

Palmarès Réhab XX

Palmarès de réhabilitations exemplaires de bâtiments de la seconde moitié du XX^e siècle en France

Note de présentation de la réhabilitation énergétique et architecturale *de l'École Nationale d'Architecture de Montpellier*



SOMMAIRE

1	PHILOSOPHIE DU PROJET ET CONCEPTION GENERALE	3
1.1	INTRODUCTION	3
1.2	PROJET ARCHITECTURAL	4
2	NOTE SUR LA PERFORMANCE ENERGETIQUE	14
2.1	ETAT DES LIEUX ET OBJECTIFS	14
2.2	CONSTATS DE DEPART : DONNEES D'ENTREE DE NOTRE REFLEXION	14
2.3	PROPOSITIONS D'ACTIONS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE	15
2.4	JUSTIFICATION DES CHOIX D'ACTION DE PERFORMANCE ENERGETIQUE	16
2.5	AVANTAGES DU PROJET PROPOSE	17
2.6	ETIQUETTE ENERGETIQUE	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
2.7	NOS RESULTATS	18
3	PRISE EN COMPTE DES ATTENTES PRINCIPALES DU MAITRE D'OUVRAGE ...	21
4	CONCLUSION.....	22

1 PHILOSOPHIE DU PROJET ET CONCEPTION GENERALE

1.1 INTRODUCTION

Depuis 1978, année de sa construction, l'école d'architecture de Montpellier a connu de nombreuses transformations afin de répondre à des exigences de fonctionnement en constante évolution.

Conçu par les architectes Edouard Gallix, Michel Rueg, Luc Doumenc et Jean Leccia, ce haut lieu d'architecture méditerranéenne tel qu'on le connaît aujourd'hui est le fruit de mutations successives, permettant que ce bâtiment emblématique perdure dans sa richesse culturelle tout en s'adaptant aux nécessités fonctionnelles et techniques qui, elles aussi sont en constante mutation.

Au grès de l'évolution des besoins pédagogiques, administratifs, techniques et règlementaires, l'architecture initiale a subi de nombreuses modifications qui ont fortement impacté son aspect général. Si toutes étaient nécessaires, certaines sont harmonieuses et respectueuses du projet d'origine, d'autres ne le sont pas.

La transition écologique étant au cœur des débats, il apparaît désormais clairement comme une priorité dans l'architecture comme dans les autres champs sociétaux.

Cette nécessité résonne de manière plus forte encore lorsqu'il est question d'un lieu d'enseignement de l'architecture formant les nouvelles générations de jeunes architectes pour qui construire en respectant l'environnement sera plus qu'une évidence, la seule voie possible.

Cette transformation de l'ENSAM se doit donc d'être le symbole et la réussite de cette mutation vers des principes écologiques et culturels indissociables. Ce chantier se doit d'être exemplaire, un véritable cas d'école pouvant même constituer un élément concret de la pédagogie des enseignants de l'ENSAM en partenariat avec le groupement de conception/construction.

Tout l'enjeu de ce projet de rénovation thermique réside pour nous dans le dosage équilibré et judicieux des aspects, écologiques, thermiques, mais également culturels et patrimoniaux.

L'intervention est délicate et c'est précisément ce qui fait tout l'enjeu de cette opération : respecter sans muséifier et accompagner intelligemment le bâtiment vers sa transition écologique.



Photo Claude O'SUGHRUE n°178 009

1.2 PROJET ARCHITECTURAL

Le projet de réhabilitation architectural et le projet de rénovation thermique sont intimement liés et sont indissociables.

La réflexion portée à travers ce projet est globale.

L'analyse du contexte :

