

**L'espace durable :  
du cosmos des Grecs  
à la station orbitale de Kubrick**

Jacques ARNOULD & Daniel GALARRETA



Colloque Albi Médiations Sémiotiques – Actes

# Collection Actes

## Formes de vie et modes d'existence 'durables'

sous la direction de  
Alessandro Zinna & Ivan Darrault-Harris

Editeur : CAMS/O

Direction : Alessandro Zinna

Collection Actes : Formes de vie et modes d'existence durables

1<sup>re</sup> édition électronique : mars 2017

ISBN 979-10-96436-00-2

*Résumé.* La philosophie grecque et la tradition occidentale à sa suite désignent, la réalité extra-atmosphérique par le terme de cosmos – « belle totalité ordonnée » – réalité éternelle et immuable, figée, fixée pour l'éternité. Durer, dans ce contexte, c'est conserver la même réalité, reproduire sans cesse les mêmes processus : le cosmos, dans sa perfection et son éternité, est inaccessible aux humains. Mais l'espace va naître avec la fin du cosmos.

La révolution scientifique de la fin du XVI<sup>e</sup> et du début du XVII<sup>e</sup> a brisé les sphères du cosmos. Après trois siècles, lorsque les savants et les ingénieurs, commencent à poser les bases de l'aéronautique, l'espace devient une réalité culturelle : il n'est plus seulement un lieu, il est aussi l'ensemble des techniques qui permettent à l'humanité de l'explorer, de le conquérir, de l'exploiter.

La notion de *sustainability* est appréhendée par le milieu astronautique à partir de 2004. Elle concerne l'utilisation des techniques spatiales au service du développement durable sur Terre, la gestion des débris spatiaux autour de la Terre pour assurer la sécurité des opérations spatiales, la météo spatiale, la régulation des nouveaux acteurs dans le champ spatial. Le concept de développement durable est un concept complexe au sens systémique, dans la mesure où il mobilise différents « champs de pensée et de savoir (éthique, politique, médiatique, scientifique, écologiste) ».

Parmi les disciplines mobilisées, la géographie joue, un rôle important puisqu'elle est placée, depuis ses origines, à la charnière des sciences de la nature et des sciences de la société. Les activités spatiales offrent à cette discipline un observatoire aujourd'hui irremplaçable. Elles participent à la mise en œuvre croissante des systèmes d'information géographique (SIG). Les satellites assurent des missions d'observation et de surveillance de la « planète Terre » telles que par exemple la mesure de la hauteur des océans ou l'estimation des émissions de carbone dues à la déforestation. En nous appuyant sur cette chaîne de dépendances entre *développement durable, géographie, activités spatiales* nous avançons l'hypothèse selon laquelle les ordinateurs et le numérique participent à l'émergence du concept de *durable*. Pour en établir la pertinence, nous adoptons une épistémologie « constructiviste », dans laquelle l'émergence d'objets dépend de la production de connaissances – les objets ne préexistant pas aux connaissances. Pour ce faire utilisons la notion de *points de vue* pour définir la notion de connaissance. Nous donnons ici à *point de vue* son sens courant, à savoir la manière propre à un groupe social ou à une corporation professionnelle, de décrire le monde. Il s'agit dans cette approche, de décrire les conditions dans lesquelles des points de vue sont susceptibles de se confronter pour produire éventuellement, à l'issue d'un processus de corrélation (au sens de convergence) de ces points de vue, un objet qui soit compatible avec l'ensemble des points de vue en présence. Dans la dernière partie de notre communication nous exposons les bases d'une méthodologie sémiotique de description d'un objet par points de vue, en s'efforçant que celle-ci soit compatible avec celle que nous venons de donner du développement durable et nous en limitant sur ces bases, à l'élucidation des notions d'informations, de connaissances et de données.

**Jacques Arnould** est ingénieur agronome, historien des sciences et théologien. Il est chargé des questions éthiques au Centre national d'études spatiales. En 2017, il a publié *Turbulences dans l'univers. Dieu, les extraterrestres et nous* (Albin Michel).

**Daniel Galarreta** est ingénieur en informatique et mathématiques appliquées et titulaire d'un doctorat de 3<sup>e</sup> cycle dans le domaine de la reconnaissance vocale. Il occupe un poste d'expert en ingénierie des connaissances au Centre national d'études spatiales. En 2017, contribution au rapport final de la communauté de pratique (CoP) relative aux évolutions sémantiques (evolving semantics), WP8, du projet européen Pericles : « An Overview of Semantic Change: Understanding the Phenomenon, Current Trends and Future Research Roadmap » (sous la direction de S. Darányi, S. Kontopoulos et A. Gill) ; (A paraître) « Conciliation des singularités. Une étude sémiotique de la singularité », in *Journal of Interdisciplinary Methodologies and Issues in Science*, D. Badariotti et D. Josselin (éds).

Pour citer cet article :

Arnould, J. et Galarreta, D., « L'espace durable : du cosmos des Grecs à la station orbitale de Kubrick », in Zinna A. et Darrault-Harris I. (éds), *Formes de vie et modes d'existence 'durables'*, Collection Actes, Toulouse, Éditions CAMS/O, p. 241-260,

[En ligne] : <[http://mediationsemiotiques.com/ca\\_9488](http://mediationsemiotiques.com/ca_9488)>.

# L'espace durable: du cosmos des Grecs à la station orbitale de Kubrick

Jacques ARNOULD & Daniel GALARRETA  
(CNES)

*« Vivre, c'est défendre une forme »*  
Hölderlin

## **Introduction: Kosmos**

Dans le Gorgias, Platon explique pourquoi ce terme convient à sa vision de la réalité: « À ce qu'assurent les doctes pythagoriciens, le ciel et la terre, les Dieux et les hommes sont liés entre eux par une communauté, faite d'amitié et de bons arrangements, de sagesse et d'esprit de justice, et c'est la raison pour laquelle, à cet univers, ils donnent, mon camarade, le nom de cosmos, d'arrangement, et non celui de dérangement non plus que de dérèglement » (Gorgias, 507e-508a). Pareillement, les stoïciens affirment que la réalité doit être déclarée cosmique parce qu'elle est le fruit d'un décret divin, la manifestation d'un feu qui embrase et ordonne toutes choses.

