

TERRAIN

ENSAE Paris-Saclay Un squelette d'acier

Par Vincent Rey



Au sud du plateau de Saclay, à proximité de l'école Polytechnique, un squelette d'acier repose sur une vaste prairie engazonnée. L'ENSAE (École nationale de la statistique et de l'administration économique) a pris possession de ses nouveaux locaux sur le futur cluster technologique de l'ouest parisien, un édifice austère et rigoureux composé de métal et de verre.



© CTICM

Entrée de l'ENSAE
Paris-Saclay

Un paysage en construction

Les anciennes terres agricoles du plateau de Saclay supportent aujourd'hui une ambition d'envergure nationale : créer une « Silicon Valley » à la française.

Ce secteur est situé dans l'ouest francilien sur les départements des Yvelines (78) et de l'Essonne (91), à environ 20 kilomètres de la capitale. La vocation scientifique du Plateau de Saclay est née au milieu du XX^{ème} siècle : le CNRS s'implante à Gif-sur-Yvette dans l'immédiat après-guerre, et il est rejoint en 1947 par le Commissariat à l'énergie atomique (CEA). Ces premières institutions seront rapidement suivies par de grandes écoles : la faculté des sciences de Paris s'y installe en 1956, suivie par la très prestigieuse HEC, l'École supérieure d'optique, l'École supérieure d'électricité et enfin Polytechnique en 1976.

En 2006, l'Etat déclare la zone « Opération d'intérêt national », reprenant ainsi la main sur la planification urbaine et facilitant les procédures réglementaires et juridiques. Aujourd'hui, le cluster Paris-Saclay constitue un des projets phares du Grand Paris et une nouvelle ligne de métro (ligne 18) viendra à l'horizon 2024 assurer sa desserte. À terme, vingt pour cent de la recherche française sera localisée sur ce site : 10 500 chercheurs et 50 000 étudiants feront vivre la future université de Paris-Saclay. Et le rayonnement de ce projet dépasse largement le cadre hexagonal : en 2013, le prestigieux Massachusetts Institut of Technology (MIT) a classé le plateau de Saclay parmi les 8 plus importants pôles de compétitivité au monde.

Aux enjeux immenses liés au développement de ce secteur, répond un programme de travaux gigantesque. Le campus Paris-Saclay, élément central de ce futur

pôle scientifique et technologique, se déploie sur un périmètre de 7 kilomètres de long sur 1 kilomètre de large.

En attendant l'achèvement de cette « ville-parc », le paysage qu'offre ce secteur aujourd'hui est étonnant : à l'horizontalité du plateau s'opposent les silhouettes verticales des grues, de larges avenues sillonnent des terres encore vierges de constructions et ponctuellement, abrités derrière d'interminables palissades en bac acier, d'énormes chantiers fourmillent d'activités. Le cluster « high-tech » de Saclay émerge lentement de la boue des terrassements et du vacarme des travaux.

La figure du carré

Installée à Malakoff depuis 1975, l'ENSAE ParisTech (École nationale de la statistique et de l'administration économique), à l'instar d'autres grandes écoles d'ingénieurs, a décidé de venir s'implanter sur le campus de l'école Polytechnique.

C'est en 2011 que le concours d'architecture est lancé. L'agence CAB est désignée lauréate face à 4 autres équipes d'architectes : Phileas + Search, Babin-Renaud, Sauerbruch-Hutton + Van de Wyngaert et l'agence Coulon. Le site ? Un terrain au sud du plateau de Saclay, ouvert sur la lisière boisée des coteaux. Pas de réelles contraintes urbaines ni de continuités bâties à respecter, le cahier des charges n'imposait aucune forme précise.

La proposition de CAB est dense, compacte : un édifice carré de 80 mètres de côté. « Lorsque nous avons découvert le ciel immense et le plateau dépourvu de contraintes physiques, nous avons cherché, par une forme simple et une écriture abstraite, à capter le paysage » explique Jean-Patrice Calori, l'un des trois associés de l'agence CAB fondée en 2002 avec Bita Azimi et Marc Botineau.

