

Taller Digital con Cabri gómetra

Daniel Léonard, Denis Conteau, Gilles Duchanois, Oskar Gàmez, Damien Hanser, Philippe Leclère

prenom.nom@nancy.archi.fr

Ecole nationale supérieure d'architecture de Nancy,

CRAI (Centro de investigación en arquitectura e ingeniería)

UMR MAP-CNRS 3495

Universidad de Lorraine

Francia

RESUMEN

Con la aparición de las herramientas digitales e informáticas, hoy día es posible reencontrarse con una geometría esencialmente gráfica.

Los métodos tradicionales que permiten establecer una volumetría a partir de un plano, alimentado a través de la geometría descriptiva, hacen parte del “saber cómo” y de la formación de los arquitectos; estos métodos son esenciales para permitir a los estudiantes de mejorar y/o cultivar su “visión en el espacio”.

En efecto, las herramientas profesionales de modelización geométrica utilizan actualmente operaciones que otrora se realizaran a mano, en la mesa de dibujo. La ejecución de estas operaciones de manera analítica, o su realización a través de un lenguaje de programación no presentan interés alguno en los estudiantes de arquitectura. Sin embargo, el empleo de estas herramientas con el apoyo de objetos gráficos y su inclusión, en el área de la geometría dinámica, nos parecen algo no solo formador sino prometedor.

En este documento exponemos una experiencia con Cabri, en el marco de una clase de primer año de geometría descriptiva; este curso se concluye con la realización de un trabajo expresado en maquetas, las cuales se construyen con base en un plano catastral representando un terreno sobre el cual se implanta la volumetría de una o varias casas de habitación.

Se trate del desarrollo del terreno fabricado a partir de los datos entregados a través del plano catastral o de la piel de la volumetría de una casa y su axonometría, todas estas operaciones pueden ser implementadas a nivel informático con Cabri utilizando los métodos gráficos tradicionales.

Este enfoque que reúne lo tradicional y lo moderno nos parece el más prometedor y acertado para la enseñanza de la geometría en una escuela de arquitectura.

Eje temático: Arquitectura y diseño gráfico con la asistencia de Cabri

Palabras Clave : Didáctica, geometría descriptiva, geometría pura, arquitectura, modelización, prototipos, maquetismo.

INTRODUCTION

Avec l'émergence des outils numériques et informatiques il est aujourd'hui possible de renouer avec une géométrie essentiellement graphique.

Les méthodes traditionnelles permettant d'établir une volumétrie à partir de **données sur le plan**, instrumentée par la géométrie descriptive, font partie du savoir faire et de la formation des architectes ; elles sont essentielles pour permettre aux étudiants de cultiver leur « vision dans l'espace ».

Certes les outils de modélisation géométrique professionnels instrumentent aujourd'hui les opérations qui étaient réalisées hier à la main, sur la table à dessin. Faut-il pour autant renoncer à l'apprentissage de ces opérations qui permettent de comprendre et maîtriser les questions d'échelles, **d'élaborer la mise en relation de l'imaginaire avec le réel** mais aussi de cultiver la vision de et dans l'espace ? Leur formalisation de manière analytique, ou leur réalisation au travers d'un langage de programmation ne présentent aucun intérêt pour des étudiants en architecture. En revanche, leur formalisation avec le support d'objets graphiques et leur intersection, dans le cadre de la géométrie dynamique, nous paraissent prometteur et formateur.

Nous relatons ici une expérience d'utilisation de Cabri, dans le cadre d'un enseignement de 1^{ère} année de géométrie descriptive ; cet enseignement se termine par un travail de réalisation de maquettes, à partir d'un plan cadastral, représentant un terrain sur lequel est implantée la volumétrie d'une maison d'habitation.

Qu'il s'agisse du développé du terrain fabriqué à partir des données du plan cadastral ou de celui de l'enveloppe de la volumétrie de l'habitation et de son axonométrie, toutes ces opérations peuvent être instrumentées informatiquement avec Cabri en utilisant les méthodes graphiques traditionnelles.

Cette approche alliant tradition et modernité nous semble la plus prometteuse et porteuse de sens pour un enseignement de géométrie dans une école d'architecture.

