

Journées d'étude

# **Inventer l'espace**

organisées par les  
Archives Poincaré (UMR 7117 CNRS) et par F2DS (MSH Paris)

**19-20-21 octobre 2006**

**Maison des Sciences de l'Homme**

**54 Bd Raspail – Paris 5<sup>e</sup>**

**salle 214**

*Jeudi 19 octobre 2006*

14h 30-15h 20

*Jean-Pierre Friedelmeyer* (Irem de Strasbourg)

**L'évolution des méthodes en géométrie aux 19<sup>e</sup> et 20<sup>e</sup> siècles, observée à partir du traitement d'un même et unique théorème : le théorème de clôture de Poncelet.**

Proposé à l'origine par Poncelet pour manifester, contre Gergonne, la supériorité de la géométrie pure sur la géométrie analytique, le théorème de clôture se révélera au fil des décennies comme un lieu d'observation privilégié de l'évolution des méthodes en géométrie durant les deux derniers siècles, et de l'élaboration progressive d'une nouvelle perception de l'espace, celui de la géométrie projective. Sujet de dizaines d'articles, il accompagne, tantôt pour illustrer, tantôt pour tester son efficacité chaque innovation ou invention. Contrairement à l'étude d'une théorie achevée, la permanence de la réflexion qu'il suscite permet de conserver quelque chose du dynamisme à l'œuvre dans l'invention mathématique de cette période ; elle met en relief sur un objet précis les difficultés liées à l'élaboration d'une théorie satisfaisante en rigueur et généralité. Mettant en jeu pour sa démonstration progressivement l'ensemble des différents domaines mathématiques, le théorème de clôture devient ainsi exemplaire de l'imbrication étroite des méthodes de la géométrie avec celles de l'analyse et de l'algèbre, dépassant très largement l'opposition, devenue archaïque, entre une géométrie « pure » et une géométrie analytique.

15h 20-16h 10

*Klaus Volkert* (Université de Cologne – Archives Poincaré)

**L'entrée de l'espace en géométrie autour de 1800.**

Après la période classique – en particulier après les livres dits stéréométriques des « Éléments » d'Euclide – la géométrie de l'espace s'est peu développée. L'espace lui-même était l'objet des discussions métaphysiques – sur la controverse espace absolu ou espace relationnel – mais peu de recherches mathématiques. La situation change dans la deuxième moitié du 18<sup>e</sup> siècle. Après les travaux d'Euler sur son fameux théorème, on rencontre un nouveau intérêt à l'espace et sa géométrie dans les « Éléments » de Legendre. Le 19<sup>e</sup> siècle va voir beaucoup de recherches sur l'espace ainsi que sur l'hyper-espace.

Dans ma conférence, je veux caractériser « l'espace épistémologique » dans lequel la géométrie solide s'est développée entre 1780 et 1850. Dans ce contexte, il faut parler des sciences comme la chimie, la physique et, en particulier, la cristallographie. De plus je vais donner quelques informations sur Legendre et son livre qui est – à mon avis – plus important qu'on pense aujourd'hui en général.

Pour en savoir plus : <http://www.uni-koeln.de/ew-fak/Mathe/volkert/Vorlesung%20WS%2004-05-Version%202.pdf>

16h 50-17h 40

*Charles-Michel Marle* (Université Paris 6 – Institut mathématique de Jussieu)

**L'évolution de la notion d'espace en physique et en mathématiques de 1850 à 1930.**

Pour Newton, l'Espace, cadre dans lequel les objets du monde physique se situent et évoluent au cours du Temps, avait un caractère absolu, et ses propriétés étaient celles de l'Espace euclidien de dimension 3 des géomètres. Cette vision des choses est restée largement acceptée par la communauté scientifique jusque vers le milieu du 19<sup>e</sup> siècle, bien que l'on ait très tôt reconnu que tout mouvement ne pouvait être apprécié que relativement à un repère, et qu'il n'était pas possible de distinguer, parmi les repères galiléens, lequel était fixe. La découverte des géométries non euclidiennes (Bolyai 1823, Lobatchevski 1829, Riemann 1854, Beltrami 1868), les théories de la Relativité restreinte, puis générale (Einstein 1905, 1915), la découverte puis l'explication du spin

de l'électron (Uhlenbeck et Goudsmit 1925, Dirac 1928) ont conduit les savants à modifier très profondément cette conception. Nous présenterons cette évolution, qui a eu d'importantes conséquences tant en Physique qu'en Mathématiques, en nous attachant particulièrement aux idées développées par B. Riemann, H. Weyl, H. Poincaré, E. Cartan et P. Dirac.