Le bâtiment est implanté en limite nord-ouest de la parcelle, dégagant ainsi une vaste esplanade côté sud, en face des boisements existants. Quelques bosquets plantés de façon aléatoire forment comme un écho à la lisière proche, et le sol est légèrement creusé afin d'accueillir un bassin d'orage engazonné que franchissent 2 passerelles. Ce mouvement topographique permet de dégager le socle de l'édifice qui semble ainsi délicatement posé sur le sol.

Au rez-de-chaussée, le bâtiment est conçu comme « un lieu ouvert et urbain » : de grandes galeries couvertes sont disposées sur 2 côtés de l'école, et un jardin intérieur (le patio planté) prolonge les espaces extérieurs au sud, offrant ainsi une perspective remarquable sur

les premiers boisements. Cette problématique de la continuité des espaces publics, de l'effacement des limites a fait l'objet d'une attention particulière de la part des architectes.

La mise au point du projet

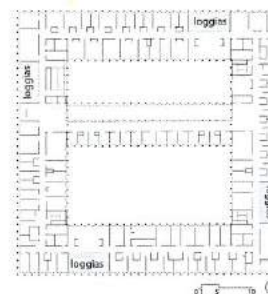
Une trame régulière de profilés HEB 240 vient dessiner l'intégralité des façades du bâtiment. Ils sont disposés en premier plan des façades et constituent l'exostructure de l'édifice. Cette écriture volontairement constructive confère à l'ensemble une grande unité plastique, appuyée par une monochromie de gris. Dans les premières perspectives du concours, l'aspect du bâtiment différait sur 2 points principaux : l'exostructure était constituée d'épines en acier corten d'une teinte brune, et le rythme des éléments verticaux était moins régulier. Christophe Wilke, directeur de projet de l'agence CAB, nous explique ces évolutions du projet.

« La trame initiale du bâtiment se modifiait en façade pour exprimer les différentes parties du programme. Mais en avançant dans les études, nous nous sommes rendus compte que la maîtrise d'ouvrage souhaitait une école modulable, avec des usages pouvant évoluer dans le temps. De ce fait, manifester en façade les différentes fonctions de l'édifice n'était plus forcément judicieux et utile. Nous avons donc opté pour une simplification de la trame qui est devenue ainsi beaucoup plus régulière ».

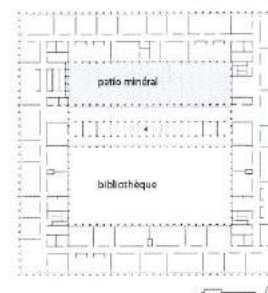
Une double volonté a présidé au choix d'une structure finalement composée de profilés standards : contenir les coûts, mais surtout mieux maîtriser la qualité de son exécution : « En concours, la structure était composée d'aiguilles trapézoïdales en acier corten massif de 3 cm d'épaisseur, remplies d'un béton THP. Ces aiguilles étaient très fines, très difficiles à faire tenir et nécessitaient une importante quantité d'acier compte tenu de leurs formes particulières. Leur mise en oeuvre était extrêmement compliquée avec beaucoup de situations différentes à gérer, notamment aux croisements avec les poutres horizontales. Cette complexité impliquait également beaucoup de réalisations sur site, donc forcément des coûts importants. Nous avons beaucoup travaillé avec Batiserf, notre bureau d'étude, sur cette problématique et nous avons finalement opté pour une structure extérieure uniquement composée de profilés standards HEB 240. Notre idée principale était avant tout de simplifier la mise en oeuvre du bâtiment dans l'objectif d'améliorer sa qualité finale. »



