Table ronde

L'espace : un concept fédérateur pour les disciplines

Sylvain Lallemand,
journaliste à la revue *Sciences humaines*

Pierre-Louis Contreras,
Cnes (composante spatiale)

Claude Bergmann,
IGEN de sciences et techniques industrielles

Bruno Mellina,
IGEN d'histoire-géographie

Guy Menant,
IGEN de sciences de la vie et de la Terre

Jacques Moisan,
IGEN de mathématiques

Gilbert Pietryk,
IGEN de sciences physiques et chimiques

Sylvain Lallemand : Je suis très heureux de participer aux débats de cet après-midi. En effet, c'est la première fois que j'ai la possibilité d'animer une table ronde avec des intervenants couvrant un large spectre des sciences. Il est vrai que l'Éducation nationale est l'un des rares lieux où des personnes de différentes disciplines peuvent se rencontrer.

Après avoir assisté aux conférences et aux ateliers, force est de constater l'extrême richesse des connaissances de la Terre qu'il est possible d'acquérir depuis l'espace. J'ai aussi été très surpris par la diversité des applications de ces connaissances aux différents secteurs de la vie économique, sociale et politique.

Néanmoins, de nombreux efforts doivent être effectués pour améliorer la diffusion des connaissances et pour les intégrer dans les enseignements. En effet, les connaissances s'acquièrent grâce à des logiciels, des images satellite et plus largement, grâce à des technologies dont le coût est loin d'être négligeable et dont la diffusion ne va pas de soi, malgré l'essor de la numérisation et d'Internet.

La deuxième limite tient à la multidisciplinarité du savoir, que l'on ne manque pas de développer, dès lors que l'on travaille sur l'espace. Comment intégrer ce type de savoir dans des enseignements, qui sont par nature cloisonnés ?

Telles sont les problématiques, sur lesquelles je souhaite interpeller les intervenants de cette table ronde. Mais auparavant, je leur propose d'expliquer dans quelle mesure l'espace est déjà intégré dans les différents enseignements.

Intégration de l'espace dans les enseignements

Sylvain Lallemand : Comment le thème de l'espace est-il intégré dans le domaine des sciences de la vie et de la Terre ?

Guy Menant : Par exemple, les élèves de 1re ES peuvent travailler sur la gestion des exploitations forestières. Il est possible de travailler à partir de photos satellite numérisées sur un ordinateur et d'échantillons prélevés sur le terrain. En outre, les classes de lycée utilisent de plus en plus de données GPS. Des opportunités existent donc ; ne faudrait-il justement pas en saisir davantage ? Enfin, je note que les interventions que j'ai pu entendre hier, mettent en exergue le fait que l'interdisciplinarité semble essentielle pour aborder ce type de problème.

Sylvain Lallemand : Est-ce le cas des sciences physiques et chimiques ?

Gilbert Pietryk : Les sciences physiques sont une matière relativement privilégiée, puisque tout ce qui concerne l'espace est traité dès l'école élémentaire. Notamment, nous invitons les jeunes élèves à réfléchir sur la construction du Système solaire. En classe de seconde, les élèves étudient la gravitation, dont la formalisation mathématique est enseignée en classe de terminale.

Pourquoi l'espace est-il enseigné tout au long de la scolarité ? D'une part, le thème de l'espace fascine les jeunes et les moins jeunes, et il suscite un grand nombre d'interrogations. D'autre part, il existe dans le domaine des sciences physiques quatre interactions fondamentales, dont deux sont directement liées à l'espace : l'interaction gravitationnelle (à l'échelle astronomique) et l'interaction électromagnétique (à l'échelle atomique).

Sylvain Lallemand : Comment l'espace est-il intégré dans l'enseignement des sciences et techniques industrielles ?

Claude Bergmann : L'espace est une notion dont on parle peu, dans le domaine des sciences et techniques industrielles. Je constate, par ailleurs, que les sciences physiques, l'histoire et la géographie sont des matières qui ont été très souvent citées au cours des différents ateliers, contrairement aux sciences et techniques industrielles.

Les physiciens sont capables de comprendre les faits, les différents principes et de les modéliser à l'aide d'outils mathématiques. Les professionnels des sciences et

techniques industrielles sont des « bâtisseurs des temps modernes ». À ce titre, les technologies utilisées pour la construction découlent souvent de la recherche pour l'espace.