VARIATIONS PEDAGOGIQUES ET QUESTIONNEMENT

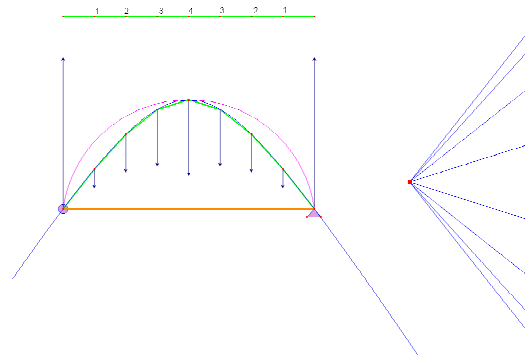
Il est désormais banal d'affirmer que les outils numériques de modélisation ont pris une place déterminante dans le processus de conception et de fabrication et l'architecture n'échappe pas à cette évolution. Les géométries, qu'elles reposent sur la notion de distance (euclidiennes et non euclidiennes) affines ou topologiques, et les algorithmes de transformation qu'elles sous-tendent, sont au cœur de ces outils. Il paraît tout autant indiscutable d'affirmer que la modélisation de ces géométries, notamment les géométries métriques, dans le cadre de l'informatique, est essentiellement analytique. Pourtant, le dessin géométrique, que nous appellerons ici construction géométrique et qui repose sur une géométrie classique du tracé, nous paraît être un élément essentiel à la formation des architectes. Ainsi, il paraît naturel, au moins dans le cycle licence, d'appuyer l'enseignement de la géométrie en privilégiant les objets géométriques classiques (droite, courbe, plan, surface, espace) se fondant dans une tradition qu'il est convenu d'appeler la « géométrie pure » ; cette géométrie peut se satisfaire aujourd'hui pleinement de la géométrie dynamique qui repose certes sur l'analyse mais qui offre à manipuler les éléments de la géométrie pure.

Ce faisant, pour peu que l'outil soit suffisamment souple et la construction géométrique correcte, le « dessin », parce que paramétré par les éléments de base qui le composent, peut naturellement être modifié par la variabilité des éléments de base ouvrant ainsi de nouvelles perspectives didactiques.

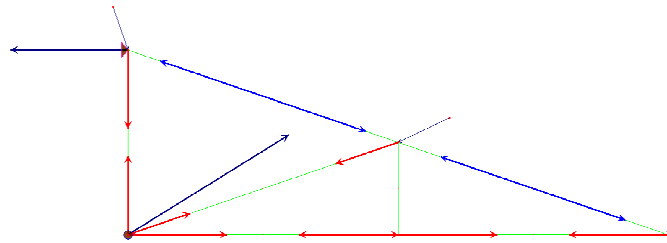
Résolution par calcul ou par construction géométrique

Un exemple mettant en jeu la dialectique graphique/numérique est celui de la résolution et du calcul ; le contexte ici est celui d'un enseignement de structure de première année. Les méthodes graphiques pour résoudre les problèmes de cette nature comme les méthodes analytiques sont bien connues ; ici encore, qu'il s'agisse de fermeture de dynamique et de calcul vectoriel la résolution sous forme graphique nous paraît plus directe, permet la visualisation des phénomènes et nous paraît plus pertinente pour la culture des futurs architectes ; pour peu que l'on utilise un support dynamique permettant de faire varier les conditions

initiales, il devient possible de visualiser des phénomènes et/ou d'approcher une solution optimale. Du fait d'être supportée numériquement, cette approche par le graphique conduit à construire des solutions aussi précises qu'avec une approche calculatoire analytique.



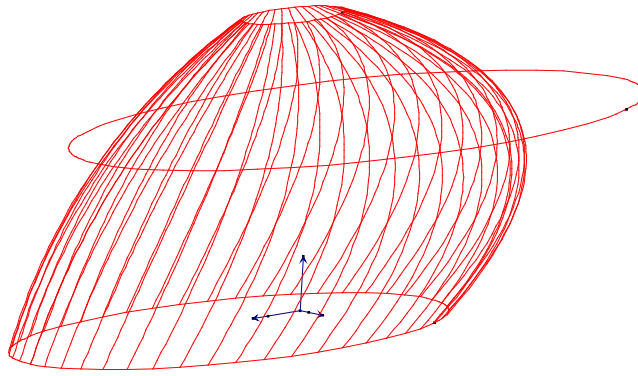
Forme idéale d'une voûte du point de vue des efforts ; application de la méthode du funiculaire avec Cabri ;



Décomposition/recomposition dynamique des forces dans les barres d'une console ; la géométrie dynamique permet de dynamiser la figure et d'observer les phénomènes de traction/compression.

