développés. Si la NASA constitue une entreprise scientifique capitaliste, c'est en premier lieu parce qu'elle pratique une capitalisation de l'effort démonstratif fourni en son sein. La capitalisation des démonstrations s'opère dans une temporalité plus longue et possède un aspect plus protéiforme qu'il pourrait paraître de prime abord. Les frontières entre support démonstratif, outil de travail et instrument de promotion sont loin d'être nettes.

Des dynamiques comparables peuvent être observées pour d'autres institutions développant des grands programmes de recherche et développement (Rosental, 2011). Au prix d'adaptations continuelles, les acteurs tirent les bénéfices de leurs démonstrations pendant de longues années. Mais les chercheurs-entrepreneurs ne sont pas les seuls à réaliser des capitalisations sur le long terme autour de leurs démonstrations, notamment en élaborant des produits, ou encore en accumulant diverses formes de crédit. Leurs institutions en tirent également les bénéfices, comme les dirigeants chargés de rendre compte de leur budget et de légitimer leur gestion.

Références

Alter, Wendy (1991), “NASA Goes to Ground”, *Whole Earth Review*, N° 73, pp. 36-40.

Bromberg, Joan Lisa (1999), *NASA and the Space Industry*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.

Byrnes, Mark E. (1994), *Politics and Space : Image Making by NASA*, Westport (CO), Praeger.

Hetherington, Norriss (1997), “More than merely Men, Machinery, Missions and Political Machinations?”, *Minerva : Review of Science, Learning and Policy*, 35, pp. 387-396.

Kay, William D. (1994), “Democracy and Super Technologies : The Politics of the Space Shuttle and Space Station Freedom”, *Science, Technology, & Human Values*, Vol. 19, N° 2, pp. 131-151.

Lambright, W. Henry (1994), “The Political Construction of Space Satellite Technology”, *Science, Technology, & Human Values*, Vol. 19, N° 1, pp. 47-69.

Launius, Roger D. (1994), **“**NASA and the Decision to Build the Space Shuttle, 1969-72”, *Historian*, Vol. 57, pp. 17-34.

Launius, Roger D. & McCurdy, Howard E., eds. (1997), *Spaceflight and the Myth of Presidential Leadership*, Urbana, University of Illinois Press.

Levine, Arthur L. (1986), “Commentary : Space Technology and Societal Regulation”, *Science, Technology, & Human Values*, Vol. 11, N° 1, pp. 27-39.

Lewenstein, Bruce V. (1993), “NASA and the Public Understanding of Space Science”, *Journal of the British Interplanetary Society*, Vol. 46, pp. 251-54.

Logsdon, John M. (1989), “Missing Halley' s Comet : The Politics of Big Science”, *Isis*, Vol. 80, N° 2, pp. 254-280.

McCurdy, Howard E. (1990), *The Space Station Decision : Incremental Politics and Technological Choice*, Baltimore, John Hopkins University Press.

McCurdy, Howard E. (1997), *Space and the American Imagination*, Washington D.C., Smithsonian Institution Press.

Paravel, Verena & Rosental, Claude (2003), « Les réseaux, des Objets Relationnels Non Identifiés ? Le cas de la communication électronique dans la recherche », *Réseaux*, 118, pp. 237-270.

Rosental, Claude (2007), *Les capitalistes de la science. Enquête sur les démonstrateurs de la Silicon Valley et de la NASA*. Paris, CNRS éditions.

Rosental, Claude (2011), « De la démo-cratie. Mener l'Europe à l'aide de démonstrations publiques », in Sophie Houdart & Olivier Thiery (sous la dir. de), *Humains, non-humains. Comment repeupler les sciences sociales*, Paris, La Découverte, pp. 121-131.

Smith, Robert W. (1993), *The Space Telescope : A Study of NASA, Science, Technology, and Politics*, Cambridge, Cambridge University Press.

Smith, Robert W. & Tatarewicz, Joseph N. (1994), "Counting on Invention : Devices and Black Boxes in Very Big Science", *Osiris*, 2nd Series, Vol. 9, pp. 101-123.

Teich, Albert H. (1986), "Coordination of United States Research Programs : Executive and Congressional Roles", *Science & Technology Studies*, Vol. 4, N° 2, pp. 29-36.

Thibodeau, Sharon Gibbs (1985), "Science in the Federal Government", *Osiris*, 2nd Series, Vol. 1, pp. 81-96.