Kosmos ou la « belle totalité ordonnée »: tel est le credo qui domine la pensée occidentale durant des siècles et, sans guère de doute, au moins jusqu'au XVII<sup>e</sup> siècle. C'est là une conception rassurante: elle associe les idées d'organisation et de logique, de beauté et de... durabilité; elle englobe tous les défauts, tous les écarts, toutes les catastrophes qui ne manquent pas pour égratigner, bousculer, mettre en péril la belle architecture, le bel ordonnancement du ciel.

Ne soyons pas dupes d'une telle vision du ciel ; ne la considérons pas comme une sorte d'évidence qui s'imposerait d'emblée dans une expérience contemplative, esthétique, mystique. N'oublions pas un autre usage de la même racine kosmos. Si les cosmétiques offrent une illustration moins philosophique et plus futile du sens véhiculé par le terme grec, ils constituent aussi une sorte de mise en garde: le ciel n'est pas nommé cosmos parce qu'il serait a priori et de lui-même ordonné et beau, parce qu'il apparaîtrait d'emblée comme tel, mais aussi parce que les humains le regarderaient ainsi ou, mieux encore, le pareraient de telles qualités. La cosmologie des Anciens appartient au champ de la métaphysique, autrement dit de ce que l'esprit humain peut découvrir, mais aussi ajouter au-delà (méta) de la réalité physique la plus immédiate, par-dessus l'expérience qu'il peut en avoir grâce à son propre corps ou par le biais d'instruments. Pour le dire autrement, le discours cosmologique pourrait s'imposer, se surimposer pour permettre d'affirmer que ce monde, confessé cosmique, est le meilleur des arrangements possibles. Déterministe, ce discours suppose l'existence de lois qui permettent de le décrire dans sa totalité, d'en reconstruire le passé et d'en prévoir l'avenir ; finaliste, il soutient que le réel et son histoire sont strictement et irrévocablement fixés par avance, quels que soient les événements, heureux ou malheureux, qui pourraient survenir au cours de l'histoire. La durabilité du cosmos est une affaire de confiance et d'espoir, de foi et d'espérance.

## **1. Le temps des sciences et des ingénieurs**

L'histoire des sciences nous l'apprend: leur développement dans l'Occident des XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles a brisé cette conception rassurante du ciel en même temps que les sphères cristallines et invisibles sur lesquelles planètes et astres étaient censés accomplir leurs rondes éternelles. En lisant le compte-rendu des observations de Galilée, au cours de l'hiver 1609-1610, en y répondant dans sa *Conversation avec le Messager céleste*, Kepler a esquissé l'une des conséquences probables de la révolution scientifique en cours: l'exploration de l'espace par des humains. La fin du cosmos, l'égalité nature du ciel et de la terre, jusque dans leur fragilité, leur altérabilité, faisaient rapidement naître les premières œuvres de l'imagination humaine en matière de voyages interplanétaires. Il a fallu trois siècles et demi pour les réaliser effectivement et presque autant pour découvrir et admettre, d'abord en théorie puis grâce à des observations, que l'univers (entendons « notre » univers, car d'autres pourraient exister, sans que nous n'en ayons jamais la moindre

connaissance, la moindre certitude), notre univers est « né » d'un atome primitif, d'une singularité suivie d'un phénomène d'expansion. Oui, trois siècles et demi ont été nécessaires, puisque, dans les années 1950, d'éminents scientifiques continuaient à défendre des modèles d'univers statique.

Lorsque les savants et les ingénieurs, Konstantin Tsiolkovski en tête, commencent à poser les bases de l'astronautique, l'espace devient une réalité culturelle: il n'est plus seulement un lieu, le cosmos des Anciens, la portion extra-atmosphérique de l'univers; il est aussi l'ensemble des techniques qui permettent à l'humanité de l'explorer, de le conquérir, de l'exploiter. L'espace est à la fois ce que les humains y font et ce qu'ils en font: il est un reflet de leurs rêves et de leurs craintes (il faut relire les discours de John Kennedy sur la course à la Lune), un témoin de leur génie et de leur courage, de leurs choix et de leurs évolutions politiques (rappelons-nous l'étonnante mission Apollo-Soyouz, il y a tout juste quarante ans). Le tout dans une posture non seulement géographique mais aussi intellectuelle qui est celle du point de vue de Sirius.

## 2. Un espace pour le durable

La notion de *sustainability* a été appréhendée par le milieu astronautique à partir de 2004, en particulier dans le milieu des Nations unies et, plus particulièrement, celui du COPUOS, le comité des Nations unies pour l'utilisation pacifique de l'espace extra-atmosphérique. Son appréhension est avant tout technique, à travers les points suivants:

- L'utilisation des techniques spatiales au service du développement durable sur Terre
- La gestion des débris spatiaux autour de la Terre pour assurer la sécurité des opérations spatiales
- La météo spatiale
- La régulation des nouveaux acteurs dans le champ spatial

Mais l'idée de durabilité était déjà présente dans le droit spatial depuis une trentaine d'années: dans l'*Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies* (1979), il est déjà question des générations futures quant aux bénéfices attendus de l'exploration et de l'usage de la Lune et des corps célestes. Aussi « théorique » que puisse paraître une telle affirmation ou un tel engagement juridique, il n'en demeure pas moins que ce souci de la durabilité présente la particularité de ne pas avoir pour contexte et pour contrainte une limitation des ressources, mais qu'il se pose plutôt comme un a priori idéologique.

L'espace est enfin porteur d'une approche utopique de la durabilité: aux limites de la science, de la technique et de la fiction, des ingénieurs ont imaginé des solutions pour installer des colonies humaines dans l'espace extra-atmosphérique, dans des stations orbitales ou sur des planètes convenablement transformées, « terraformées ». La station orbitale imaginée par Stanley Kubrick dans *2001, l'Odyssée de l'espace* n'est peut-être qu'une étape pour se rendre sur la Lune mais elle n'est pas très éloignée d'un concept plus élaboré, celui de Gerard O'Neil qui imagine des colonies de milliers d'humains, vivant dans de véritables paradis artificiels dont seraient exclues toutes les espèces terrestres dangereuses ou simplement désagréables. Une manière de revenir au cosmos des Anciens ou encore de réaliser le rêve des premiers colons du continent américain, celui d'établir le Paradis, d'entreprendre la Nouvelle Création. Mais les paradis sont-ils durables ?