Plan du 4^e étage



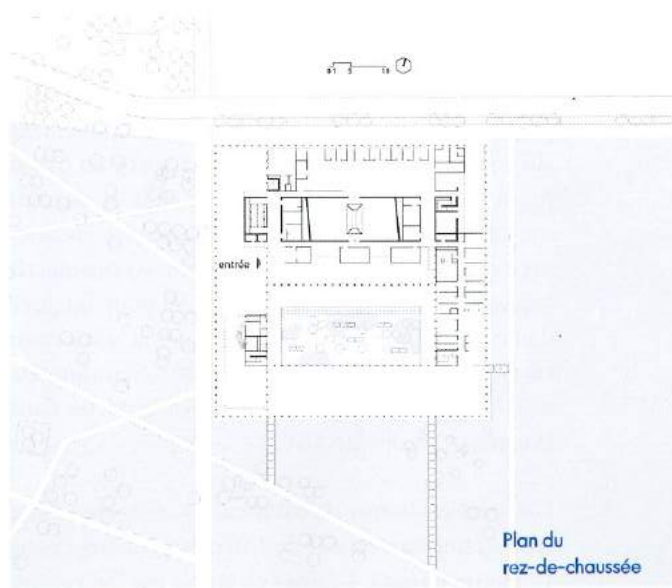
Plan du 3^e étage



Plan du 2^e étage



Plan du 1^{er} étage

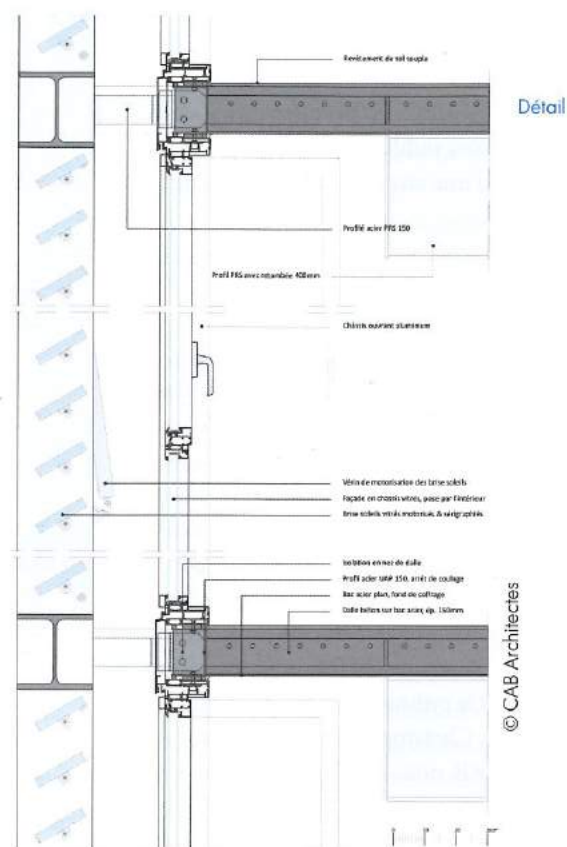


Plan du rez-de-chaussée

© CAB Architectes



Verrin de motorisation
des brise soleil



La bibliothèque
et un des
amphithéâtres



L'attention aux détails

L'architecture de l'agence CAB se caractérise en effet par le soin apporté aux détails. « Systématiquement sur ce projet, nous avons cherché à sortir au maximum la réalisation du site ; l'idée était de faire au maximum en atelier, et ensuite d'assembler le mécano avec des produits quasi finis sur site » nous décrit Christophe Wilke. Simplifier le détail pour s'assurer d'une réalisation optimale, privilégier la fabrication en atelier par rapport au travail sur chantier, tels sont les principes qui ont guidé les architectes dans la conception de l'ENSAE.

L'ossature extérieure du bâtiment est composée d'une série de poteaux-échelle de 2,10 mètres de large pour 17 mètres de haut. Réalisés en atelier par l'entreprise

Vilquin, ces éléments ont été montés sur le chantier et maintenus provisoirement par des bracons avant d'être assemblés 2 par 2 par des poutres boulonnées. En plan, toutes les « ailes » du bâtiment présentent une même épaisseur de 15 mètres. Les façades sont reliées entre elles par des poutres mixtes, composées de deux connecteurs en PRS de 150 millimètres de hauteur et d'un IPE 400 en partie centrale. Ces connecteurs permettent de reculer la structure centrale de la façade, libérant ainsi davantage de lumière et de vue pour les espaces intérieurs et permettant de réduire les ponts thermiques engendrés par les pénétrations de la charpente extérieure.

La mise au point de ces éléments a été complexe : initialement, les connecteurs étaient soudés aux poteaux-échelle, puis les IPE 400 boulonnés par dessous. Mais un tel détail impliquait le transport

d'éléments en 3 dimensions, des sortes de « colonnes marteaux-échelle ». L'entreprise Vilquin a donc proposé à la maîtrise d'œuvre une variante pour faciliter la manutention de la structure : souder les connecteurs en PRS aux poutres IPE, puis venir ensuite fixer ces ensembles aux poteaux-échelle. Cette alternative a été retenue par les architectes, notamment parce qu'elle permettait de supprimer le boulonnage qui aurait été visible sur les connecteurs.