Vers les « formes libres »

Un autre exemple se rapporte aux formes « libres » ou « complexes » ; la conception spatiale instrumentée informatiquement a vu émerger depuis une vingtaine d'années des formes nouvelles, parfois qualifiées d'*architecture blob*, *liquide*, à *forme libre*, *numérique*, *paramétrique* ou encore *non standard*. Il n'est pas question ici d'apporter un regard critique sur ces productions ; du point de vue géométrique, en introduisant le mouvement, sans connaissances pointues en programmation et en géométrie analytique, en s'appuyant sur l'intuition, il est possible d'atteindre rapidement des formes dites non standard ; l'exemple ci-dessous s'appuie mathématiquement sur la notion de distance et celle de barycentre. Il correspond à la notion de balayage d'une courbe sur deux rails implantée dans des logiciels tels que Rhino et Grasshopper (Payne, A., & Issa R.) ; à la différence de ces outils de modélisation qui fonctionnent comme des « boîtes noires », la projection d'une telle enveloppe dans le cadre de la géométrie dynamique avec Cabri est complètement construite et maîtrisée par l'étudiant, de la construction de la courbe de Bézier paramétrée à partir de trois points, de celles des cercles supports aux points de contrôle mais aussi à la projection axonométrique elle-même. La forme ci-dessous, du fait des courbes de Bézier, recèle une certaine complexité. L'étude des surfaces réglées **et/ou** de révolution sont un préalable et ne posent pas de difficulté.



Projection axonométrique d'une forme obtenue par balayage, sur trois rails, d'une courbe de Bézier de degré 2 avec Cabri ; qu'il s'agisse de la courbe obtenue comme lieu de points barycentre des trois points de contrôle, des cercles comme lieu de points équidistants de points donnés, mais aussi de la projection axonométrique sur le plan, tout participe d'une construction géométrique sur le plan.

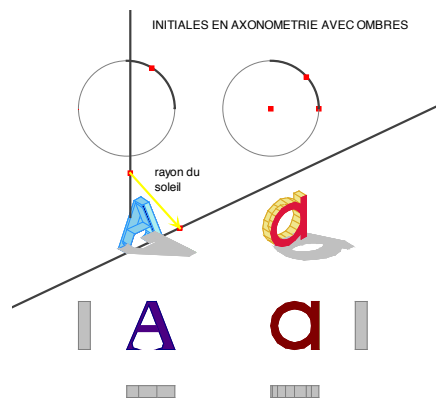
TRADITIONS ET MODERNITES

Nous utilisons depuis plusieurs années la géométrie dynamique dans un travail d'apprentissage sur les projections conventionnelles, qu'elles soient parallèles ou centrales (cf. ci-dessous travaux d'étudiants sur des perspectives construites à partir de Cabri Géomètre) ; la projection de l'espace sur le plan et la visualisation de l'espace à partir de sa projection sont des éléments d'enseignement traditionnels dans une école d'architecture. Très récemment, nous utilisons Cabri Géomètre dans un autre contexte traditionnel, celui de la géométrie descriptive et de la fabrication digitale.

Projections parallèles et centrales

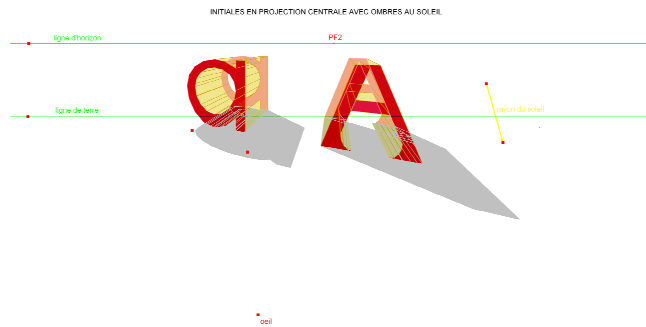
L'axonométrie, en tant que projection parallèle orthogonale, est l'un des modes de représentation traditionnel de l'architecture (Choisy A.). L'instrumentation dynamique de cette projection permet à l'étudiant de pleinement prendre conscience que l'axonométrie n'est pas l'espace mais une image de celui-ci par projection.

Le logiciel Cabri se substitue à la feuille de dessin et permet de travailler dans le plan comme on le ferait sur une table à dessin. Pourtant, du fait de la géométrie dynamique, à condition cependant que la construction géométrique soit correcte, la projection peut être modifiée par rotation du repère autour de l'axe des z et des y ; on reconstruit ainsi les conventions habituelles de mobilité d'un modéleur géométrique qui préserve l'axe des z .



