

# CONSTRUIRE LE COURBE 2014

---

Séminaire de l'École des Ponts ParisTech - départements GCC & GMM  
C. Douthe, L. du Peloux, R. Mesnil  
22 au 27 septembre 2014



# SOMMAIRE

ÉNONCÉ	3
SUJET	3
CHARTRE GRAPHIQUE	5
RAPPORTS DE LA PHASE CONCOURS	10
GROUPE 1 - NOM DU PROJET	11
GROUPE 2 - NOM DU PROJET	16
GROUPE 3 - NOM DU PROJET	21
GROUPE 4 - NOM DU PROJET	26
GROUPE 5 - NOM DU PROJET	31
GROUPE 6 - NOM DU PROJET	36
GROUPE 7 - NOM DU PROJET	41
GROUPE 8 - NOM DU PROJET	46
GROUPE 9 - NOM DU PROJET	51
GROUPE 10 - NOM DU PROJET	56
RAPPORTS DE LA PHASE PROJET	60
GROUPE A - NOM DU PROJET	61
GROUPE B - NOM DU PROJET	71
GROUPE C - NOM DU PROJET	81

ÉNONCÉ

# CONSTRUIRE LE COURBE

description du séminaire

## OBJECTIFS PÉDAGOGIQUES

Les structures à double courbure fascinent et semblent à la portée de chacun grâce aux outils numériques contemporains. Elles restent néanmoins des objets énigmatiques qu'on ne sait pas toujours bien appréhender. L'objectif de cette semaine est de dresser un panorama des possibilités offertes par ces structures courbes, de présenter les méthodes constructives qui y sont associées depuis la définition de la forme jusqu'à son exécution. L'essentiel de la semaine est organisé autour de projets qui permettent la mise en pratique des notions abordées et aboutissent à la réalisation de trois structures à échelle moyenne: un gridshell élastique, un gridshell rigide et une structure textile.

## ÉQUIPE ENSEIGNANTE

Cyril DOUTHE  
IFSTTAR - département Matériaux et Structures

Lionel DU PELOUX  
NAVIER - équipe Matériaux et Structures Architecturés  
T/E/S/S - atelier d'ingénierie

Romain MESNIL  
NAVIER - équipe Matériaux et Structures Architecturés

## DATES

Du 22 au 26 septembre 2014

## POIDS HORAIRE

Conférences	7h30
TD numériques	1h30
Corrections & Jury	4h00
Conception & Réalisation	25h00

## EFFECTIF PRÉVISIONNEL

Environ 30 élèves de 3<sup>ème</sup> année des départements GCC et GMM

# CONSTRUIRE LE COURBE

organisation de la semaine

## PLANNING DE LA SEMAINE

LUNDI	8h30	9h00	Présentation de la semaine
	9h00	11h45	Construire le courbe - CD
	13h00	13h45	Présentation des outils numériques - 1/2
	13h45	18h00	Projet : esquisse
MARDI	8h30	10h00	Gridshells élastique - LDP
	10h15	11h45	Gridshells rigides - RM
	12h45	14h00	Structures en toile - CD
	14h00	18h00	Projet : préparation du rendu "concours"
MERCREDI	8h30	11h00	Jury intermédiaire & sélection des projets
	11h15	12h30	Mise en place de l'organisation des groupes
	13h30	14h15	Présentation des outils numériques - 2/2
	14h15	18h00	Projet : préparation des rendus de projet
JEUDI	8h30	10h00	Projet : validation du dossier d'exécution
	10h00	18h00	Projet : construction - 1/2
VENDREDI	8h30	12h00	Projet : construction - 2/2
	13h00	14h30	Projet : préparation du rendu final
	14h30	16h00	Rendu final & Jury
	16h00	18h00	Rangement

## DÉROULEMENT GÉNÉRAL DE LA SEMAINE

La semaine s'articule autour de deux phases. La première consiste à s'approprier les concepts théoriques propres à la réalisations de structures à géométrie non standard et à développer un projet au stade de l'esquisse. A mi-parcours, un jury évalue les projets pour n'en retenir que trois. Les étudiants se réorganisent alors en groupe de 10 pour réaliser, à plus grande échelle et dans le souci du détail, les projets ainsi sélectionnés.