Mais il y a le personnage de l'ordinateur (HAL ou Carl dans la version française du film), que Kubrick place dans sa fable et qui introduit de facto la question du durable, puisque c'est lui qui gère les fonctions vitales des savants maintenus en hibernation. C'est lui qui surveille, régule, mais peut aussi interrompre les vies qui lui sont confiées. La présence de HAL manifeste nous semble-t-il, de manière incroyablement efficace que les ordinateurs et le numérique participent à l'émergence du concept de durable. Mais il s'agit là d'une hypothèse dont il faudrait établir la pertinence.

### **3. Développement durable: le point de vue géographique**

Le concept de développement durable est un concept complexe au sens systémique, dans la mesure où il mobilise différents « champs de pensée et de savoir (éthique, politique, médiatique, scientifique, écologiste), champs dans lesquels il peut recouvrir des significations changeantes »<sup>1</sup>.

Parmi les disciplines mobilisées, la géographie joue, à n'en pas douter, un rôle important puisqu'elle étudie les relations (durables) qui s'établissent entre les sociétés et leur environnement (cadre de vie, habitabilité de l'écosystème, paysages, humanisation des milieux par exemple). La géographie est placée, depuis ses origines, à la charnière des sciences de la nature et des sciences de la société.

Notons en passant, que cette discipline est habituée, peut-être davantage que d'autres, à prendre en compte les effets d'échelle à l'œuvre dans les phénomènes étudiés. Le slogan de l'Agenda 21, de « penser globale-



ment, agir localement », doit dans bien des cas, être repensé, sinon inversé<sup>2</sup>.

Les questions que pose l'instauration de politiques du développement durable se trouvent informées par les différentes disciplines qui y contribuent et en particulier la géographie. Il faut alors souligner que cette discipline est aujourd'hui – et ce n'est certainement pas la seule – profondément transformée par la place qu'a prise l'informatique.

Henri Desbois (2015) analyse les évolutions qui résultent de l'usage du numérique dans la discipline. En particulier il souligne l'importance que jouent aujourd'hui les systèmes d'information géographiques (SIG). Il écrit : « Au-delà de la question des limites inhérentes au logiciel ou des biais des données, l'approche imposée par les SIG privilégie presque inéluctablement un point de vue statistique, surplombant, désincarné et technocratique, soit le regard du dominant, seul en position de produire la donnée »<sup>3</sup>.

Il souligne l'impact des logiques informaticiennes sur les pratiques géographiques, elles-mêmes souvent transparentes pour les utilisateurs : « Lorsqu'on demande à l'un d'eux pourquoi il n'explore pas telle ou telle hypothèse, il n'est pas rare qu'il réponde "ArcView 7 ne le permet pas" »<sup>4</sup>.

#### 4. L'impact du point de vue spatial

Mais nous pourrions aller plus loin et facilement admettre que la mise en œuvre croissante des SIG, résulte en première approche de l'informatisation croissante de la société. Mais ce serait, spécialement pour ces dispositifs, ignorer le rôle qu'a joué le spatial dans leur développement.

Selon Henri Desbois, il n'est « pas exagéré d'affirmer que toutes les techniques de la géographie contemporaine ont une origine militaire : le satellite d'observation de la Terre, la nouvelle géodésie, le traitement numérique des données géographiques, le GPS ont tous été développés spécifiquement dans le cadre de la dissuasion nucléaire américaine, et ont trouvé leurs premières applications dans le domaine militaire »<sup>5</sup>.

##### 4.1 *Tous les satellites ne sont pas militaires*

Henri Desbois, souligne que dès les années '60 :

La disponibilité de moyens informatiques dans les grandes administrations et dans les universités les mieux dotées, d'abord surtout aux États-Unis), a permis d'expérimenter le traitement de données spatialisées. Cette tendance s'est accrue à partir de la mise en service des premiers satellites civils d'observation de la Terre (ERTS 1, premier satellite du programme

Landsat 1, est lancé en 1972). [...] Le premier satellite Landsat a fonctionné pendant six ans, alors que les missions des satellites militaires contemporains, de la série Hexagon, dureraient de quelques semaines à quelques mois<sup>6</sup>.

Aujourd'hui les opérateurs privés ou institutionnels fournissent des données qui sont exploités par les SIG civils et militaires. Les données alimentant les bases de données de ces applications n'ont pas toutes une origine spatiale mais elles sont souvent combinées avec elles. En tout état de cause, les données planétaires (globales) pour lesquelles l'arpentage n'est pas possible, sont satellitaires.

#### *4.2 L'originalité de l'observatoire spatial*

Comme l'écrit Michel Avignon : « Les activités spatiales possèdent par rapports aux autres activités humaines une position particulière parce qu'elles se situent en dehors de l'environnement terrestre à une distance où la Terre est devenu un corps céleste. Les satellites constituent des observatoires de la planète, fixes ou mobiles selon les orbites adoptées ».

« L'orbite géostationnaire crée les conditions d'une immobilité apparente du satellite: le satellite à 36000 km au-dessus du sol tourne autour de la Terre dans le plan équatorial à la même vitesse angulaire que celle-ci tourne sur elle-même ». Deux conséquences: il faut plusieurs satellites pour voir l'ensemble du globe et les zones polaires restent toujours hors de portée ».

« Les orbites défilantes, elles sont beaucoup plus basses (de 500 à 1500 km) et dans un plan incliné par rapport à l'équateur, le satellite parcourt un peu plus d'une dizaine de circonférences par jour »<sup>7</sup>.

Le satellite défile très vite (7 à 8 km/s), il fournit très rapidement un grand nombre de mesures indépendantes; par exemple, alors qu'un réseau de radiosondes terrestre fournit de l'ordre de 500 points de mesures, les satellites météorologiques polaires vont donner environs 15000 sondages indépendants par jour. De plus l'instrument spatial est unique: c'est le même instrument qui effectue ses mesures en tout point de la Terre. Cela simplifie énormément les questions d'inter-étalonnage des mesures, hormis la question du passage d'un satellite au suivant (Avignon 2014: 79).

« C'est en cela que l'on dit que l'apport premier du satellite a été de créer un "point de vue unique" et original sur notre planète, aujourd'hui irremplaçable »<sup>8</sup>.

Et, faut-il le rajouter, le satellite permet de prendre conscience de la finitude de notre planète, qui apparaît comme un vaisseau sur lequel toute l'humanité est embarquée.