Travail sur l'axonométrie orthogonale ; la direction de projection est orthogonale ; le plan de projection est oblique ; il a subi deux rotations, l'une autour de l'axe de z et l'autre autour de l'axe des x. La construction géométrique est plane. Les principes géométriques à la base de cette construction sont proches de ceux utilisés avec la planche à dessin (compas, parallélisme, intersection, ...)

L'apprentissage de la projection centrale ou perspective conique est tout aussi efficace avec la géométrie dynamique ; la démarche didactique est tout à fait analogue à la précédente du point de vue de l'instrumentation avec la géométrie dynamique. Les paramètres ici, au lieu d'être la position relative du plan de projection par rapport au plan frontal qui caractérise l'axonométrie orthogonale, sont la position du centre de la projection et la position relative de l'objet par rapport à ce centre et au plan de projection.



Projection centrale paramétrée par la position du centre de la projection et par la position de l'objet à projeter. Ici aussi, même si certaines constructions peuvent être mémorisées pour ensuite être réutilisées, les principes géométriques à la base de cette construction sont proches de ceux utilisés avec la planche à dessin (compas, parallélisme, intersection, règle ...).

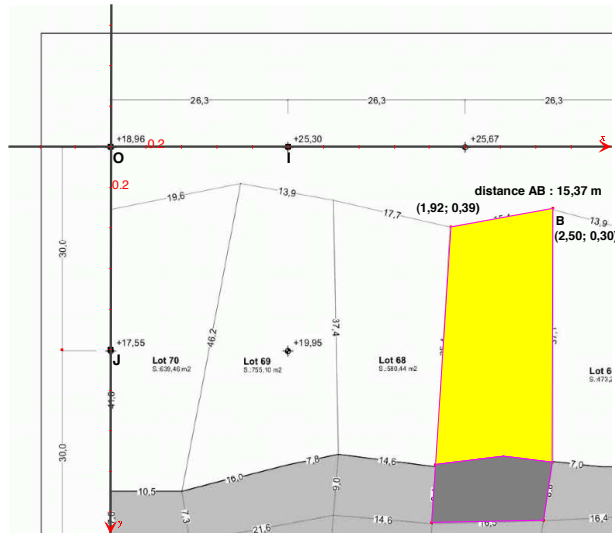
Conception et fabrication numérique

Cette année nous avons mis en place une nouvelle expérimentation dans l'utilisation de Cabri, celle de l'apprentissage de la « vraie grandeur » et de la fabrication de la maquette 3D ; le « projet » consiste, à partir d'un règlement d'urbanisme et d'un plan de cadastre, à demandé de fabriquer des enveloppes à l'échelle 1/200^{ème}

Traditionnellement et historiquement, le travail est instrumenté graphiquement, via des techniques de géométrie **descriptive** ; il est aujourd'hui largement supporté par des modeleurs 3D. Nous rencontrons des difficultés **pédagogiques** à la fois dans l'apprentissage de la géométrie descriptive que les étudiants trouvent trop abstraite et dans celui des outils informatiques de modélisation et de transformation des modèles en vue de la fabrication, **notamment au niveau des échelles**, qui plus est quand les étudiants ne disposent pas d'une culture géométrique suffisante. Pourtant, la modélisation et la production architecturale contemporaine est aujourd'hui une fervente utilisatrice de ces logiciels de modélisation et de fabrication. Aussi nous avons décidé de nous situer cette année à un niveau intermédiaire, celui de l'utilisation de la géométrie dynamique dans un contexte de modélisation et fabrication numérique et c'est à l'étudiant de fabriquer son outil numérique. Nous espérons que ce travail sera une bonne introduction à l'utilisation de modeleurs et d'outils de fabrication spécifiques et dédiés (Shadkhou, S., & Bignon, J.C.) en cycle master.

Echelle cartographique, mesure géométrique.

En utilisant un fond de plan dans la page de Cabri Géomètre on peut instrumenter la saisie digitale des parcelles ; et l'on est confronté aux mêmes problèmes d'échelle qu'avec un outil dédié ; cependant, comme le travail s'effectue dans le contexte de la géométrie, l'embrayage vers ce domaine est plus opérant.