Par exemple, les couvertures très fines destinées à réchauffer les personnes blessées proviennent des mêmes matériaux que ceux qui sont utilisés pour protéger les satellites des rayonnements thermiques. De même, les systèmes de localisation GPS sont intégrés dans nos systèmes électroniques. À ce sujet, le projet Galileo marquera l'emprise européenne dans le domaine du GPS.

À mon sens, ces sujets mériteraient d'être beaucoup plus médiatisés qu'ils ne le sont aujourd'hui.

Sylvain Lallemand : Une meilleure médiatisation contribuerait-elle à rendre la discipline des sciences et techniques industrielles plus visible, voire à la valoriser ?

Claude Bergmann : Auparavant, les jeunes étaient passionnés par l'univers de Jules Verne, puis ils ont été enthousiasmés par celui du commandant Cousteau. Actuellement, ils sont passionnés par l'espace. Il serait intéressant de faire connaître le caractère transversal de ce thème, ce qui concerne également les sciences et techniques industrielles.

La réalisation de missions dans l'espace fait appel aux technologies les plus récentes, que ce soit en génie mécanique ou en génie électrique. Les contraintes imposées par l'environnement spatial permettent de réaliser de très hautes performances, notamment sur les matériaux thermiques.

Il conviendrait de faire connaître ces différents aspects, dans la mesure où le travail dans le domaine spatial exige, dans chaque discipline, un niveau d'excellence. En effet, il ne faut pas ignorer le fait que les projets spatiaux ne sont viables que grâce à l'association de la performance de chacun, et que ces projets ne tolèrent jamais la faute.

Sylvain Lallemand : J'ai le souvenir d'un professeur de mathématiques qui contait l'apport de l'astronomie au développement des mathématiques. Pourtant, il me semble que l'espace est peu intégré dans l'enseignement de cette discipline, en général.

Jacques Moisan : En effet, le développement des mathématiques et de la géométrie en particulier, s'est appuyé sur l'étude de l'astronomie. À l'époque, les étudiants en mathématiques bénéficiaient d'un programme de cosmographie, lequel a disparu depuis un certain temps. Les programmes actuels de mathématiques n'ont donc conservé aucune trace visible de l'étude de l'espace, à l'exception de l'étude de la géométrie dans l'espace.

Dans le domaine de l'étude de l'espace, les mathématiques sont une discipline omniprésente, qu'il s'agisse du cryptage, des télécommunications ou des mesures.

Quelles traces peut-on trouver de cette application mathématique au niveau de l'enseignement ? Dans les collèges, il est relativement facile de faire comprendre aux élèves le mécanisme des éclipses, par le biais d'outils comme les théorèmes de Thalès et de Pythagore.

D'une manière plus générale, la mesure est une notion qui relève des mathématiques. En particulier, l'espace pose le problème de la distance.

Sylvain Lallemand : Par exemple, les géographes utilisent très fréquemment des photos satellite. Qu'en est-il de l'enseignement de l'histoire ?

Bruno Mellina : Le rôle important des géographes s'explique par le fait que l'espace est l'objet même de l'étude de la géographie. Celle-ci a opéré une mutation fondamentale depuis une quarantaine d'années et elle s'affirme à présent en tant que science sociale. La notion d'« espace » est donc entendue par « espace géographique » : l'espace est une étendue terrestre, occupée et aménagée par des sociétés humaines, en vue de leur reproduction. Toutefois, cette notion n'exclut pas l'« espace interstellaire », puisque les sociétés humaines cherchent à l'occuper et à l'utiliser. Cependant, on entend par « espace géographique » un ensemble de relations entre les sociétés, un produit social organisé comprenant des éléments visibles (organisation de l'habitat, infrastructures, organisation des espaces…) mais aussi des stratégies spatiales d'occupation. De plus, la perception de l'espace est différente selon les cultures.