## DESCRIPTION DES ENSEIGNEMENTS THÉORIQUES

### CONSTRUIRE LE COURBE - Cyril DOUTHE

Panorama de structures à double courbure historiques au travers des méthodes de génération de leur géométrie et de quelques éléments clés de leur dimensionnement.

### GRIDSHELLS ELASTIQUES - Lionel DU PELOUX

Présentation des structures de gridshells élastiques: du design à la fabrication. Détail des méthodes de recherche de forme et de dimensionnement, de conception des assemblages et de quelques projets réalisés.

### STRUCTURES EN TOILES - Cyril DOUTHE

Présentation des grands principes de l'architecture textile et de ses spécificités au travers des couplages forme/force/structure/matériau/technologie.

### GRIDSHELLS RIGIDES - Romain MESNIL

Panorama de structures récentes aux géométries non-standard et présentation des techniques de construction existante et des méthodes de conception associées. Initiation au structure utilisant de l'EPFE.

## DESCRIPTION DES ENSEIGNEMENTS PRATIQUES

### RHINO & GRASSHOPPER - Lionel DU PELOUX & Romain MESNIL

Présentation du logiciel de modélisation 3D Rhinocéros et de son plugin grasshopper.

### TOOLBOX - Cyril DOUTHE & Lionel DU PELOUX & Romain MESNIL

Présentation des toolbox spécifiques au développement des projets de toiles, gridshells et surfaces moulures.

# CONSTRUIRE LE COURBE

cahier des charges des projets



## PROGRAMME

Proposer une structure intérieure pour la couverture et l'isolement d'une table pour au moins 4 personnes. L'installation devra présenter au minimum une entrée à hauteur d'homme ainsi que l'espace nécessaire à l'installation des personnes autour de la table. La totalité de la surface de la structure ne devra pas excéder 30 m<sup>2</sup>. Les différentes propositions devront être adaptées aux caractéristiques structurelles, matérielles et technologiques de la typologie structurelle réalisée : gridshell élastique en matériaux composites, gridshell rigide à partir de surface moulure en panneau de polystyrène et structure textile en toile PVC précontrainte.

## CONTRAINTES TECHNIQUES

L'implantation des différents projets est libre à l'intérieur de la zone attribuée à chaque projet (voir plan d'implantation général). Les seuls points d'ancrage autorisés sont ceux de la zone attribuée à chaque typologie de structure. Néanmoins, à la limite des zones, il existe des points d'ancrage mutualisés qui pourront être utilisés par l'un ou l'autre des projets. Les points d'ancrage présent sur les murs sont également autorisés.

## MATERIAUX ET MATERIEL A DISPOSITION

Les équipes ont à disposition dans la halle un outillage varié et les protections individuelles correspondantes, entre autres : une perceuse à colonne, une presse à oeillet, des décapeurs thermiques, des perceuses, des visseuses, des scies sauteuses et à main, des cutters, etc. Elles disposent également de la quincaillerie nécessaire à la bonne réalisation des projets (vis, profilés, fil de fer, ruban adhésif simple, double face ou armé, etc.)

Question matériaux, outre des tasseaux et des planches OSB que chacun peut utiliser, chaque typologie de structures se base sur des fournitures de base spécifiques :

- pour les gridshells élastiques : joncs en composite, collier atlas click pour les connexion et tube acier pour les raccords...
- pour les gridshells rigides : panneau de polystyrène extrudé, vis à bois, scotch armé et drisse polypropylène pour le renfort et la précontrainte...
- pour les structures en toile : toile PVC, scotch double face et/ou soudure au décapeur thermique, oeillets, drisse, arc métallique et pièces d'ancrage pour super-structures...

Image ci-contre : Restaurant Le Georges, Centre Pompidou, Paris, 2000

Architecte : Jacob + Macfarlane, BET Structures : RFR

# CONSTRUIRE LE COURBE

description du contenu et des rendus de la phase "concours"

## DESCRIPTION DE LA PHASE "CONCOURS"

Durant la phase "concours", les étudiants sont regroupés en équipe de trois personnes et élaborent une proposition en réponse au cahier des charges. Les équipes choisissent librement leur typologie structurelle (gridshell élastique, gridshell rigide ou structure textile) dans la mesure où trois objets de chaque sorte sont présentés au concours le mercredi matin. La première demi-journée est centrée sur la définition des grandes lignes du projet (son implantation dans la salle, son fonctionnement, sa volumétrie...) et sur la prise en main des outils de représentation. La deuxième demi-journée est employée à la production des différentes pièces du dossier de concours et à la maquette, qui, entre autre choses, pourra être utilisée pour valider le processus de montage envisagé.