L'espace a pris en quelques décennies, une importance considérable dans les sociétés modernes, sans que nos concitoyens en aient toujours pleinement conscience. L'observation de la Terre, à partir de satellites dédiés, permet notamment de suivre les changements globaux auxquels notre planète est soumise sous l'effet des phénomènes naturels et de la pression anthropique, et éventuellement d'anticiper certains de leurs impacts sur les sociétés humaines. Mais les milliers de satellites qui tournent au-dessus de nos têtes jouent également un rôle important dans notre vie quotidienne. Chaque jour, la télévision nous montre des images de l'atmosphère terrestre prise par des satellites météorologiques: ces images, ainsi que nombre de mesures réalisées les satellites depuis l'espace et le sol nous prédisent le temps qu'il fera<sup>9</sup>.

Toutes les missions spatiales ne concernent pas l'observation et la surveillance de la planète, puisque d'autres se préoccupent d'accès à l'espace, d'exploration de l'univers, de télécommunication et de la défense.

Mais concernant la mission d'observation on peut lire sur le site officiel du CNES: « la planète Terre vit sous le regard constant des satellites qui l'observent, étudient son atmosphère et fournissent des données indispensables pour la météorologie, l'océanographie, ou encore l'altimétrie. » (CNES 2016). Il n'échappera à aucun spécialiste du langage que la planète a un nom propre, qu'elle est un être vivant et que les satellites sont dotés d'une compétence cognitive à l'instar de HAL.

## 5. Quelques exemples de missions d'observation

Donnons maintenant quelques exemples de missions d'observation et de surveillance de la « planète Terre »<sup>10</sup>.

### 5.1 *Mesure de la hauteur des océans*

SARAL/AltiKa: premier satellite au monde équipé d'un altimètre utilisant la bande Ka (35.75 GHz) pour mesurer la hauteur des océans. Lancé le 25 février 2013, le satellite SARAL/AltiKa est une collaboration entre la France et l'Inde dans le domaine de l'observation et la surveillance de l'environnement. Sur une plate-forme développée par l'Agence spatiale indienne sont embarqués deux instruments indépendants, ARGOS-3 et AltiKa. ARGOS-3 permet de localiser et de collecter des données environnementales sur tout « objet » équipé d'un émetteur Argos: bouées dérivantes, tortues, oiseaux...

### *5.2 Estimation des émissions de carbone dues à la déforestation*

BIOMASS: Cartographier la biomasse des forêts afin d'estimer les quantités de carbone stockées, telle sera la mission du satellite Biomass à partir de 2020. Le but: évaluer avec précision l'impact des forêts sur le cycle du carbone et les changements climatiques. Biomass est la septième mission du programme *Earth Explorer* de l'ESA.

### *5.3 Etude du climat*

Orbitant à 705 km au-dessus de nos têtes, le mini-satellite CALIPSO (*Cloud Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observations*) analyse les nuages et les aérosols depuis 2006. Des mesures destinées à mieux comprendre le rôle des nuages et des aérosols sur le climat. Réalisé en collaboration avec la NASA, il vole au sein de l'A-Train, une constellation de satellites qui orbitent autour de la Terre en se succédant à quelques minutes d'intervalle.

A-Train est une constellation de satellites en cours de déploiement devant comporter, à terme, sept satellites franco-américains d'observation de la Terre, en orbite héliosynchrone circulaire. Chaque satellite a une mission spécifique, mais leurs données combinées fournissent des informations exhaustives sur la constitution de l'atmosphère (nuages, gaz, molécules et aérosols) ainsi que sur l'évolution du climat.

### *5.4 Prévision de l'état de la mer*

En 2018, le satellite CFOSAT (*China-France Oceanography SATellite*) sera mis en orbite terrestre afin d'étudier le vent et les vagues à la surface des océans. Ces données permettront de réaliser des prévisions plus fiables de l'état de la mer, mais aussi de mieux comprendre les interactions entre l'océan et l'atmosphère. En collaboration avec l'agence spatiale chinoise CNSA (*China National Space Administration*)

### *5.5 Etude des changements climatiques*

La mission CRYOSAT du programme *Earth Explorer* de l'ESA, lancé le 8 avril 2010, est dédiée au suivi précis des changements d'épaisseur de glace de mer flottant sur les mers polaires ainsi qu'à l'étude des variations d'épaisseur des vastes couches de glace qui recouvrent le Groenland et l'Antarctique.

### 5.6 *Observation de la Terre*

Lancé en décembre 2011, Pléiades est un système d'imagerie spatiale à très haute résolution, capable de fournir des clichés de n'importe quel point du globe en moins de 24h. Constitué de deux satellites placés sur la même orbite, ce dispositif fournit des photographies aux acteurs civils et militaires. L'instrument a une résolution de 70 cm seulement.

À l'origine, Pléiades a été développé dans le cadre d'un programme franco-italien. Le programme Pléiades a bénéficié aujourd'hui de la coopération de la Suède, la Belgique, l'Espagne et l'Autriche, qui ont participé à la fabrication des satellites.

### 5.7 *Surveillance de l'environnement*

La mission de Copernicus est de rationaliser l'utilisation de données relatives à l'environnement et à la sécurité issues de sources multiples, afin de disposer d'informations et de services fiables chaque fois que cela est nécessaire.

L'initiative européenne lancée en 2011 de surveillance globale pour l'environnement et la sécurité dite *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES), est devenu Copernicus en 2012. Elle permet de rassembler l'ensemble des données obtenues à partir de satellites environnementaux et d'instruments de mesure sur site, afin de produire une vue globale et complète de l'état de notre planète: évolution de l'occupation des sols, caractérisation des variables bio-géophysiques sur les terres émergées, prévision de l'état des océans, aide à la gestion de crise sur des zones affectées par des catastrophes naturelles ou industrielles, suivi de la composition chimique et la qualité de l'air, analyse des variables climatiques essentielles et développement d'outils pour la mise en place de services climatiques.

Le programme Copernicus est le volet européen du GEOSS (Global Earth Observation System of Systems), un programme mondial d'observation de la Terre initié par l'UE, les États-Unis, le Japon et l'Afrique du Sud.

## 6. Différents points de vue sur le durable

### 6.1 *Description par points de vue*

Les exemples de missions d'observation que nous venons de donner, suffisent à justifier l'idée qu'un système spatial est un système complexe.