Il existe donc une dimension invisible de l'espace qui relève des logiques et des stratégies d'occupation de l'espace. Dès lors, la géographie est une matière très présente dans les réflexions et les apports scientifiques du colloque. Dans le cadre des ateliers, on a vu combien la conquête de l'espace et le développement d'outils d'observation de la Terre peut contribuer à fournir des outils pour les décideurs. La géographie acquiert, de ce fait, une dimension sociale et civique. En d'autres termes, cette discipline est très importante par ses enjeux politiques.

Pour ce qui concerne l'histoire, la notion de « puissance » mérite d'être soulignée. Aujourd'hui, la conquête de l'espace est maîtrisée par les grandes puissances, dont la France, qui participe à la cartographie de nombreux pays en développement. En histoire, l'espace est un produit développé dans une logique d'affrontement, étant conçu comme un enjeu en tant que tel. Actuellement, nous pouvons constater les retombées de l'usage civil et civique des données recueillies dans l'espace.

Sylvain Lallemand : Jusqu'à présent, j'ai plus ou moins respecté le cloisonnement entre les disciplines, pour que les auditeurs puissent connaître les domaines de prédilection de chaque intervenant. Je souhaite que nous abordions la question de l'interdisciplinarité, mais auparavant, je demanderai à Pierre-Louis Contreras quelle a été la contribution du Cnes à l'intégration de l'espace dans les différents enseignements ?

Pierre-Louis Contreras : Je ne peux qu'exprimer ma satisfaction en écoutant les différentes interventions qui tendent à reconnaître l'importance de l'espace et, notamment, ses enjeux pour la société. L'espace fait partie de la vie quotidienne, mais il ne se résume pas à une simple photo de satellite. En effet, l'espace est une convergence de différents métiers : ainsi, de très nombreux spécialistes travaillent dans le domaine spatial, comme des informaticiens, des sociologues ou encore des géographes.

L'ensemble de ces matières permettent de comprendre quels sont les besoins. Mais l'espace peut être abordé de manière simplifiée, malgré sa complexité, ce qui permettra d'amplifier la diffusion des connaissances.

Sylvain Lallemand : Aborder l'espace de manière simplifiée implique l'utilisation de technologies ou de logiciels, afin de traiter les informations. Or ces technologies sont souvent coûteuses et peuvent ne pas être très facilement accessibles pour les enseignants. Comment vous y prenez-vous pour faciliter la diffusion des informations ? Mais auparavant, je souhaite interroger les intervenants sur l'intégration des informations et des technologies afférentes.

Claude Bergmann : Dans le domaine des sciences et techniques industrielles, il faut intégrer le fait que la réalisation des équipements embarqués est soumise à des contraintes extrêmes. Notamment, la gestion des énergies n'est pas correctement maîtrisée. Il en est de même pour la fiabilité des composants, la compatibilité électromagnétique. Dans l'espace, de plus, les sous-ensembles doivent fonctionner en autonomie dans un environnement restreint, et doivent communiquer tant à l'interne qu'à l'externe. Depuis quelques années, les contraintes économiques et environnementales sont venues s'ajouter à cet ensemble de limites. En effet, l'environnement spatial ne doit pas être pollué par des satellites tombés en désuétude. De même, nous devons faire en sorte que les retombées liées aux forces gravitationnelles ne représentent pas un danger pour l'homme.

Les applications des sciences et techniques industrielles au domaine spatial sont fondamentales, mais elles sont liées aux autres disciplines. En particulier, le traitement numérique des images, le stockage des informations, la représentation des signaux complexes dus aux techniques de codage, sont prépondérants. Il ne faut pas occulter non plus que la seule liaison avec le satellite est la liaison hertzienne. Cette contrainte offre un terrain infini d'exemples à traiter.

L'attractivité pour les élèves est complètement intégrée, puisque nous associons à nos réflexions des outils traités dans d'autres disciplines.

Guy Menant : Pourquoi les données recueillies dans l'espace sont-elles sous-utilisées ? La raison principale tient au fait qu'au début des années quatre-vingt les enseignants ne maîtrisaient pas encore les outils informatiques. En outre, le logiciel

Titus est un logiciel dont l'apprentissage nécessite un certain temps. Cependant, je suis optimiste, dans la mesure où les ordinateurs sont banalisés et où Internet a considérablement facilité l'accès aux informations. Aujourd'hui, les élèves sont capables de recueillir ces informations et d'utiliser des gestionnaires de bases de données pour les exploiter.