Cette première phase se termine le mercredi matin par le jury du concours. Celui-ci est organisé par catégorie d'objet. Chaque équipe dispose de 10 minutes (5' de présentation, 5' d'échange avec la salle) pour convaincre les étudiants des autres catégories et les enseignants de la qualité de leur proposition. Les principaux critères d'évaluation sont les qualités architecturales et techniques du projet (réponse au cahier des charges et constructibilité). A la fin de chaque catégorie, un court débat collectif à huis clos (sans les étudiants concourant dans la-dite catégorie) est organisé et suivi d'un vote. Le projet qui recueille le plus de voix sera réalisé à grande échelle.

## RENDU INTERMEDIAIRE :

HEURE DE RENDU : 8h00 le mercredi  
envoi du dossier de concours par mail à [info@thinkshell.fr](mailto:info@thinkshell.fr) (format pdf)

## PIECES DU DOSSIER

- un nom, un concept, une note d'intention
- une maquette à l'échelle (1/20)
- un plan d'implantation,
- un plan de structure, une (ou plusieurs) coupe(s), une élévation
- une note technique comprenant : i) la méthode de montage ou un planning de chantier,  
ii) une liste des points techniques délicats,  
iii) une liste des détails du projet ;
- un support de présentation orale.

## PRESENTATION ORALE (10 minutes par équipe)

- 5 minutes de présentation
- 5 minutes d'échanges avec la salle

## CRITERES D'EVALUATION

Dans la phase "concours", les étudiants sont évalués de façon collective sur la qualité du dossier écrit (3 pts) et de leur présentation orale (3 pts) ainsi que de façon individuelle sur leur participation aux échanges lors du jury (1 pt).

ECRIT	Respect des consignes pour la constitution du dossier	(1pt)
	Qualité technique du projet	(1pt)
	Qualité architecturale du projet	(1pt)
ORAL	Qualité de la maquette	(1pt)
	Qualité de la présentation orale	(1pt)
	Gestion des questions / réponses	(1pt)
INDIVIDUEL	Participation individuelle aux débats	(1pt)

# CONSTRUIRE LE COURBE

description du contenu et des rendus de la phase "projet"

## DESCRIPTION DE LA PHASE "PROJET"

La phase "projet" débute immédiatement après la sélection des trois projets lauréats par une réorganisation des équipes en groupe de dix étudiants et la mise en place d'une organisation interne sur le modèle de celle proposée ci-dessous :

Département technique	Département chantier
* Directeur technique	* Chef de chantier
* Resp. mise en plan	* Resp. coordination BE
* Resp. calculs de structure	* Resp. logistique
* Resp. géométrie de référence	* Resp. méthodes
* Resp. détails	* Resp. détails
* Projeteurs	* Compagnons

Après répartition des tâches, tous les postes avancent en parallèle dans l'objectif de terminer la conception générale le mercredi : les calculs de structures, les réflexions sur les détails ou sur les méthodes de montage peuvent se faire indépendamment de la connaissance de la géométrie finale ; l'organisation du chantier et de la production doit être faite en coordination avec la mise en plan ou la réflexion sur les détails, etc. La matinée du jeudi est ensuite consacrée à la réalisation des plans d'exécution qui doivent être validés par l'équipe enseignante avant la mise en production. La construction de la structure s'achève le vendredi midi.

## RENDU FINAL :

HEURE DE RENDU : 13h00 le vendredi  
envoi du dossier de projet par mail à [info@thinkshell.fr](mailto:info@thinkshell.fr) (format pdf)

## PIECES DU DOSSIER

- un nom, un concept, une photo, une note d'intention ;
- une photo de l'équipe avec le détail des rôles de chacun ;
- un plan d'implantation
- plan/coupe(s)/élévation(s) ;
- détails ;
- une note de calcul : réaction d'appui, contraintes dans les éléments, relaxation, stabilité, assemblage...
- une note sur la méthode de montage ;
- une note de synthèse critique, de retour d'expérience ;
- montage et détails en images.