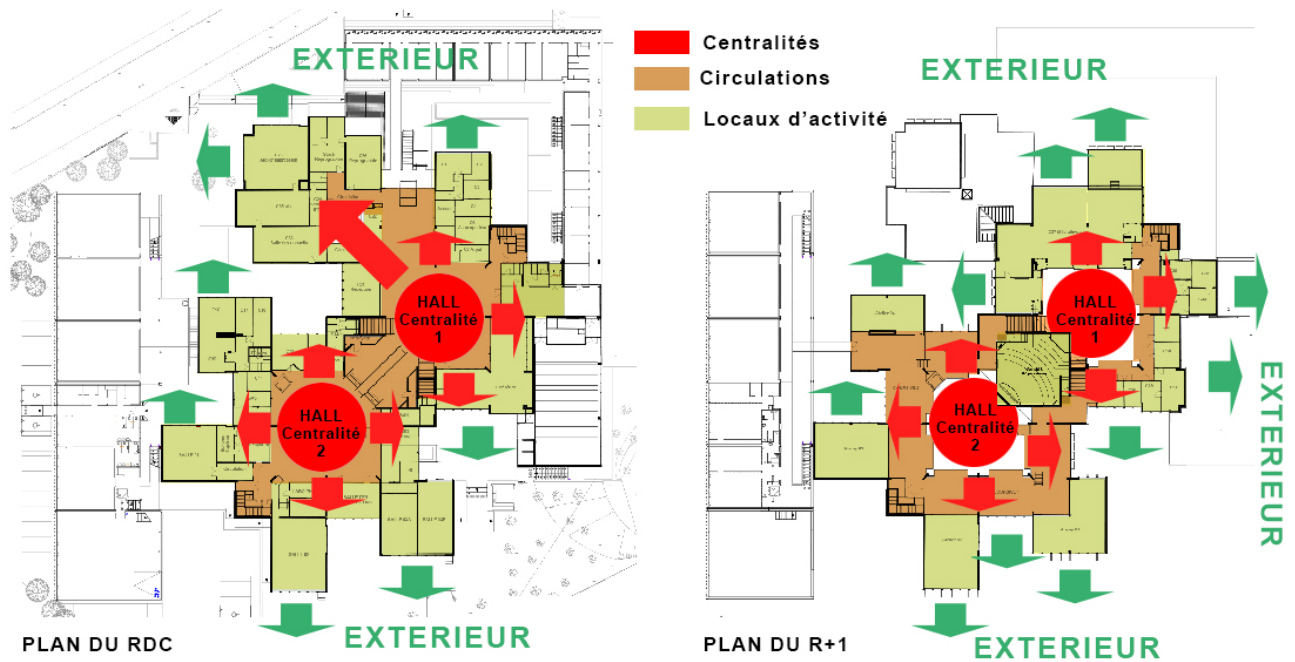
Le projet que nous proposons s'appuie sur une analyse fine du contexte et du patrimoine bâti existant.

Le bâtiment originel est la formalisation architecturale du principe d'enseignement pédagogique des années 1970. Le « partage » et « l'échange » ont façonné cet édifice.

Deux halls majestueux situés au centre du bâtiment constituent le cœur de cet édifice. Au RDC ils fédèrent l'intégralité des locaux. Ce sont les lieux de circulations, de dessertes, mais aussi de rencontre, et d'exposition. À l'étage, des coursives périphériques surplombent le RDC. Ces espaces de circulation « en balcon » permettent de desservir les différentes fonctions de l'étage. Réalisés en double hauteur, ils contribuent à unifier le bâtiment (le niveau du RDC et de l'étage). Telle une place, sur laquelle on se retrouve, se croise, échange ou débat. Cet espace informel et indispensable n'est ni tout à fait un intérieur, ni tout à fait un extérieur.



Tout autour de ces deux noyaux centraux se déploie une couronne de locaux périphériques qui s'ouvrent à la fois sur le cœur du bâtiment mais aussi sur l'extérieur et le paysage.



Les locaux périphériques autour du hall 1 abritent les fonctions support de l'école : locaux administratifs, associatifs, et culturels. Les locaux périphériques autour du hall 2 concentrent les fonctions liées à l'enseignement et aux espaces de travail des étudiants.

La qualité de la composition spatiale existante sert de socle à notre réflexion ainsi qu'à notre proposition de rénovation énergétique du bâtiment ancien.

En complément, une réflexion est portée afin de réaffirmer l'identité de cette école d'architecture : Un bâtiment brutaliste méditerranéen en béton architectonique.

La proposition :

Le projet proposé permet de répondre aux objectifs énergétiques définis par le maître d'ouvrage dans le cadre du programme de ce projet :

« Améliorer la performance énergétique de son bâtiment ancien dans le but de diminuer au minimum de 60% les consommations en énergies finales de l'ensemble soit une réduction de 736 421 kWhEF/an des consommations énergétiques et de 131 572 kgeqCO2/an d'émission de gaz à effet de serre ».