L'inscription du bâtiment dans une forme géométrique simple, l'utilisation d'un seul type de profilé pour toute son exostructure, et la répétition systématique d'une même trame de 2,10 x 3,05 mètres en façade confèrent à l'ensemble de l'édifice une forte unité formelle. L'écriture architecturale est ici d'inspiration constructive, efficace, et sans concession.

Une peau en verre

Toutes les surfaces périphériques de l'édifice sont composées de façon identique : l'exostructure en premier plan, équipée de brise-soleils insérés dans l'épaisseur des profilés HEB 240. Les vantelles sont en verre sérigraphié et des vérins, masqués derrière la charpente, permettent de les incliner en fonction de l'ensoleillement (voir encadré « 3 questions »). L'ensemble des brise-soleils constituent une peau en verre jouant avec les reflets du soleil.

En second plan, reculées de l'exostructure d'environ 25 centimètres, les façades rideaux du bâtiment sont constituées de grands panneaux vitrés enchâssés dans des cadres en aluminium. Seuls les rythmes verticaux des menuiseries extérieures varient en fonction des ouvrants nécessaires.

Dans le projet initial, les façades donnant sur l'intérieur du bâtiment étaient traitées de façon identique. « Cela engendrait une déperdition thermique importante et, au fil des études, nous avons finalement décidé de traiter différemment ces façades en étant un peu plus fermé » explique Christophe Wilke. Sur la cour intérieure, les proportions vitrage/plein sont de 1 pour 2, et des volets coulissants en aluminium perforé remplacent les brise-soleils. « Ces choix nous ont permis de récupérer l'inertie nécessaire pour atteindre nos objectifs de consommation énergétique, mais surtout nous avons diminué les vis-à-vis potentiels. L'intérieur du bâtiment est ainsi devenu un lieu plus intime, plus secret ... ».

Côté intérieur, les cloisons opaques viennent systématiquement s'interrompre à une cinquantaine de centimètres de la façade pour laisser place à un châssis vitré toute hauteur. Cette figure correspond à l'articulation entre les IPE 400 et les connecteurs PRS 150 qui viennent se fixer à l'exostructure. Elle permet d'augmenter la luminosité des locaux et vient renforcer le sentiment de fluidité des espaces, offrant des perspectives intérieures surprenantes.

Rigueur du dessin

L'intérieur du bâtiment est dépouillé, austère : une réflexion importante a été menée par les architectes pour supprimer tous détails et habillages superflus. Les cloisons intérieures, en Fermacell (matériau naturel à base de gypse), sont laissées « brut », non enduites, et les vis des fixations sont apparentes. Pas de faux-plafond également : les chemins de câbles sont visibles et les panneaux rayonnants suspendus par de simples câbles métalliques.

Une telle approche implique un calepinage extrêmement rigoureux de l'ensemble des éléments constitutifs du projet. Le dessin architectural ne concerne plus le second œuvre, les habillages, mais s'intéresse directement aux parties techniques de l'ouvrage. Le positionnement des rails, le passage des câbles, les retournements de cloisons, tous ces éléments habituellement masqués doivent faire l'objet de calages spécifiques. L'architecture s'attache ici aux organes du bâtiment, à sa substance même.

Mais s'assurer d'une finition parfaite en l'absence des habillages habituels implique d'anticiper les difficultés et aléas inhérents au chantier. Cette réflexion a

Le patio minéral
au 2^e étage



guidé le travail de l'agence CAB : « La question de la malfaçon en architecture s'explique assez facilement : des ouvriers insuffisamment qualifiés ou un suivi d'opération déficient de la part de la maîtrise d'œuvre ou des entreprises. L'idée ici était de limiter ce risque en intégrant dès la conception des tolérances d'exécution. Nous avons donc conçu des joints creux, des retournements de plaques, différents systèmes permettant d'ajuster constamment le projet sans que cela soit trop visible. ».

L'importance de la trame

Une rigueur presque ascétique se retrouve dans le traitement des espaces intérieurs de l'édifice, rythmés sur des déclinaisons de la trame de 2,10 mètres de la charpente extérieure.