Nous adoptons ce terme au sens où le définit Jean-Louis Le Moigne (1990 : 3) : « un système que l'on tient pour irréductible à un modèle fini, aussi compliqué, stochastique, sophistiqué que soit ce modèle, quelle que soit la taille de ses composants, l'intensité de leurs interactions ». Nous admettrons alors que pour décrire un système spatial, plusieurs points de vue vont devoir être mobilisés.

Nous donnons ici à *point de vue* son sens courant, à savoir la manière propre à un groupe social ou à une corporation professionnelle, de décrire le monde. En pratique un point de vue va correspondre à un sociolecte ou un technolecte. Il nous faut ici insister sur le fait que dans des situations réelles telle que la conception de systèmes spatiaux, l'établissement d'une description sémantique formelle<sup>11</sup> de référence qui résulterait du dépassement des différents points de vue en présence paraît hors de portée<sup>12</sup>. Seules des descriptions produites selon des points de vue particuliers, sont envisageables. L'enjeu permanent pour les ingénieurs est d'assurer la compatibilité mutuelle de ces différentes descriptions.

Indiquons que la notion de point de vue a reçus des élaborations théoriques diverses citons :

- en sémiotique du discours, le travail de Jacques Fontanille (voir Fontanille (1989))
- en narratologie, les travaux d'Alain Rabatel (1998 et 2008)
- en ingénierie des exigences, voir Easterbrook et al. (1994)
- dans le domaine des systèmes Multi-agents dans les systèmes complexes, voir Müller et Aubert (2012) ainsi que Müller et Diallo (2012)

À cette liste, convient-il d'ajouter les travaux menés par nous-même sur une approche sémiotique des points de vue dans le cadre des systèmes complexes en général et des systèmes d'information en particulier (voir par exemple, Galarreta 2013). Il s'agit dans cette approche, de décrire les conditions dans lesquelles des points de vue sont susceptibles de se confronter pour produire éventuellement, à l'issue d'un processus de corrélation de ces points de vue, un objet qui soit compatible avec l'ensemble des points de vue en présence.

Limitons-nous alors à la notion que nous venons d'indiquer, dans son acception la plus courante, en acceptant par avance les imprécisions qu'elle comporte. En tout état de cause, elle relève du domaine de la communication au sens large, mais ne s'y limite pas. Selon l'approche que nous adoptons, ignorer des points de vue à l'œuvre peut empêcher la réalisation d'un projet.

## 6.2 *Analyse des points de vue en présence*

Livrons-nous à l'analyse naïve des points de vue présents dans le cadre du développement durable, de la géographie et du domaine spatial :

### 6.2.1 Le développement durable

Les objets du développement durable résultent de la confrontation et de la corrélation (au sens de convergence) au moins des points de vue (PdV) suivants :

- PdV éthique
- PdV politique
- PdV médiatique
- PdV écologiste
- PdV géographique
- PdV scientifique (hors géographique)

A cette liste, il s'agit de rajouter :

- PdV spatial pour rendre compte en premier lieu de la prise de conscience que ce point de vue a permis d'avoir de la finitude de notre planète et ensuite de l'élaboration des données (spatiales) informant – en dehors des *Systèmes d'informations géographiques* (SIG)–, les objets du développement durable.

### 6.2.2 La géographie

Les objets de la géographie comportent aujourd'hui les SIG. Ces mêmes SIG résultent à leur tour de la confrontation et de la corrélation au moins des points de vue suivants :

- PdV computationnel (i.e le point de vue du calcul numérique portant sur des données discrètes numériques. On pourrait également utiliser le terme d'informatique au risque d'exclure, des objets tels que microprogrammes de contrôle de capteurs, programme d'échantillonnage de signaux analogiques, etc.)
- PdV spatial
- PdV de la géographie traditionnelle (i.e. d'avant l'informatique)

### 6.2.3 Le domaine spatial

Pour terminer ce recensement, nous listons quelques-uns des points de vue dont la confrontation et la corrélation produisent les objets du domaine spatial.

- PdVs Techniques

- PdVs Scientifiques
- PdVs Programmatiques
- PdVs Financiers
- PdVs Diplomatiques
- PdVs Juridiques

Il faut ici rappeler les spécificités des systèmes spatiaux et des activités spatiales:

- Taille des systèmes spatiaux (entre 700 à 36000 km pour les systèmes satellitaires complets, ou 405 millions de km dans le cas de la sonde Rosetta) excède toute possibilité d'essai en grandeur réelle ou de réparation.
- Milieux hostile (-100 à +150° C 14 fois par jour, rayonnements UV, X, gamma, oxygène atomique, micrométéorites, débris).

Ces spécificités nécessitent une énorme activité de modélisation, mettant en œuvre le PdV Computationnel. La conquête de l'espace n'aurait pu exister sans l'avènement des ordinateurs. Le calcul de trajectoires est un aspect suffisamment connu pour qu'on y insiste pas. D'autres aspects sont moins connus. Dans la chronologie d'un lancement Ariane 5, à H0 - 6 min 30 s, débute la séquence synchronisée. Le compte à rebours final est pris en charge par les ordinateurs. Les vannes d'alimentation du moteur sont ouvertes. Le lanceur passe sur l'alimentation électrique de bord. Les systèmes de pilotage et les programmes de vol sont activés. On est donc fondé à rajouter à la liste des PdV déjà recensés, le PdV Computationnel.

Quand nous disons que ces points de vue produisent des objets du domaine spatial, nous voulons dire que la présence de ces points de vue est une condition nécessaire pour la présence de ces objets spatiaux. Selon l'hypothèse que nous avons prise, si l'un de ces points de vue n'est pas présent, l'objet correspondant ne peut se réaliser. Cette observation vaut évidemment pour tous les objets de tous les domaines qu'on vient d'examiner rapidement.

### *6.3 Conclusion intermédiaire*

On aboutit donc au terme de ce raisonnement naïf à la conclusion que les objets du développement durable ne sauraient se réaliser, en l'absence d'un point de vue computationnel<sup>13</sup>.



## 7. Méthodologie sémiotique

Si le raisonnement précédent peut être qualifié de naïf, c'est qu'il se réfère à des notions de sens commun, dont on admet sans discussion, qu'elles sont largement partagées dans notre société, sans nécessiter un apprentissage spécialisé.