Il nous semble qu'une rénovation d'une telle ampleur, ne pouvait pas se cantonner à la seule réponse énergétique. La question des économies d'énergie doit également permettre une rénovation architecturale à la fois parcimonieuse et profonde afin de restituer certains éléments forts, aujourd'hui masqués sous les couches de projets successifs.

Notre proposition de rénovation énergétique tend par sa conception à permettre de retrouver la lisibilité d'un état architectural quasi initial ou tout au moins proche de son aspect lors de sa livraison dans les années 1970. Nous espérons ainsi lui permettre de retrouver un peu son esprit dilué et peut-être perdu dans les nombreuses interventions.

a- Le principe de chauffage et de ventilation des locaux contrôlés thermiquement :

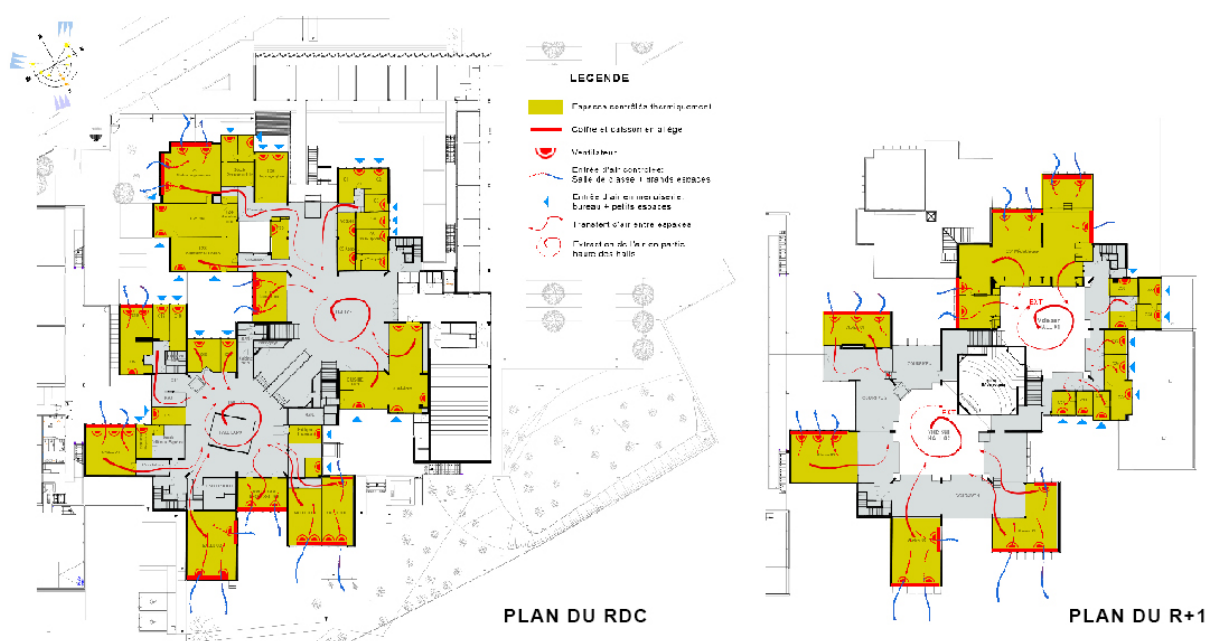
Notre analyse de l'existant nous conduit à décomposer le bâtiment en deux grandes familles, les circulations et les locaux clos. Cette décomposition nous a permis de définir une proposition du traitement contrôlé du chauffage et de la ventilation du bâtiment.

Pour cela nous avons défini :

- Des espaces contrôlés thermiquement : les bureaux, les salles de réunions, les locaux associatifs, les salles de classe, les ateliers d'enseignement.
- Des espaces non contrôlés thermiquement : les halls, les cages d'escaliers, et les coursives.