17h 40-18h 30

*François De Gandt* (Université de Lille 3)

### **Pathologie et métaphores de l'espace : Binswanger et la phénoménologie.**

Le psychiatre suisse Binswanger a mis à profit les ressources de la phénoménologie pour tenter de décrire dans leur globalité et leurs « directions de sens » le monde et l'expérience de certains malades mentaux, qui se sont comme « égarés dans l'ascension » (*verstiegen*) de l'existence humaine. Des schèmes ou concepts comme verticalité, largeur, distance, élan, chute, assise, etc. contribuent à caractériser certains modes - pathologiques ou normaux - de la relation au monde et au corps propre, dessinant une spatialité vécue dont les traits peuvent paraître purement métaphoriques. Binswanger, longtemps inspiré plutôt par Heidegger, est revenu dans ses derniers textes (1957-1966) à une forme de description moins dramatique, plus radicale et patiente, inspirée par Husserl.

Vendredi 20 octobre

9h-9h 50

Ivahn Smadja (Université de Caen)

**De l'« espace physiologique » à l'« espace géométrique » : sensationnalisme et conception biogéométrique de l'espace selon W. James et E. Mach**

En 1886, Ernst Mach publie la première édition de son *Analyse der Empfindungen*, et l'année suivante, paraissent les *Principles of Psychology* de William James. Quoique indépendamment l'un de l'autre, ces deux auteurs développent des conceptions très proches relativement au problème de l'espace. Dans le droit fil de la psychologie et de la physiologie allemandes, depuis les premiers travaux de Weber sur l'espace tactile de la peau, il s'agissait en effet de rendre compte des rapports entre le système des nos sensations spatiales et l'espace abstrait et idéalisé de la géométrie, ou encore, comme dit Mach, entre l'« espace physiologique » et l'« espace géométrique ».

Selon James, il n'y a que trois sortes de théories de l'espace possibles : (1) soit il n'y a pas du tout de « qualité spatiale » de la sensation, et l'espace n'est qu'un « simple symbole de la succession » ; (2) soit il y a une qualité produite par les ressources internes de l'esprit, qui enveloppe les sensations, lesquelles, telles qu'elles se présentent originellement, ne sont pas spatiales, mais reçoivent unité et ordre de la forme spatiale dans laquelle elles prennent place ; c'est la conception kantienne de l'espace qu'à l'instar de Stumpf, James nomme la « théorie du stimulus psychique », puisque les sensations pures sont censées susciter l'acte de production par lequel l'esprit leur fournit un cadre spatial, lequel demeurerait sinon en sommeil ; (3) soit enfin il y a, dans chaque sensation particulière, un élément ou une qualité spatiale, ce que James nomme un « *spatial quale* », les premières « sensations spatiales » ne présentent alors aucun ordre préalablement déterminé, mais doivent être tissées les unes dans les autres pour constituer « l'espace réel du monde objectif » ; et cependant en dépit de son extrême complexité, ce vaste processus psychologique de constitution du sens de l'espace dans lequel entrent en jeu l'attention, l'association, la sélection, etc. n'ajoute aucun autre matériau que celui que contiennent déjà les sensations. C'est cette dernière conception que William James défend dans les *Principles of Psychology*.

De son côté, dans *Analyse der Empfindungen*, Ernst Mach fait parallèlement l'hypothèse qu'il n'y a qu'une seule sorte d'éléments de conscience, les sensations, sur lesquelles se fonde notre perception de l'espace. Mais sans doute de manière plus articulée que chez James, le sensationnalisme se double chez Mach de considérations biogéométriques originales. Si nous voulons comprendre la constitution de notre sens de l'espace, il ne faut plus en effet, selon Mach, considérer les sensations spatiales comme des phénomènes isolés, mais les envisager dans leur contexte et leur fonction biologiques. Mach propose ainsi une sorte de modèle théorique, un « système d'organes élémentaires ayant une genèse embryologique commune », organisé de telle sorte que plus les éléments sont voisins, plus grande est leur « parenté ontogénétique », et distingue les « sensations organiques » qui ne dépendent que de l'individualité de l'organe et varient avec le degré de parenté des éléments organiques, et les « sensations proprement dites » qui dépendent de la qualité d'excitation. Les « sensations organiques », auxquelles correspondent les « sensations d'espace », constituent progressivement par rapport aux « sensations proprement dites », « un répertoire fixe dans lequel ces dernières se mettent en ordre » (*AE*, IX, §3). Ces idées ne présentent pourtant pas qu'un intérêt spéculatif, car elles résument toute un ensemble de recherches expérimentales dont elles dégagent les traits d'ensemble.