La définition de cette mesure était un point essentiel du projet : elle devait permettre de combiner des programmes aux surfaces différentes, et correspondre au rythme exact des façades extérieures et de l'exostructure globale du projet. L'usage d'une trame constructive unique pour tout un bâtiment

3 questions à Jean-Pierre Tahay, Directeur général de Viry

Les brise-soleils ont-ils fait l'objet d'un alotissement particulier ?

Nous avons répondu à l'appel d'offres en groupement avec Castelalu : ils réalisaient les façades du bâtiment et nous avons en charge les brise-soleils implantés sur toute la périphérie de l'édifice. Dans le cadre de notre marché, nous avons traité l'ensemble des dispositifs relatifs à ces brise-soleils : toutes les parties métalliques (essentiellement en aluminium et inox), les tringleries et motorisations, les vantelles en verre et l'automatisation du système.

À l'exception de la façade Nord, tous les brise-soleils du bâtiment sont mobiles et leurs inclinaisons sont gérées selon différents programmes. Tout au long de la journée, l'orientation des vantelles varie en fonction de l'ensoleillement. La nuit, elles se mettent en position horizontale et certaines fenêtres s'ouvrent afin que le bâtiment bénéficie d'une ventilation naturelle. Mais s'il pleut, les brise-soleils se refermeront pour éviter que l'eau ne pénètre dans les locaux.

L'ensemble du système est donc totalement automatisé : les vérins actionnant les vantelles sont commandés par une armoire de GTB, elle-même reliée à une station météo située sur le toit de l'édifice. Tout le concept a été très bien imaginé par la maîtrise d'œuvre.

Comment s'est déroulé le chantier ?

La particularité de ce projet, c'est que l'intégralité des brise-soleils est insérée à l'intérieur de l'exostructure, selon une mise en œuvre très discrète. Les HEB 240 étaient donc pré-perçés afin que nous puissions fixer nos éléments. Nous avons défini nos interfaces de pré-perçage avec l'entreprise Vilquin en charge de la charpente, et le fait que nous appartenions au même groupe Fayat a facilité les échanges.

Concernant la pose des brise-soleils, nous intervenions à la suite de Castelalu sur chacune des façades. Nous avions prévu initialement une pose par nacelles depuis le sol mais au moment de notre intervention, les abords du bâtiment n'étaient pas libres, les travaux de VRD et terrassements n'étant pas achevés. Nous nous sommes affranchis de cette contrainte en modifiant notre méthode de montage : nous avons utilisé des nacelles volantes fixées en toiture.

Mais le plus délicat sur ce chantier a été le réglage des vantelles. Nous avons posé 429 ensembles comprenant chacun 17 vantelles, soit environ 7300 vantelles. Une différence angulaire, même très légère, entre deux brise-soleils contigus se voit immédiatement en façade. Nous avons dû ajuster chaque vantelle au demi-degré ce qui, multiplié par le nombre d'éléments, a représenté un travail plutôt conséquent !

Viry réalise fréquemment des ouvrages de ce type ?

C'est notre quatrième ou cinquième opération portant sur des brise-soleils mobiles. Notre premier chantier de ce type a été l'École supérieure de commerce Novancia à Paris pour la Chambre de Commerce et de l'Industrie. Sur ce projet, les vantelles étaient verticales et commandées manuellement.

Je pense que c'est un marché porteur et nous répondons régulièrement à des appels d'offres relatifs à des brise-soleils automatisés. Cela s'inscrit réellement dans une démarche de bâtiments évolutifs : il y a quelques années, les éléments de protection solaire étaient fixes. Aujourd'hui, nous maîtrisons beaucoup mieux les apports thermiques en différenciant les saisons, les brise-soleils sont actifs, et c'est cela qui les rend intéressants.

est une contrainte forte, qui n'est pas ici justifiée par des considérations techniques, mais par une écriture architecturale volontairement structurelle.

« Nous avons travaillé le bâtiment sur cette trame de 2,10 mètres parce qu'elle correspondait à beaucoup de choses. Si l'on divise 2,10 par 4, on obtient 52,5 et 52,5 multiplié par 5 nous donne 2,625 mètres : la largeur des bureaux dont nous avons besoin. Cette trame était également compatible avec les salles de cours, cela constituait au final une bonne résolution » nous précise Christophe Wilke.