Dans ce qui suit nous exposons les bases méthodologiques d'une description par points de vue, en s'efforçant que celle-ci soit compatible avec celle que nous venons de donner du développement durable.

Nous nous limiterons sur ces bases, à l'élucidation des notions de points de vue, d'informations, de connaissances et de données.

Il nous faut indiquer ici clairement que ces bases méthodologiques se réfèrent à la glossématique de L. Hjelmslev comme théorie de référence. Elles lui empruntent de ce fait des notions essentielles (plan, expression, contenu, forme, substance...). Mais elles introduisent des notions qui leurs sont propres. Certaines de ces notions qui sont présentées plus bas, nécessiteraient des développements qui ne sont pas proposés ici : soit que ces développements soient à faire, soit qu'ils ne soient pas à leur place dans le cadre de cet article.

### 7.1 *Existence sémiotique*

Dans ce qui suit, les objets sont considérés en tant qu'objets sémiotiques, c'est-à-dire, en tant qu'ils sont appréhendés par une théorie sémiotique. Dans l'entrée « existence sémiotique » du *Dictionnaire*, Greimas et Courtés (1979) soulignent que ces objets sont « présents d'une certaine manière pour le chercheur, et que celui-ci est ainsi amené à examiner soit des relations d'existence, soit des jugements existentiels explicites ou implicites qu'il trouve inscrit dans le discours : il est obligé de se prononcer sur le mode particulier d'existence : l'existence sémiotique ».

Avant d'aborder la question des objets sémiotiques, il nous faut introduire la méthodologie sémiotique vis-à-vis de laquelle ces objets sont définis.

### 7.2 *Point de vue*

Nous commençons par définir un point de vue comme la manière dont un individu ou un groupe d'individus (correspondant respectivement à un point de vue individuel et à un point de vue collectif) produit une signification.

Pour aller au-delà des sens naïfs possibles de signification, il est nécessaire d'introduire la distinction qu'opère Hjelmslev entre forme et substance.

« Des exemples valables sont fournis par une prononciation (donc substance phonématique) et une notation phonologique correspondante (ou une orthographe susceptible d'en faire fonction), ou bien par une orthographe (substance graphématique) et une système de signaux par pavillons où chaque signal, ou chaque pavillon correspond à un seul graphème.[...] Dans les exemples de ce genre, il faut pouvoir dire que malgré le fait inévitable que la substance reflète la forme, plusieurs substances concourent pour manifester la forme » (voir Hjelmslev 1954: 58-59).

La signification correspond à la manifestation dans le plan du contenu d'une forme dans une substance. « Une substance ne se reconnaît que par un forme apriorique ou aposteriorique. La forme aposteriorique dont on peut déduire la substance des idées ou les significations est la forme du contenu linguistique, la seule forme aposteriorique en matière d'ontologie » (voir Hjelmslev 1939: 141).

Ce mécanisme de formation d'une signification dans le plan du contenu a été analysé par Hjelmslev de manière détaillée dans l'article « La stratification du langage » (voir Hjelmslev 1954: 45-77). C'est à ce mécanisme-là que nous nous référons.

Donnons quelques exemples de significations. Pour un anglais, la définition d'un animal domestique dressé pour la chasse ou pour la vigilance ou même un animal de compagnie, correspondra à la valeur linguistique de chien. Chez les eskimos, cette valeur linguistique sera attribuée à un animal de trait; chez les persans, elle le sera à un animal sacré et chez les hindous, cette même valeur sera attribuée à un animal paria. Chacune de ces associations définit la signification de la définition correspondante. (Hjelmslev 1954: 61).

Définie dans le plan du contenu, il faut immédiatement souligner que la définition de la signification se transpose au plan de l'expression et cette transposition est essentielle pour nous. C'est Hjelmslev qui a observé le fonctionnement analogue des deux plans:

Les termes mêmes de plan de l'expression et de plan du contenu et de façon plus générale, d'expression et de contenu ont été choisis d'après l'usage courant et sont tout à fait arbitraires. De par leur définition fonctionnelle il est impossible de soutenir qu'il soit légitime d'appeler l'une de ces grandeurs expression et l'autre contenu et non l'inverse. Elles sont définies comme solidaires l'une de l'autre et ni l'une ni l'autre ne peuvent l'être plus précisément. Prises séparément, ne on peut les définir que par opposition et de

façon relative, comme [termes aboutissants] d'une même fonction qui s'opposent l'un à l'autre (Hjelmslev 1971<sup>2</sup>: 79).

Le projet de théorie sémiotique, qu'on désignera comme *sémiotique multi-points de vue*, sera alors d'expliciter sous forme d'une construction conceptuelle, les conditions de la saisie et de la production du sens de « mises en présence de points de vue ».

### 7.3 Quelques définitions et propriétés

- D1 : une vue selon un point de vue correspond à une signification formée par un point de vue.
- D2 : la confrontation entre deux points de vue correspond à l'existence d'une fonction sémiotique (semiosis) entre deux points de vue.

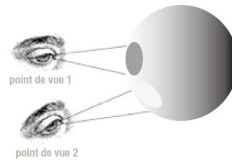


Figure 1: Informations : confrontation de points de vue

- P1 : une vue ne saurait exister en dehors d'une confrontation de points de vue. Justification: Voir « la stratification dans le langage » in Hjelmslev (1954: 45-77).
- P2 : un point de vue n'est analysable que dans le cadre d'une confrontation de points de vue. Justification: résulte directement de sa définition et de la propriété P1.
- D3 : Une *information* est une vue relative à un point de vue dans le cadre d'une confrontation entre plusieurs points de vue.

Le fait qu'un point de vue donné soit en situation de confrontation avec un autre point de vue n'a aucun rapport a priori avec le fait qu'au plan sémantique – pour le point de vue considéré – les significations qui en résultent soient jugées bien formées ou acceptables<sup>14</sup>.

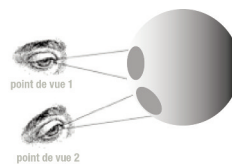


Figure 2: Connaissances : corrélation de points de vue

Sur un plan empirique, on observe souvent, à la suite d'une confrontation avec d'autres points de vue, que de nouvelles significations – ou vues – vont être produites par le point de vue de référence. Ces vues peuvent être alors jugées comme mieux formées ou plus acceptables ; corrélativement, une évolution analogue peut avoir lieu pour les autres points de vue en présence.