Pour autant, si les ressources sont disponibles, encore faut-il pouvoir les localiser. Il faut donc apprendre aux élèves à trouver ces ressources. En particulier, il est nécessaire de communiquer les différentes sources aux enseignants, en précisant pour chacune d'entre elles les objectifs d'apprentissage et de connaissance. Il me semble que la finalité du colloque est de parvenir à ce résultat.

Sylvain Lallemand : L'optimisme de Guy Menant est-il partagé par les autres intervenants ?

Gilbert Pietryk : Le colloque participe de manière très active à la formation continue des enseignants. Mais il convient d'assurer la transposition de ces connaissances dans les enseignements, sous la contrainte des programmes en vigueur dans les collèges et les lycées. Or ce transfert n'a toujours pas eu lieu. En effet, les ressources du Cnes, notamment, sont aujourd'hui inconnues. Nous devons donc effectuer un travail d'information, afin de mettre ces outils à la disposition des enseignants dans toutes les académies.

Bruno Mellina : Je partage résolument cette analyse : l'optimisme reste à construire. Certains professeurs maîtrisent l'information et la diversité des produits pédagogiques. Pour autant nous ne parvenons pas à les diffuser. Probablement la démocratisation de l'informatique permettra-t-elle aux professeurs d'accéder à l'information. Il n'en reste pas moins que de nombreuses difficultés restent à surmonter, puisque nous découvrons sans cesse de nouveaux outils, dont nous ignorons totalement les sources.

En outre, il convient de montrer l'intérêt de ces informations par rapport aux outils classiques de l'enseignement, les documents papier n'apportant pas une information toujours suffisante. Puis nous devons créer une certaine appétence parmi les enseignants. Notamment, il est possible d'étudier les impacts d'une modification des orientations de la politique agricole commune, en analysant différentes images d'occupation du sol obtenues dans l'espace. Nos élèves, qui sont aptes à manipuler ces outils, seront certainement très intéressés par ce type de travaux.

Jacques Moisan : Il me semble que le problème, dans l'enseignement des mathématiques, se situe dans la question du sens même de l'enseignement de cette matière. L'espace est l'un des thèmes pouvant permettre de donner un sens à l'enseignement des mathématiques. Par exemple, quoi de mieux que l'espace lui-

même pour justifier l'enseignement de la géométrie dans l'espace ? Espace pour lequel il est possible d'utiliser les données du Cnes.

Sylvain Lallemand : Au cours d'un des ateliers de cette matinée, un auditeur a demandé au représentant du Cnes de traduire en supports pédagogiques l'exposé que celui-ci a effectué. La mission du Cnes peut-elle être pédagogique ?

Pierre-Louis Contreras : Notre métier consiste, notamment, à recueillir des données scientifiques et à identifier des objets. Cependant, le rôle du Cnes n'est pas pédagogique, puisque nous ne sommes pas au contact des élèves. Il revient aux professeurs d'établir une liaison entre les matières premières que nous apportons et l'acquisition de ces connaissances par les élèves. Cependant, nous pouvons communiquer à partir de différents thèmes, comme l'atmosphère.

Sylvain Lallemand : Un intervenant pourrait témoigner de la coopération de l'Éducation nationale avec les institutions comme le Cnes, pour la définition en commun des supports pédagogiques.

Claude Bergmann : Jacques Moisan a évoqué précédemment la notion de « mesure » et les difficultés qu'il convenait de surmonter. Il me semble que cette notion appelle l'enseignement de l'incertitude et de la caractérisation de l'erreur. En ce sens, le Cnes peut nous aider à mettre en évidence certains phénomènes. Les modèles sont souvent virtuels, en particulier dans le domaine des mathématiques, et l'espace offre les applications pouvant susciter l'intérêt des élèves, voire des vocations.

Par exemple, les jeunes utilisent abondamment les appareils photo numériques, mais ils ne connaissent pas les données techniques qui sont fournies par le Cnes.

Guy Menant : La question de la valeur ajoutée est fondamentale. Quels sont les apports des données scientifiques recueillies dans l'espace ? Le logiciel Titus est, à mon sens, un excellent exemple de la coopération entre l'Éducation nationale et le Cnes, même si de nombreux enseignants considèrent que cet outil est peu adapté. Notre discipline et nos élèves ont besoin d'approcher les différents concepts et problématiques avec une connaissance parfaite de la façon dont sont mesurées les données.