Dès le milieu des années 1860, Ernst Mach s'était en effet consacré à l'étude d'un certain type d'illusions visuelles correspondant à l'apparition de bandes de luminosité plus claire ou plus sombre accusant les contours des objets visibles. Il proposa une analyse mathématique de ce phénomène qui le conduisit à formuler une hypothèse physiologique relative au fonctionnement de la rétine, selon laquelle l'apparition des "bandes de Mach" ne pouvait être expliquée qu'en supposant une interaction locale réciproque des régions voisines de la rétine. Plus tard, dans *Analyse der Empfindungen*, Mach devait développer une conception d'ensemble selon laquelle c'est l'écart d'une sensation par rapport à la moyenne des sensations voisines qui est déterminant dans le processus de la vision, en sorte que les sensations spatiales attachées aux organes élémentaires déterminent « de proche en proche » les traits d'ensemble de notre perception de l'espace. La fécondité de cette approche tient à ce que ce sont les mêmes arguments qui permettent d'expliquer l'illusion des bandes de Mach mais aussi de clarifier la question des fondements de la géométrie en mettant en lumière la signification physiologique de la droite et du plan.

9h 50-10h 40

*Michael Heidelberger* (Université de Tübingen)

### **Helmholtz on Space in Painting.**

In this talk I shall try to establish a relation between the development of the concept of space in the late 19<sup>th</sup> century and the development of painting. There were three dichotomies present at the time: mathematical space vs. physical space, sensory space vs. objective space and 3-dimensional space vs. space with higher dimensions. All three topics were important for the development of painting, especially in the change from impressionism to cubism.

I shall concentrate on Helmholtz's lecture on "the relation of optics to painting" of 1871. This lecture is closely related to Helmholtz's quarrel with the nativists on the nature of space perception. I try to show that his own genetic view (his "empiricism", as he himself called it) can serve as a programmatic underpinning of impressionism, whereas nativism is much closer to the way how cubism later dealt with space, starting in 1906/07.

11h-11h 50

*Philippe Nabonnand* (Université de Nancy2 – Archives Poincaré)

### **La genèse de l'espace chez Poincaré.**

Le conventionalisme géométrique de Poincaré est bien connu : les axiomes de la géométrie ne sont ni synthétiques *a priori*, ni empiriques ; ils sont des conventions. Tout le monde a entendu dire et répété que pour Poincaré, l'étude de la géométrie n'est que l'étude d'un groupe (de transformations). Par contre, sa genèse psycho-physiologique de la géométrie et l'utilisation importante dans celle-ci de la théorie des groupes de transformations est moins connue. Pourtant rendant compte de ses travaux philosophiques dans l'analyse de ses travaux scientifiques [1901], il insiste sur les deux moments de sa réflexion sur la théorie de l'espace.

*Je me suis demandé quel est le véritable caractère des vérités géométriques et en particulier du postulat d'Euclide. [...] J'ai recherché également à analyser l'origine psychologique de la notion d'espace. [Poincaré 1901, 127]*

Nous nous proposons d'exposer quelques points de cette partie du conventionalisme de Poincaré en soulignant particulièrement l'utilisation par ce dernier de la théorie de Lie des groupes de transformations. Dans une première partie, nous résumerons l'argumentation philosophique de Poincaré en insistant sur le rôle qu'accorde Poincaré à l'expérience. Puis nous analyserons quelques points de la genèse psycho-physiologique de l'espace chez Poincaré. Cette genèse s'effectue en deux moments : dans un premier moment purement psycho-physiologique, Poincaré montre comment notre expérience suscite notre capacité innée à former des groupes. A partir des

données brutes constituées par les sensations, nous arrivons à reconnaître « que les déplacements se composent d'après les mêmes lois que les substitutions d'un certain groupe  $G$  » (second paragraphe). Se pose alors la question du choix du groupe. Une combinaison d'expériences et d'utilisation de propriétés mathématiques permet de justifier l'affirmation de Poincaré selon laquelle la géométrie 'la plus commode' est celle d'Euclide. Enfin, Poincaré explique comment nous pouvons déduire la notion d'espace et ses propriétés de la seule notion de groupe.