- D4: On désignera cette situation comme la corrélation des points de vue en présence<sup>15</sup>.
- D5: Une connaissance est une vue relative à un point de vue donné dans le cas où ce point de vue contracte une corrélation avec d'autres points de vue.

Dans ce qui précède nous n'avons pas encore qualifié la collection des points de vue susceptibles d'interagir.

- D6: Le contexte d'une connaissance selon un point de vue à un moment donné, est constitué de ce point de vue et de la collection des points de vue qui sont corrélés avec lui à ce moment-là<sup>16</sup>.

Par analogie on définit le contexte d'une information selon un point de vue.

- D7: le contexte d'une information selon un point de vue à un moment donné, est constitué de ce point de vue et de la collection des points de vue qui se confrontent avec lui à ce moment-là.
- D8: Dans le cas où la confrontation d'un point de vue donné avec d'autres points de vue est un processus non évolutif, on dira que ces autres points de vue sont mis entre parenthèses relativement à la confrontation. Dans ces circonstances, une vue relative à ce point de vue, est définie comme une donnée de schématisation.
- D9: Dans le cas où la corrélation d'un point de vue donné avec d'autres points de vue est un processus non évolutif, on dira que ces autres points de vue sont mis entre parenthèses relativement à la corrélation. Dans ces circonstances, une vue relative à ce point de vue, est définie comme une donnée, de modélisation.

On remarquera que la caractérisation d'une vue selon un point de vue donné, en tant que donnée est une décision d'analyse: décision d'ignorer les autres points de vue impliqués soit dans la confrontation, soit dans la corrélation, du point de vue donné. Cependant, étant admis qu'on ne saurait appréhender cette vue en dehors, soit d'une confrontation, soit d'une corrélation du point de vue correspondant avec un autre point de vue, on est conduit à introduire nécessairement ce dernier<sup>17</sup>. On le désigne comme un point de vue d'analyse.

- D10: La valeur de donnée de schématisation ou de donnée de modélisation ou d'information ou de connaissance d'une vue selon un point de vue – résultant des interactions des différents points de vue constituant le contexte de la vue en question –, sera désignée comme la valeur heuristique de la vue selon ce point de vue dans un contexte (de la vue) donné.

Cette notion est à distinguer de la valeur linguistique d'une unité de la langue. En effet, la valeur heuristique d'une vue, relève du niveau méthodologique de la sémiotique que nous décrivons puisqu'elle rend compte de la manière dont la signification est produite dans un contexte impliquant plusieurs points de vue. Le choix du qualificatif heuristique, résulte du fait qu'une vue, selon qu'elle correspond à une donnée de schématisation ou à une donnée de modélisation ou à une information ou à une connaissance, ne permettra pas de répondre au même type de question (voir Galarreta 2014).

## 8. Retour sur l'existence sémiotique

Selon sa valeur heuristique, une vue va correspondre à différents niveaux d'existence d'un objet sémiotique (voir Galarreta 2013):

- Une information correspondra à une vue d'un objet actualisé
- Une connaissance correspondra à une vue d'un objet réalisé (ou simplement objet)
- Une donnée de schématisation correspondra à une vue d'un objet actualisé
- Une donnée de modélisation correspondra à une vue d'un objet potentialisé

Si on adhère à cette épistémologie « constructiviste », l'émergence d'objets dépend de la production de connaissances – et non l'inverse. Les données de modélisation, en particulier les données scientifiques telles que celles qui sont produites par les expériences spatiales, sont susceptibles d'être converties en de nouveaux objets potentialisés faciles à transmettre et à restaurer dans leur niveau d'existence réalisé – à l'identique ou sous la forme de nouveaux objets. Les techniques d'impressions 3D ou de fabrications additives, sont des exemples concrets de ces transformations opérant sur des données de modélisations.

Le point de vue computationnel que nous avons singularisé dans notre analyse du développement durable, est un point de vue qui s'intéresse à l'information en tant que la computation correspond à la manipulation de symbole à partir de règles. En pratique cela conduit à transfor-

mer des données de schématisation en des données de modélisation (voir Galarreta 2014).

## 9. En forme de synthèse

La philosophie grecque et la tradition occidentale à sa suite désignaient, la réalité extra-atmosphérique par le terme de cosmos – « belle totalité ordonnée » – réalité éternelle et immuable, figée, fixée pour l'éternité. Mais l'espace va naître avec la fin du cosmos. La révolution scientifique de la fin du XVI<sup>e</sup> et du début du XVII<sup>e</sup> brise les sphères du cosmos. On va alors voir surgir successivement une conception de l'astronautique dès le XVII<sup>e</sup> siècle, sa naissance au milieu du XX<sup>e</sup> siècle, son développement (l'exploration d'une part, l'exploitation d'autre part). L'émergence de la notion de sustainability va apparaître au début du XXI<sup>e</sup> siècle (COPUOS, Vienne) Cela constitue alors un vrai défi d'adaptation créatrice: adapter l'espace à l'humain et l'humain à l'espace. Cette adaptation peut aller jusqu'à l'utopie: la station de « 2001, l'Odyssée de l'espace » de S. Kubrick, ou les colonies de Gerard O'Neil.

Les activités spatiales, notamment grâce aux satellites, vont en retour permettre de prendre conscience de la finitude de notre planète. À partir de ce « point de vue de l'espace », la planète Terre, apparaît comme un vaisseau sur lequel toute l'humanité est embarquée. Mais, nous l'avons montré, elles fournissent des données précises à interpréter et à convertir en décisions. Dès lors, la pensée du durable devient tributaire de ce que nous avons appelé le point de vue computationnel, dont il s'agit de ne pas ignorer l'importance. L'approche sémiotique naïve que nous avons adoptée, nous a permis d'argumenter cette position. Nous avons ensuite décrit les bases théoriques d'une telle approche qui permet une élucidation des notions de points de vue, d'informations, de connaissances et de données. A l'évidence, ces notions ne jouent pas seulement un rôle dans le contexte du développement durable, mais elles participent à la représentation de la forme du monde.

## Notes

- 1 Citation de Vincent Clément, maître de Conférences à l'ENS de Lyon, Laboratoire de BioGéo in Clément (2004).
- 2 Cette observation est due à CLEMENT (2004).
- 3 DESBOIS (2015: 47).
- 4 *Ibid.*, citation de CHRISMAN (2005: 25).
- 5 *Ibid.*, p. 48.
- 6 DESBOIS (2015: 41).
- 7 AVIGNON (2014).