Il faut absolument prendre l'habitude de comparer, de mesurer. Nous avons donc besoin de données référencées, d'une part à la méthode qui a permis de les obtenir et d'autre part, à une évolution dans le temps et à l'action de l'homme sur les différents paramètres mesurés. Tout simplement, il est possible de définir le cadre des besoins en supports pédagogiques pour une discipline donnée, sans pour autant être limité à un seul champ disciplinaire.

Notamment, le développement et l'avènement des systèmes d'information géographique sont très utiles à l'ensemble des disciplines. La simplification des outils

permettra donc aux professeurs de l'ensemble des disciplines de disposer de données inter-opérables. Ainsi les professeurs pourront travailler ensemble, dans une complémentarité accrue.

Bruno Mellina : Le matériel existe, au moins pour partie. Guy Menant a évoqué l'expérience menée sur les systèmes d'information géographique, mais je rappelle que le site Éducnet met en ligne un certain nombre de données. En outre, les sites académiques offrent des exemples de séquences pédagogiques. Tout le problème réside dans le fait que ces exemples sont restés trop confinés. Or il existe d'autres outils qu'il faut diffuser, apprendre à utiliser, afin de dynamiser l'enseignement et de lui donner un sens : nous devons former les citoyens avec les mêmes outils que ceux dont disposent les décideurs.

Espace et interdisciplinarité

Sylvain Lallemand : La pluridisciplinarité va de soi dans l'approche spatiale. Que devient-elle au niveau pédagogique ? Bruno Mellina semble indiquer que la pluridisciplinarité nécessite des supports techniques. Ne faudrait-il pas une véritable révolution culturelle dans les modes de travail des enseignants pour dépasser le cloisonnement disciplinaire ?

Guy Menant : J'ai évoqué l'apport simultané de l'espace à plusieurs champs disciplinaires. Notamment, les images numériques se sont banalisées : les enfants possèdent des téléphones permettant de prendre des photos numériques. Il serait intéressant de faire travailler les élèves sur l'image stricto sensu, pour leur permettre de comprendre que l'image n'est que le résultat d'opérations mentales volontaires.

Par ailleurs, une circulaire sur l'éducation à l'environnement pour le développement durable est sortie récemment, ce qui est un phénomène nouveau. Nous devons apprendre à nos élèves à réagir dans un monde où tout est en interaction. De ce point de vue, l'espace est un excellent support pour enseigner le développement durable et la complexité de leur environnement, en ce qu'il permet la convergence des disciplines.

Sylvain Lallemand : L'espace peut-il donc être un moteur à la généralisation de la coopération entre les enseignements ?

Bruno Mellina : L'interdisciplinarité relève de la compétence des enseignants. D'emblée, il est nécessaire de comprendre que les disciplines ne doivent pas être contournées. Chacune d'entre elles a un objet d'étude et aborde un certain nombre de concepts, mais toute la difficulté consiste à éviter que la formation des élèves ne soit trop fragmentée. Dans ce cadre, les enseignements codisciplinaires sont une occasion

pour permettre à l'élève de mener un projet dans sa globalité. Notamment, une réflexion sur l'environnement dans une perspective de développement durable conduit à une réflexion sur l'occupation et la gestion du sol à partir de données, manipulables grâce aux sciences physiques, aux mathématiques et à la géographie. Un tel travail nécessite une véritable collaboration entre les professeurs : les enseignants et les corps d'enseignement pourraient donc réfléchir à la manière de penser des projets de manière plus globale, et non de manière fragmentée.

Gilbert Pietryk : En l'état actuel des choses, les projets interdisciplinaires sont trop peu nombreux. Certains travaux ont eu pour objet de rechercher des liens entre les différents enseignements, dans le respect des programmes du collège. On a ainsi défini et proposé des thèmes de convergence, comme l'énergie, l'environnement et le développement durable, la climatologie. Ces thèmes de convergence permettent à l'élève d'appréhender ces notions par l'intermédiaire de disciplines différentes.