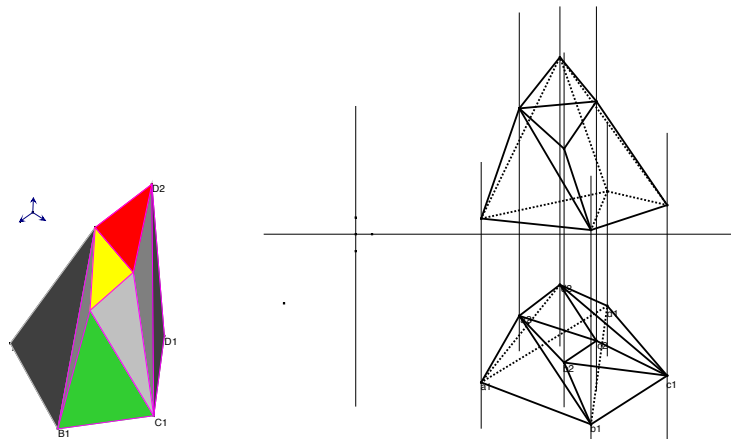


Extrait du parcellaire sur lequel les étudiants travaillent ; mise en place d'un système d'aide à la saisie assisté par Cabri qui s'appuie sur une distance qui respecte l'échelle cartographique.

Du plan à la volumétrie

En instrumentant la géométrie descriptive dans Cabri il est possible de passer d'une représentation avec une double vue à la vue plus « naturelle » en axonométrie.

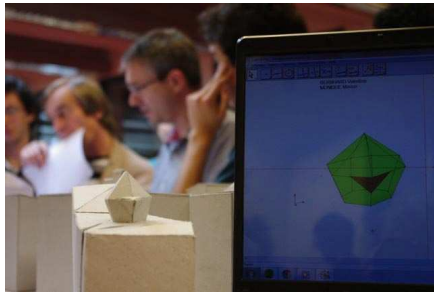
:



Passage d'une représentation conventionnelle à une autre ; ici le passage s'effectue de l'épure vers l'axonométrie. L'axonométrie est déterminée par l'image, par projection parallèle, d'un repère orthonormé. Les coordonnées mesurées dans l'épure sont tout simplement reportées graphiquement dans l'axonométrie ; la possibilité de mémoriser des constructions géométriques permet d'automatiser ce passage et d'éviter son côté répétitif et fastidieux.

Du plan à la vraie grandeur

La fabrication de la « vraie grandeur » peut s'effectuer, via Cabri, soit en utilisant la distance dans l'espace, soit par des techniques de géométrie descriptive. Le patron (développé) de la forme peut ensuite être défini, imprimé, et fabriqué.



Conclusion

Nous avons voulu, dans cet article, à la fois relater les différentes expériences d'utilisation de la géométrie dans nos différents enseignements à l'école d'architecture de Nancy mais aussi questionner les fondements d'un enseignement de la géométrie dans une école d'architecture ; nous sommes convaincus de l'intérêt pédagogique de l'utilisation de la géométrie dynamique et graphique dans une école d'architecture car elle permet des activités basées sur le trait plutôt que sur le nombre et s'inscrit naturellement dans une tradition de l'utilisation et de l'enseignement de la géométrie en architecture ; en permettant la dynamique, la paramétrisation et la prise en compte du mouvement, elle ouvre vers les productions de formes les plus actuelles.

Nous avons orienté l'apprentissage de la représentation architecturale à l'école d'architecture de Nancy en première année sur l'utilisation de la feuille de papier, à main levée ou à la règle et à l'équerre ; l'enseignement de la géométrie fait exception ; il est cependant une introduction et un préalable nécessaires pour pouvoir aborder et comprendre et maîtriser les logiciels spécialisés, qu'ils s'agissent des modélisateurs volumiques et surfaciques, en particulier l'association Rhino et Grasshopper qui est, de fait, un autre logiciel de géométrie dynamique.

Bibliografía resumida.

Bibliografía resumida.

Audin, P. (1995). La BRACHlIstochrome. *abraCAdaBRI* 9, 16-17.

Choisy, A. (1899). Histoire de l'architecture.

Tournes, D. (1997). Variations autour du centre de Similitude. *IUFM de la Réunion*.

Marin, P., & Lequay, H., & Blanchi, Y. (2011). Thinking With Computers and Fabricating With Machines. *Algode 14-16 March 2011*, Tokyo, Japan.

Payne, A., & Issa R. (2010), Grasshopper primer, <http://www.liftarchitects.com/journal/2009/3/25/the-grasshopper-primer-second-edition.html>.

Shadkhou, S., & Bignon, J.C. (2009). Design, Fabrication, Digital : Between digital design and digital fabrication. *27ème conférence - eCAADe 2009, Computation : The new realm of architectural design, 16-19 September*, Istanbul, Turkey.

Monge, G. (1799). Géométrie descriptive, Leçons données aux Ecoles normales, 3ème année, Paris, Baudouin.

Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy. (1995). Cours de géométrie descriptive. 2^{ème} année, Nancy.