La répartition des différentes parties du programme dans le bâtiment est très fonctionnelle : au rez-de-chaussée les différents espaces d'accueil de l'école : hall, cafétéria, foyer, ainsi que les deux amphithéâtres de l'école. Ils sont disposés en miroir et un dispositif de porte à enrouleur, emprunté au monde de l'industrie, permet de les relier pour des événements particuliers. Les salles de cours et la bibliothèque se situent au premier et deuxième étage. Les 2 derniers niveaux sont consacrés à l'administration et à aux chercheurs. Compte tenu de la largeur des ailes du bâtiment (15 mètres), la circulation est en position centrale mais de nombreux espaces de rencontre, ouverts sur l'extérieur, ponctuent les circulations et viennent ramener de la lumière naturelle.

L'utilisation d'une même trame sur l'ensemble de l'école implique un élargissement de la circulation aux étages de bureaux, ces derniers nécessitant une moins grande profondeur que les salles de cours. Les surfaces ainsi dégagés ont été mises à profit par les

architectes pour créer des alcôves, sorte d'espaces de travail complémentaires ouverts sur la « rue » centrale. Enfin, quatre grandes loggias en double hauteur sont disposées sur les quatre façades de l'ENSAE et offrent de larges perspectives sur l'extérieur.

Neutralité architecturale

Derrière l'aspect austère et répétitif de l'ENSAE, se dissimule un travail de conception remarquable. Le bâtiment témoigne d'un rapport au site volontaire et maîtrisé : il joue clairement sur l'opposition entre un « objet manufacturé », exosquelette écrit en profils standards, et le cadre presque champêtre dans lequel, il s'implante. La façade Sud donnant sur la lisière est à ce titre, particulièrement soignée, les perspectives ouvertes sur les frondaisons proches étant amplifiées par la présence du jardin intérieur perceptible à travers le prisme d'une galerie couverte.

L'ensemble de l'édifice est un manifeste : refus de tout habillage ou capotage, les matériaux sont laissés bruts, les éléments techniques apparents. Peu de chair, les muscles et le squelette sont montrés sans pudeur, le bâtiment est nerveux.

Ne reste plus qu'à habiter cette enveloppe de métal et de verre, à la faire vivre. L'architecture de CAB, régulière et tramée, apparaît neutre, non orientée. Elle constitue le réceptacle sophistiqué de l'ENSAE, et n'attend plus aujourd'hui que les étudiants et chercheurs investissent ses espaces.

Espace de détente

ENSAE ParisTech École nationale de la statistique et de l'administration économique

Surface SDP : 15 400 m²

Coût réel : 33 671 605 € HT

Calendrier : 2012 concours ; 2014 chantier ; 2017 livraison

Maître d'ouvrage : Groupe des Ecoles nationales d'économie et de statistique (GENES)

Conducteur d'opération : Ministère de l'Économie et des Finances

Assistant technique à la maîtrise d'ouvrage : SCET

Maîtrise d'oeuvre : CAB architectes mandataires

Paysagistes : Martel & Michel

Signalétique : LM communiquer

Economiste : VPEAS

BET acoustique : Peutz

BET structure : Batiserf

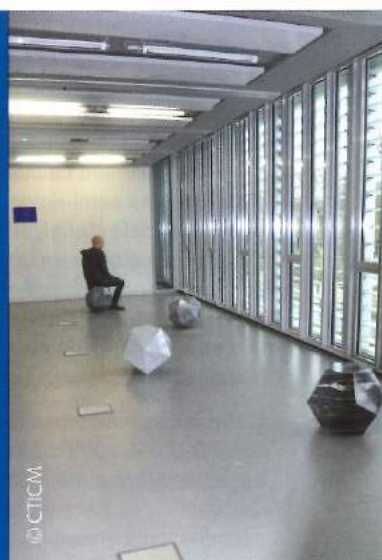
BET fluides, SSI & QE : Louis Choulet

Gros oeuvre : GCC

Charpente métallique : Vilquin

Brise-soleils : Viry

Menuiseries extérieures, façades : Castelalu





Actualité

Anticorrosion - Efficacité
des systèmes de revêtement

Rencontre

Jérôme Scoffoni, Président
directeur général de la société
CMBC

Sur le terrain

ENSAE Paris-Saclay



DOSSIER
La révision
des Eurocodes