Sylvain Lallemand : Le Cnes conçoit-il ses formations en évitant le séquençage ?

Pierre-Louis Contreras : Nous avons évoqué le thème du développement durable, sur lequel l'espace apporte incontestablement une vision globale, même s'il n'est pas le seul. L'espace permet, en effet, d'étudier la Terre d'un seul tenant. C'est certainement en travaillant ensemble que nous réussirons à l'intégrer efficacement dans les enseignements.

Jacques Moisan : Qu'attend-on du Cnes et de l'interdisciplinarité ?

Les mathématiques et plus généralement, les disciplines de l'enseignement secondaire, requièrent des données brutes et c'est dans l'interdisciplinarité que nous exploiterons ces données.

Sylvain Lallemand : À présent, je cède la parole à la salle.

De la salle : Qu'en est-il de la formation initiale des enseignants, dans la mesure où le travail collectif ne s'invente pas ? Par exemple, quelles sont les actions entreprises dans les IUFM pour que les enseignants soient capables de travailler collectivement ?

Pierre-Louis Contreras : J'appartiens au conseil d'administration de l'IUFM de Toulouse, et nous essayons actuellement de mettre en place des heures, afin d'expliquer la nécessité de construire des projets interdisciplinaires.

Bruno Mellina : Le problème ne se pose pas uniquement dans le cadre de l'IUFM. À mon sens, la condition préalable est que les enseignants doivent maîtriser leur

propre discipline. De ce point de vue, il me semble que la formation initiale est parfois très lacunaire. Par exemple, le corps enseignant d'histoire-géographie est composé de plus de 90 % d'historiens qui découvrent la géographie au moment de leur concours. Par ailleurs, la formation des géographes est très fragmentée.

Avant de s'intéresser aux IUFM, il serait pertinent de demander aux universités de former de manière beaucoup plus approfondie et plus large. Forts de leur identité disciplinaire et de leur culture générale, les enseignants pourront ainsi trouver plus facilement des projets pédagogiques en commun. Toutefois, même si la formation est nécessaire, une large part d'initiative doit être laissée aux enseignants.

De la salle : La réalité de la Terre est unique, mais elle n'est pas simpliste. Nous travaillons ensuite sur des représentations de cette réalité, à partir de modèles, quelles que soient les disciplines. Cependant, si la réalité est unique, la vérité n'est pas à apprendre : il serait intéressant de l'expliquer aux enfants.

Sylvain Lallemand : Effectivement, les modèles et les images ne peuvent pas être mis à la disposition des élèves comme reflétant une vérité absolue. Il est donc nécessaire de les adapter correctement aux enseignements.

Pierre-Louis Contreras : Nous avons essayé de faciliter la construction d'une vision globale de notre planète, à travers différents points de vue. L'espace nous offre en effet la chance inouïe d'illustrer la Terre sous des angles différents, comme la désertification ou les inondations.

Sylvain Lallemand : Les moyens et les bonnes volontés existent donc. Mais au cours des débats, la question financière n'a pas été abordée.

Guy Menant : Un certain nombre de données peuvent être mises à disposition gratuitement, mais ces données sont très souvent sous-utilisées. La gratuité ne serait donc pas nécessairement une solution optimale. Jacques Moisan a insisté sur la nécessité de travailler à partir de données brutes. Je partage totalement ce point de vue, étant entendu que les enseignants doivent savoir comment utiliser ces données. Une coopération avec le Cnes me semble indispensable.

Pierre-Louis Contreras : Nous tenterons, avant trois mois, de mettre en ligne des données d'orbitographie.

Claude Bergmann : Les données brutes permettent effectivement de justifier les modèles, mais aussi d'en expliquer les limites aux élèves. Trop fréquemment, les modèles sont présentés sans qu'en soient expliquées les limites.

Sylvain Lallemand : J'ai entendu parler d'une convention-cadre entre l'Éducation nationale et le Cnes. Cette convention n'a-t-elle pas prévu la mise à disposition des données brutes ?

Pierre-Louis Contreras : Cette convention offre un cadre juridique pour que l'Éducation nationale et le Cnes puissent travailler ensemble. Le Cnes est prêt à rendre les données brutes plus accessibles, cependant les professeurs doivent identifier les données dont ils ont besoin.