11h 50-12h 40

Bernard Andrieu (Université de Nancy 1 – Archives Poincaré)

### **La constitution interactive du corps mondain.**

Le monde corporel n'est ni le monde ni le corps. Le corps a incorporé le monde par l'apprentissage au point de se mondainiser par habitus dans ses fonctions et ses modes d'action tactile. Le monde est corpororisé par l'action du corps qui le transforme en environnement technologique. Cet art plastique de soi rend le corps mondain et le monde corporel : l'identité mobile suppose que la matière corporelle n'est pas achevée, ni achevable. Son indéfinition précipite la matière corporelle hors d'elle-même dans une constitution interactive par la détermination externe : l'externalisation de la matière corporelle est nécessaire pour sa constitution mais ne conclue pas un externalisme strict ; par externalisme strict, la matière corporelle n'aurait aucune disposition et recevrait toute sa structuration de son environnement.

Comme système sensible au sens, le corps vivant est une manière d'être de la relation au monde interne et externe. En s'éliminant l'un l'autre le corps vivant et le corps vécu, la description du système complexe organisé s'appuie désormais sur un corps situé dans son environnement comme milieu interactif. Le corps n'est pas seulement fantasmé ou psychique, ces systèmes biologiques participent de sa subjectivisation et sa subjectivité participe de son individuation biologique. Le contrôle épistémologique des limites du système du corps vivant définit celui-ci comme une frontière perméable entre le monde extérieur et le monde intérieur. Le monde extérieur est un environnement si la connaissance du corps est centrée sur le vécu intérieur qui se le représente à partir de sa perception.

14h 10-15h

Alain Berthoz (Collège de France)

### **Le cerveau et l'espace : stratégies cognitives et référentiels pour la mémoire des trajets.**

Deux grandes conceptions opposées se sont affrontées au début de ce siècle concernant les fondements cognitifs de la géométrie. Poincaré appuyé par Einstein, propose une origine des concepts de la géométrie incarnée dans le mouvement et la perception. Poincaré écrivait « se représenter un point dans l'espace c'est imaginer le mouvement qu'il faut faire pour l'atteindre ». Il rejoint Piaget qui privilégie le rôle de l'action dans l'ontogenèse des concepts géométriques. Par contraste, Hilbert et son école fondent la géométrie sur une approche formelle compatible avec la domination intellectuelle des théories formalistes depuis plusieurs dizaines d'années dans plusieurs branches du savoir et le maintien d'idées dualistes sur les relations entre le corps et les objets mentaux. Je soutiendrai que l'approche de Poincaré doit être ré-analysée avec attention sur la base des découvertes récentes des neurosciences cognitives. En effet, le cerveau doit, avant tout, résoudre des problèmes liés à la complexité de la géométrie du corps, et des solutions ont été trouvées, au cours de l'évolution, pour réduire le nombre de degrés de liberté à contrôler, comme en témoignent des lois simples liant la géométrie à la cinématique par exemple. On peut trouver dans les bases neurales de la perception vestibulaire et visuelle du mouvement un possible fondement de la distinction entre rotations et translations et l'invention du référentiel euclidien orthonormé. J'examinerai plusieurs exemples empruntés à la physiologie de la génération des trajectoires du bras, ou du corps au cours de la locomotion par exemple. Je discuterai les bases

neurales de la simulation mentale et de la mémoire des déplacements dans l'espace pendant la navigation et la question des référentiels (égocentrés ou allocentrés). Pour insister sur la variabilité des mécanismes j'évoquerai les différences de stratégies cognitives entre les hommes et les femmes. Il faut donc peut être « réincarner » les concepts de la géométrie dans l'action du corps sensible et en trouver, au moins en partie, l'origine dans les mécanismes neuronaux qui sous tendent les remarquables propriétés d'abstraction du cerveau humain. La tâche est immense et notre ignorance encore grande. La coopération entre neurosciences cognitives et mathématiques est nécessaire. Mais ce changement de point de vue sur les fondements cognitifs de la géométrie pourrait aussi avoir un impact profond sur la façon d'enseigner et faire retrouver aux jeunes le plaisir d'être géomètre.