## PRESENTATION ORALE (30 minutes par équipe)

- 15 minutes de présentation
- 15 minutes d'échanges avec la salle

## CRITERES D'EVALUATION

Dans la phase "projet", les étudiants sont évalués de façon collective pour la qualité de chaque type de rendu : le dossier écrit (5 pts), l'objet réalisé (5 pts), la présentation orale (3 pts). Une modulation individuelle (1 pt) est ensuite attribuée en fonction de l'investissement personnel durant la semaine.

ECRIT	Respect des consignes pour la constitution du dossier	(1pt)
	Qualité de la conception structurelle	(2pt)
	Qualité de la conception constructive	(2pt)
OBJET	Propreté finale du chantier	(1pt)
	Organisation	(1pt)
	Qualité d'exécution du projet et des détails	(2pt)
	Investissement et motivation de l'équipe	(1pt)
ORAL	Compréhension mécanique du projet	(1pt)
	Analyse critique	(1pt)
	Qualité de la présentation orale	(1pt)
INDIVIDUEL	Modulation individuelle selon participation	(+/-1pt)

# CHARTE GRAPHIQUE

# CHARTE GRAPHIQUE

styles de traits et d'annotations

# CHARTE GRAPHIQUE

symboles et repères

# CHARTE GRAPHIQUE

cotes et personnages

RENDUS CONCOURS

RENDUS PROJETS

PROJET

# NOM DU PROJET

**PHASE**  
CONCOURS

**EQUIPE**  
Cyril DOUTHE  
Lionel DU PELOUX  
Romain MESNIL



# NOM DU PROJET

texte 3 colonnes

nostra in amicos benevolentia illorum erga nos benevolentiae pariter aequaliterque respondeat, tertiam, ut, quanti quisque se ipse facit, tanti fiat ab amicis. Quam ob rem circumspecta cautela observatum est deinceps et cum edita montium petere coeperint grassatores, loci iniquitati milites cedunt. ubi autem in planitie potuerint reperiri, quod contingit adsidue, nec exsertare lacertos nec crispate permissi tela, quae vehunt bina vel terna, pecudum ritu inertium trucidantur. Constituendi autem sunt qui sint in amicitia fines et quasi termini diligendi. De quibus tres video sententias ferri, quarum nullam probo, unam, ut eodem modo erga amicum adfecti simus, quo erga nosmet ipsos, alteram, ut nostra in amicos benevolentia illorum erga nos benevolentiae pariter aequaliterque respondeat, tertiam, ut, quanti quisque se ipse facit, tanti fiat ab amicis. Pendente itaque viam factorum sorte tristissima, qua praestitutum erat eum vita et imperio spoliari, itineribus interiectis permutatione iumentorum emensis venit Petobionem oppidum Noricorum, ubi reseratae sunt insidiarum latebrae omnes, et Barbatio repente apparuit comes, qui sub eo domesticis praefuit, cum Apodemio agente in rebus milites ducens, quos beneficiis suis oppigneratos elegerat imperator certus nec praemiis nec miseratione ulla posse deflecti. agente in rebus milites ducens, quos beneficiis suis oppigneratos elegerat imperator certus nec praemiis nec miseratione ulla posse deflecti.

spoliari, itineribus interiectis permutatione iumentorum emensis venit Petobionem oppidum Noricorum, ubi reseratae sunt insidiarum latebrae omnes, et Barbatio repente apparuit comes, qui sub eo domesticis praefuit, cum Apodemio agente in rebus milites ducens, quos beneficiis suis oppigneratos elegerat imperator certus nec praemiis nec miseratione ulla posse deflecti. agente in rebus milites ducens, quos beneficiis suis oppigneratos elegerat imperator certus nec praemiis nec miseratione ulla posse deflecti. agente in rebus milites ducens, quos beneficiis suis oppigneratos elegerat imperator certus nec praemiis nec miseratione ulla posse deflecti. agente in rebus milites ducens, quos beneficiis suis oppigneratos elegerat imperator certus nec praemiis nec miseratione ulla posse deflecti. agente in rebus milites ducens, quos beneficiis suis oppigneratos elegerat imperator certus nec praemiis nec miseratione ulla posse deflecti. agente in rebus milites ducens, quos beneficiis suis oppigneratos elegerat imperator certus nec praemiis nec miseratione ulla posse deflecti. agente in rebus milites ducens, quos beneficiis suis oppigneratos elegerat imperator certus nec praemiis nec miseratione ulla posse deflecti.