- 8 *Idem.*
- 9 Citation dans CHATEAURAYNAUD et DEBAZ (2014), d'un article d'Anny Cazenave, géophysicienne, membre de l'académie des sciences, paru dans *Le Figaro* 21 juin 2013: En quoi les satellites, changent-ils, notre vie quotidienne ?
- 10 Les informations qui suivent proviennent du site officiel du CNES, Entrée Bibliothèque des projets du CNES [https://cnes.fr/fr/fiches\\_mission\\_theme](https://cnes.fr/fr/fiches_mission_theme) (site consulté le 7 juillet 2015).
- 11 C'est-à-dire d'une ontologie formelle, telle que celles qui sont aujourd'hui construites pour la recherche d'informations. T. Grüber définit une ontologie « comme une spécification d'une conceptualisation » (GRÜBER 1993).
- 12 On peut alternativement penser organiser les différents « être » particuliers des composants qui participent à « l'être » global du système visé – au travers autant d'ontologies locales. Mais cette solution pragmatique pose problème et les difficultés qu'elle rencontre semblent alors donner raison aux tenants d'une ontologie globale – même si, peut-être, elle n'existe pas.
- 13 Une société dans laquelle le point de vue computationnel serait absent n'aurait donc pas de préoccupations en lien avec la question d'un développement durable du monde dans lequel elle existe. Ce qui n'implique pas pour autant, qu'elle ne se serait pas confrontée à des problèmes, que nous qualifierions aujourd'hui d'écologiques.
- 14 Voir *valides* dans le cas où il est possible de se référer pour le point de vue en question, à une sémantique vériconditionnelle.
- 15 Il s'agit évidemment d'une définition informelle. Empiriquement, cette *situation* résulte d'une *évolution*. On admet que la confrontation de points de vue, précède nécessairement leur corrélation. Le mécanisme qui permet cette évolution au sein des points de vue en présence, est un mécanisme de *négociation* – mécanisme pour lequel il ne nous est pas possible de fournir pour l'instant, une description dans le cadre de la théorie elle-même.
- 16 Voir GALARRETA (1997) pour une justification de cette définition.
- 17 Cet impératif résulte dans les deux cas de la propriété P1 mentionnée plus haut.

## Bibliographie

AVIGNON, MICHEL

- (2014) « Rendre le système visible et mesurable », in DUBOIS, AVIGNON, ESCUDIER (éds), *Observer la Terre depuis l'espace. Enjeux des données spatiales pour la société*, Paris, Dunod.

CHATEAURAYNAUD, F. ET DEBAZ J.

- (2014) « Métrologies spatiales et milieux en interactions », in DUBOIS, AVIGNON, ESCUDIER (éds), *Observer la Terre depuis l'espace. Enjeux des données spatiales pour la société*, Paris, Dunod, p. 191-214.

CHRISMAN, NICHOLAS

- (2005) « Full circle: more than just social implications of GIS. », *Cartographica*, vol. 40, n° 4, p. 23-35.

DESBOIS, HENRI

- (2015) « La carte et le territoire à l'ère numérique ? » *Socia*, n° 4, p. 39-60.

EASTBROOK, S.M. ET FINKELSTEIN, A., KRAMER, J., NUSEIBEH, B.

- (1994) « Co-ordinating Distributed Viewpoints: The Anatomy of Consistency Check », *Concurrent Engineering: Research and Applications*, 2(3), CERA Institute, West Bloomfield, p. 209-222.

FONTANILLE, JACQUES

(1989) *Les espaces subjectifs*, Paris, Hachette.

GALARRETA, DANIEL

(1997) « A viewpoints approach of context and memory in the empiric case of a space mission », *European Conference on Cognitive Science*, n° 9-11, Manchester, p. 243-247.

(2013) « Are things, objects? A semiotic contribution to the Web of Things », in LIU, K., LI, W. et GULLIVER, S.R. (éds), *Web of Things, People and Information Systems, ICISO Proceedings*, p. 157-166.

(2014) « Approche sémiotique de la multidisciplinarité. Une contribution à l'analyse de l'interrogation d'un système à base de connaissances multidisciplinaires », *Rencontres interdisciplinaires sur les systèmes complexes naturels et artificiels*, Rochebrune.

GREIMAS, A. J. ET COURTÈS, J.

(1979) *Sémiotique. Dictionnaire raisonné de la théorie du langage*, Paris, Hachette.

GRUBER, THOMAS ROBERT

(1993) « A translation approach to portable ontologies », *Knowledge Acquisition*, 5(2), p. 199-220.

HJELMSLEV, LOUIS

[1939] « La structure morphologique », *Essais Linguistiques*, Paris, Minuit, (1971), p. 122-146.

[1943] *Prolégomènes à une théorie du langage*, Paris, Minuit, 1971<sup>2</sup>.

[1954] « La stratification dans le langage », *Essais Linguistiques*, Paris, Minuit, (1971), p. 45-77.

MÜLLER, J.-P. ET AUBERT, S.

(2012) « Formaliser les rôles et les territoires par les systèmes multi-agents institutionnels », *Systèmes Multi-Agents: Ouverture, Autonomie, et Co-évolution*, JFSMA'12 – Vingtèmes journées francophones sur les systèmes multi-agents.

MÜLLER, J.-P. ET DIALLO, A.

(2012) « Vers une méthode multi-point de vue de modélisation multi-agent », *JFSMA'12 – Vingtèmes journées francophones sur les systèmes multi-agents*.

RABATEL, ALAIN

(1998) *La construction textuelle du point de vue*, Paris, Delachaux et Niestlé.

(2008) *Homo Narrans I et II*, Limoges, Lambert-Lucas.

## Sitographie

CLÉMENT, VINCENT

(2004) « Le développement durable: un concept géographique ? », *Géoconfluences*.  
<http://geoconfluences.ens-lyon.fr/doc/transv/DevDur/DevdurScient.htm>  
[Consulté le 7 juillet 2015].

CNES

(2016) « Les 5 domaines d'intervention du CNES »,  
<https://cnes.fr/fr/web/CNES-fr/3358-les-5-themes-dapplications.php>  
[Consulté le 30 mars 2016].