Références :

Berthoz. A.

*Le sens du mouvement*. O. Jacob (1997) (Traduit en anglais par Harvard University Press : *The Brain Sense of Movement* (2000) ; et en Italien par Mc Graw Hill : *The Senso di Movimento*).

*La décision*, O. Jacob (2003) (Traduit en Italien : *Il scienza de la decisione*. Mc Graw Hill; et an anglais : *Emotion and Reason*, Oxford University Press 2006)

Avec G. Jorland : *L'empathie* . O. Jacob 2004

Avec R. Recht : *Les espaces de l'homme*. O. Jacob 2003.

Avec J. L. Petit : *Physiologie de l'action et phénoménologie*, O. Jacob 2006.

*Cours au Collège de France : La mémoire des déplacements et l'expérience de l'espace*. Annuaire du Collège de France (1997) ; et *Les fondements cognitifs de la géométrie*. Annuaire du Collège de France (1998) : 421-445. *Unité de la perception et la conscience du corps* . Annuaire du Collège de France (1999)

Plus de 40 articles sur le sujet de la perception de l'espace et la mémoire spatiale.(Berthoz et al. 1965;Mellet et al. 2000;Galati et al. 2000b;Galati et al. 2000a;Paradis et al. 2000;Grasso et al. 2000;Martin and Berthoz A. 2001;Lipshits et al. 2001;Viaud-Delmon et al. 2002a;Lambrey et al. 2002;Viaud-Delmon et al. 2002b;Martin and Berthoz 2002;Wiener et al. 2002;Berthoz et al. 2003;Zugaro et al. 2003;Vieilledent et al. 2003;Vidal et al. 2003;Prevost et al. 2003;Vidal et al. 2004;Committeri et al. 2004;Rudrauf et al. 2004;Burguiere et al. 2005;Hicheur et al. 2005;Dumontheil et al. 2006)

Berthoz A, Viaud Delmon I, Lambrey S (2003) Spatial memory during navigation:What is being stored, maps or movements? In: Galaburda AM, Kosslyn SM, Christen Y (eds) *The languages of the brain*. Harvard University Press, Cambridge Mass; pp 288-306

Burguiere E, Arleo A, Hojjati M, Elgersma Y, De Zeeuw CI, Berthoz A, Rondi-Reig L (2005) Spatial navigation impairment in mice lacking cerebellar LTD: a motor adaptation deficit? *Nat Neurosci* 8:1292-1294

Committeri G, Galati G, Paradis AL, Pizzamiglio L, Berthoz A, LeBihan D (2004) Reference frames for spatial cognition: different brain areas are involved in viewer-, object-, and landmark-centered judgments about object location. *J Cogn Neurosci* 16:1517-1535

Dumontheil I, Panagiotaki P, Berthoz A (2006) Dual adaptation to sensory conflicts during whole-body rotations. *Brain Res* 1072:119-132

Galati G, Lobel E, Vallar G, Berthoz A, Pizzamiglio L, Le Bihan D (2000a) The neural basis of egocentric and allocentric coding of space in humans: a functional magnetic resonance study. *Exp Brain Res* 133:156-164

Hicheur H, Vieilledent S, Richardson MJ, Flash T, Berthoz A (2005) Velocity and curvature in human locomotion along complex curved paths: a comparison with hand movements. *Exp Brain Res* 162:145-154

Lambrey S, Viaud-Delmon I, Berthoz A (2002) Influence of a sensorimotor conflict on the memorization of a path traveled in virtual reality. *Brain Res Cogn Brain Res* 14:177-186

Lipshits M, McIntyre J, Zaoui M, Gurfinkel V, Berthoz A (2001) Does gravity play an essential role in the asymmetrical visual perception of vertical and horizontal line length? *Acta Astronaut* 49:123-130

Martin P, Berthoz A. (2001) Development of spatial firing in the hippocampus of young rats. *Hippocampus* 12:465-480