## STRUCTURE

Latebrae omnes, et Barbatio repente apparuit comes, qui sub eo domesticis praefuit, cum Apodemio agente in rebus milites ducens, quos beneficiis suis oppigneratos elegerat imperator certus nec praemiis nec miseratione ulla posse deflecti. Iam in altera philosophiae parte. quae est quaerendi ac disserendi, quae logikh dicitur, iste vester plane, ut mihi quidem videtur, inermis ac nudus est. tollit definitiones, nihil de dividendo ac partiendo docet, non quo modo efficiatur concludaturque ratio tradit, non qua via captiosa solvantur ambigua distinguantur ostendit; iudicia rerum in sensibus ponit, quibus si semel aliquid falsi pro vero probatum sit, sublato esse omne iudicium veri et falsi putat. Fieri, inquam, Triari, nullo pacto potest, ut non dicas, quid non probes eius, a quo dissentias. quid enim me prohiberet Epicureum esse, si probarem, quae ille diceret? cum praesertim illa perdiscere ludus esset. Quam ob rem dissentientium inter se reprehensiones non sunt vituperandae, maledicta, contumeliae, tum iracundiae, contentiones concertationesque in disputando pertinaces indignae philosophia mihi videri solent.

## CONCEPT

Quam ob rem circumspecta cautela observatum est deinceps et cum edita montium petere coeperint grassatores, loci iniquitati milites cedunt. ubi autem in planitie potuerint reperiri, quod contingit adsidue, nec exsertare lacertos nec crispate permissi tela, quae vehunt bina vel terna, pecudum ritu inertium trucidantur. Constituendi autem sunt qui sint in amicitia fines et quasi termini diligendi. De quibus tres video sententias ferri, quarum nullam probo, unam, ut eodem modo erga amicum adfecti simus, quo erga nosmet ipsos, alteram, ut

## PROGRAMME

Pendente itaque viam factorum sorte tristissima, qua praestitutum erat eum vita et imperio spoliari, itineribus interiectis permutatione iumentorum emensis venit Petobionem oppidum Noricorum, ubi reseratae sunt insidiarum latebrae omnes, et Barbatio repente apparuit comes, qui sub eo d Pendente itaque viam factorum sorte tristissima, qua praestitutum erat eum vita et imperio

# NOM DU PROJET

plan masse

- 1 Item1
- 2 Item2
- 3 Item3
- 4 Item4
- 5 Item5
- 6 Item6
- 7 Item7
- 8 Item8
- 9 Item9
- 10 Item10
- 11 Item11
- 12 Item12
- 13 Item13
- ...

# NOM DU PROJET

vue en plan

- 1 Item1
- 2 Item2
- 3 Item3
- 4 Item4
- 5 Item5
- 6 Item6
- 7 Item7
- 8 Item8
- 9 Item9
- 10 Item10
- 11 Item11
- 12 Item12
- 13 Item13
- ...

# NOM DU PROJET

vue en élévation

- 1 Item1
- 2 Item2
- 3 Item3
- 4 Item4
- 5 Item5
- 6 Item6
- 7 Item7
- 8 Item8
- 9 Item9
- 10 Item10
- 11 Item11
- 12 Item12
- 13 Item13
- ...

# NOM DU PROJET

vue en coupe

- 1 Item1
- 2 Item2
- 3 Item3
- 4 Item4
- 5 Item5
- 6 Item6
- 7 Item7
- 8 Item8
- 9 Item9
- 10 Item10
- 11 Item11
- 12 Item12
- 13 Item13
- ...

# NOM DU PROJET

détail

- 1 Item1
- 2 Item2
- 3 Item3
- 4 Item4
- 5 Item5
- 6 Item6
- 7 Item7
- 8 Item8
- 9 Item9
- 10 Item10
- 11 Item11
- 12 Item12
- 13 Item13
- ...

# NOM DU PROJET

groupe de photos

1

- 1 Item1
- 2 Item2
- 3 Item3
- 4 Item4
- 5 Item5
- 6 Item6
- 7 Item7
- 8 Item8
- 9 Item9
- 10 Item10
- 11 Item11
- 12 Item12
- 13 Item13
- ...

2

3

Légende complémentaire

4