Mellet E, Bricogne N, Tzourio-Mazoyer N, Ghaëm O, Petit L, Zago L, Etard O, Berthoz A, Mazoyer B, Denis M (2000) Neural correlates of topographical mental exploration: the impact of route versus survey perspective learning. *Neuroimage In Press*:

- Paradis AL, Cornilleau-Peres V, Droulez J, Van De Moortele PF, Lobel E, Berthoz A, Le Bihan D, Poline JB (2000) Visual perception of motion and 3-D structure from motion: an fMRI study. *Cereb Cortex* 10:772-783
- Prevost P, Ivanenko Y, Grasso R, Berthoz A (2003) Spatial invariance in anticipatory orienting behaviour during human navigation. *Neurosci Lett* 339:243-247
- Rudrauf D, Venault P, Cohen-Salmon C, Berthoz A, Jouvent R, Chapouthier G (2004) A new method for the assessment of spatial orientation and spatial anxiety in mice. *Brain Res Brain Res Protoc* 13:159-165
- Viaud-Delmon I, Berthoz A, Jouvent R (2002) Multisensory integration for spatial orientation in trait anxiety subjects: absence of visual dependence. *Eur Psychiatry* 17:194-199
- Vidal M, Amorim MA, Berthoz A (2004) Navigating in a virtual three-dimensional maze: how do egocentric and allocentric reference frames interact? *Brain Res Cogn Brain Res* 19:244-258
- Vidal M, Lipshits M, McIntyre J, Berthoz A (2003) Gravity and spatial orientation in virtual 3D-mazes. *J Vestib Res* 13:273-286
- Vieilledent, S., Kerlirzin, Y., Dalbera, S., and Berthoz, A. Relationship between velocity and curvature of a locomotor trajectory in human. *Neurosci.Letters* (305), 65-69. 2003. Ref Type: Journal (Full)
- Wiener SI, Berthoz A, Zugaro MB (2002) Multisensory processing in the elaboration of place and head direction responses by limbic system neurons. *Brain Res Cogn Brain Res* 14:75-90
- Zugaro MB, Arleo A, Berthoz A, Wiener S (2003) Rapid spatial reorientation and head direction cells. *J Neuroscience*

15h-15h 50

*Jacques Droulez (Collège de France)***Percevoir l'espace par le mouvement.**

Bien qu'on puisse faire dériver la notion de mouvement de celles d'espace et de temps, en biologie comme en psychophysique le mouvement apparaît comme un signal primitif et fondamental. Le mouvement capte l'attention, dessine les contours d'un objet, participe à l'évaluation des distances absolues et contribue à la perception des relations géométriques complexes entre la scène et l'observateur. Le mouvement propre du sujet joue en particulier un rôle fondamental pour lever les ambiguïtés inhérentes à toute forme de perception. Les données récentes en psychologie expérimentale nous invitent donc à considérer l'espace perçu comme le résultat d'une inférence et d'une exploration active.

15h 50-16h 40

*Daniel Bennequin (Université Denis Diderot – Institut mathématique de Jussieu)***L'atlas routier du rat : la découverte des cellules de grilles**

Il y a 35 ans, O'Keefe et Dostrowski ont détecté dans une partie enfouie du cortex du rat, appelée hippocampe, des « neurones de lieux » qui s'activent lorsque l'animal arrive à une place fixée de l'espace. Quinze ans après J.Ranck Jr. a trouvé tout près de là (en particulier dans une région appelée *postsubiculum*) des « neurones de directions », activés lorsque la tête de l'animal pointe dans une direction fixée, absolue, du plan de déplacement. Des cellules du même genre existent dans le cerveau des primates, par exemple Rolls a mis en évidence des « neurones de vues » qui répondent à un point regardé donné de l'espace, indépendamment de la position du regard.

Il est clair qu'au cours de l'évolution les systèmes nerveux des animaux ont fait beaucoup d'efforts pour coder une double invariance par rapport aux déplacements : il y a bien des systèmes de cellules qui enregistrent l'invariance relative de l'animal et de l'environnement mais il y en a d'autres qui sont capables de réagir de manière invariante par rapport aux mouvements propres seuls. En termes du groupe de tous les déplacements  $G$ , les premiers ont un comportement invariant sous le sous groupe diagonal de  $G \times G$ , les seconds sous  $1 \times G$ . Les premiers répondent à l'attente de Poincaré, on dit des derniers qu'ils ont un comportement allocentrique.

L'été dernier Hafting, Fyhn, Molden, Moser et Moser de Trondheim, Norvège, ont découvert la source probable des cellules de lieux, dans une toute petite région du cortex (entorhinal dorsocaudal médial)<sup>o</sup>: des « neurones de grilles qui reconnaissent leur place indifféremment en chacun des sommets d'un réseau régulier de triangles équilatéraux de côté environ 30 cm. Chaque cellule possède son réseau préféré. A elles toutes elles construisent un « atlas » qui permet au rat de s'orienter dans le plan, même dans l'obscurité. En un certain sens les grilles prolongent l'espace proche jusqu'à l'infini, quand le rat avance la cellule de grille connaît d'avance sa place. Des régions voisines du cortex sont en partie responsables des balances de décisions vitales, fuite ou attaque. Le complexe hippocampique est une clé de la mémoire. Chez les humains cette région s'occupe de mémoire, d'espace (surtout à droite) et de langage (surtout à gauche). Comment se représenter toutes ces homologies ? Est-ce qu'on y voit s'échanger des espaces et des pensées ?

17h-17h 50

Joel Sakarovitch (Université Paris 5 – ENS d'Architecture Paris Malaquais)

### **Le dessin d'architecture et l'espace de la construction**

Selon une vision certes caricaturale, mais non dénuée de fondement, l'architecte est d'abord et avant tout celui qui est capable de concevoir, puis de traduire sous forme graphique un projet de bâtiment. Les techniques graphiques utilisées à cette occasion sont si fortement attachées à la fonction d'architecte que le langage courant nomme volontiers "dessin d'architecte" l'usage d'une représentation d'un bâtiment – ou de tout autre objet – par un triptyque plan (au sol) – coupe-élévation, représentation dite « en géométral » selon les termes de l'art.

Le géométral permet aux différents corps de métiers chargés de l'exécution du bâtiment tout d'abord de le comprendre, et ensuite de trouver sur les documents graphiques tous les renseignements nécessaires à sa construction. Néanmoins cette conception de l'architecte producteur de plans est relativement moderne, par rapport à l'histoire de l'architecture.

L'objet de cette conférence sera double :

- Il sera tout d'abord d'expliquer pourquoi les architectes ont peu à peu adopté ce mode de représentation de l'espace relativement abstrait,
- Il sera ensuite de montrer que ce sont plutôt les progrès des techniques de construction qui ont amené un perfectionnement des techniques graphiques utilisées que l'inverse.

17h 50-18h 40

Xavier Malverti (E. A. Paris Val de Seine) &amp; Samuel Le Quitte (Université de Rennes)

### **L'espace architectural à bras le corps.**

Dans la pensée courante, l'espace désigne le plus souvent, le non-terrestre, les astres ou l'univers, plus largement ce qui est à distance et ailleurs, c'est à dire là où je ne suis pas. Dans son expérience pratique, l'architecture a dû inventer l'espace de ce qui est là, autour de moi, afin de construire un abri à mon corps.

En quoi le corps constitue le référent ultime et primordial de notre rapport à l'espace ?

Avant d'être le siège d'entités géométriques idéales, l'espace architectural n'est-il pas aussi une réalité pratique vécue, dont l'architecte a dû penser l'agencement en fonction de cet impondérable instrument de mesure qu'est le corps ?

Le corps acquiert-il alors ce rôle constitutif, comme le suggère Husserl pour qui l'espace est toujours déjà un monde vécu, dans lequel le corps ou plutôt la chair – est ce point zéro à partir duquel les choses apparaissent ?

Ainsi, le corps ne serait ni dans ni de l'espace : il serait ce qui rend possible la spatialité.

## Samedi 21 octobre

9h 30-10h 20

Thomas de Vittori (IUFM de Bretagne)

### La géométrisation du lieu et l'espace géométrique.

Héritiers des connaissances grecques qu'ils surent réactiver et développer, les géomètres arabes ont apporté, entre le 9<sup>e</sup> et le 13<sup>e</sup> siècle, des contributions importantes touchant à l'ensemble des domaines mathématiques. La problématique du lieu ne fait pas exception et Ibn al-Haytham, auteur majeur du début du 11<sup>e</sup> siècle, a consacré une partie de ses travaux à cette question, ainsi qu'à celles qui y sont liées. Les trois ouvrages, *L'analyse et la synthèse*, *Les connus* et *Sur le lieu*, ainsi que des commentaires de quelques successeurs, constituent un corpus riche et éclairant sur la situation de la géométrie à cette époque. Ce sont ces documents que nous nous proposons de présenter tant ils montrent que cette période, située entre l'Antiquité et l'Âge Classique, constitue aussi la liaison entre deux formes de pensée.

10h 20-11h 10

Philippe Lombard (Université de Nancy 1 – Archives Poincaré)

### L'invention de l'espace à la Renaissance (1400-1600).

Les règles de la représentation en perspective mises au point à partir du *quattrocento* ont, dès le 17<sup>e</sup> siècle avec Desargues et presque deux siècles plus tard avec Poncelet, donné naissance à la géométrie projective. Cette « invention » est cependant assez loin, à l'origine, d'être « géométrique » : elle correspond beaucoup plus à la découverte d'un « langage » ou, si l'on préfère, à l'introduction d'une « forme symbolique » nouvelle.

Le but de l'exposé sera de mettre en évidence les obstacles qui ont présidé à la compréhension géométrique de ce langage et, par conséquent, à la maîtrise raisonnée de l'espace et de ses représentations.

11h 30-12h 20

Jean-Pierre Le Goff (IUFM de Basse-Normandie)

### L'héritage à bas bruit de Girard Desargues : oubli ou méconnaissance

Curieuse figure que celle de Girard Desargues (1591-1661), marchand de soie lyonnais, devenu ingénieur, architecte et théoricien des géométries pratiques. Son plus grand titre de gloire est d'avoir réalisé la synthèse de la science perspective et de la théorie des coniques, posant en cela les prémisses de la géométrie projective – dont on se souvient qu'elle est le cadre qui rend possible l'émergence des géométries non-euclidiennes –, et opérant du même coup l'actualisation d'un infini jusque là potentiel et la séparation de la matière et de l'étendue, passage obligé, quoique temporaire, vers la définition kantienne d'un espace homogène. Excusez du peu. Tenu en haute estime par Descartes – qui se fiait « *plus en lui qu'en trois Théologiens* » –, ses opuscules en forme d'*Exemples* et de *Brouillons* (1636/1639) n'auront pas le même succès apparent que la *Géométrie* (1637) de celui qui se disait son ami – aveu dont Descartes est avare. On ne retient souvent du premier Grand Siècle que l'avènement de l'algèbre littérale et de la géométrie analytique, alors que la démarche arguésienne propose une classification des courbes du second ordre, alternative de celle de Descartes, et chacun peut voir que cette alternative n'est affaire que de représentation. Néanmoins le calcul cartésien devait l'emporter un temps sur le regard arguésien, alors que la grande trouvaille de Desargues reste d'avoir exhibé la première transformation repérée comme telle dans l'histoire de la géométrie, sans doute parce qu'elle

transforme vraiment, jusqu'à l'anamorphose : avec lui, la perspective devient un outil de la géométrie, dès lors qu'il en découvre l'invariant, qu'il appelle *involution* et qui préfigure notre moderne birapport.

L'« oubli », maintes fois affirmé, de l'héritage arguésien, mésestime le bruit qu'une intuition a continué de faire en sous-sol : non-seulement Blaise Pascal, Philippe de La Hire, Jacques-François Lepoivre, mais aussi d'autres petits maîtres, lecteurs ou épigones de Desargues, ont persisté dans les sillons du géomètre, tant sur la théorie des coniques, pour les premiers qu'en matière de perspective, de gnomonique ou de stéréotomie pour les seconds, contribuant ainsi à la transmission de ses conceptions ; mais encore, et surtout, Isaac Newton, Gottfried Wilhelm Leibniz et leurs propres émules, Patrick Murdoch, Alexis-Claude Clairaut, les abbés de Gua de Malves et de Bragelongne – lui montant *sur les épaules* en quelque sorte –, se sont saisis des intuitions du lyonnais pour les étendre à l'études des courbes et des surfaces, réalisant alors la synthèse des géométries cartésienne et arguésienne.