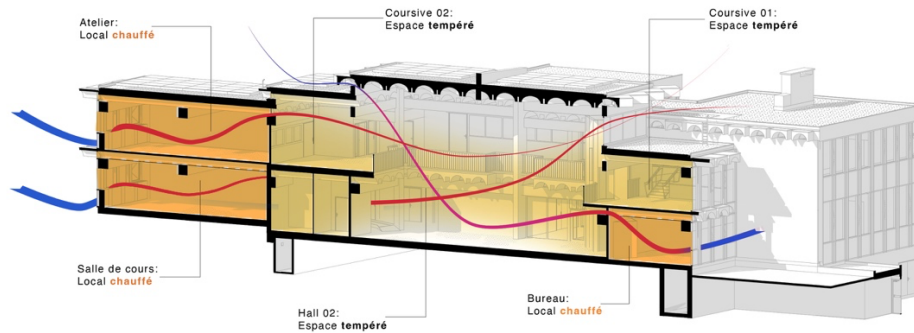
Les espaces fermés sont contrôlés thermiquement par la mise en place de ventilo-convecteurs (en jaune dans le schéma ci-dessous).

Les espaces de circulation ne sont pas contrôlés thermiquement (locaux en gris dans le document ci-dessous). En effet, la conjoncture environnementale actuelle ne permet plus de chauffer des espaces de circulation aussi vastes que ces deux halls. Ces espaces interstitiels étant des lieux de passage peuvent s'apparenter à des rues intérieures. Ils sont protégés des aléas climatiques extérieurs (pluie, vent, ...) tout en étant dans un entre-deux thermique, entre l'extérieur et l'intérieur régulé.



Schémas du principe de chauffage et ventilation des locaux contrôlés thermiquement.

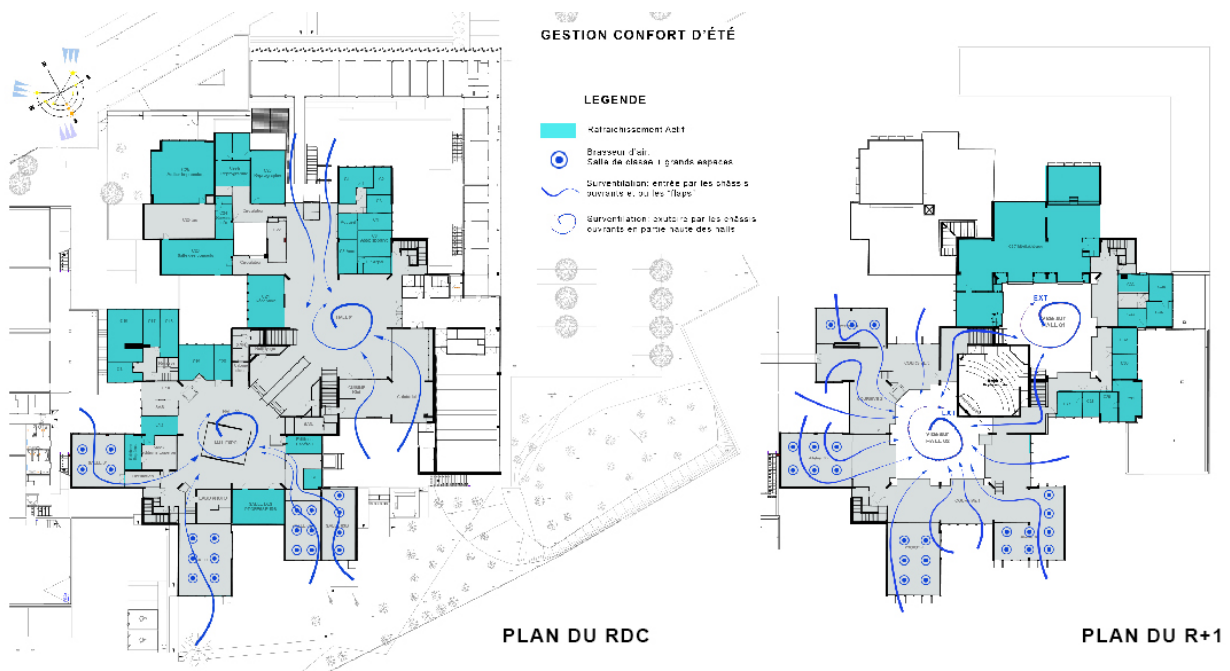
Toutefois nous proposons de réaliser, depuis les espaces contrôlés thermiquement, des transferts d'air chauffés vers les coursives et halls par un principe de décompression afin de tempérer ces espaces de circulation. Une circulation des masses d'air est organisée depuis son entrée en façade des locaux régulés thermiquement jusqu'à son rejet au niveau haut des halls.



Le principe de confort d'été

Afin de garantir un confort thermique optimal des utilisateurs lors des périodes chaudes, le projet propose plusieurs solutions :

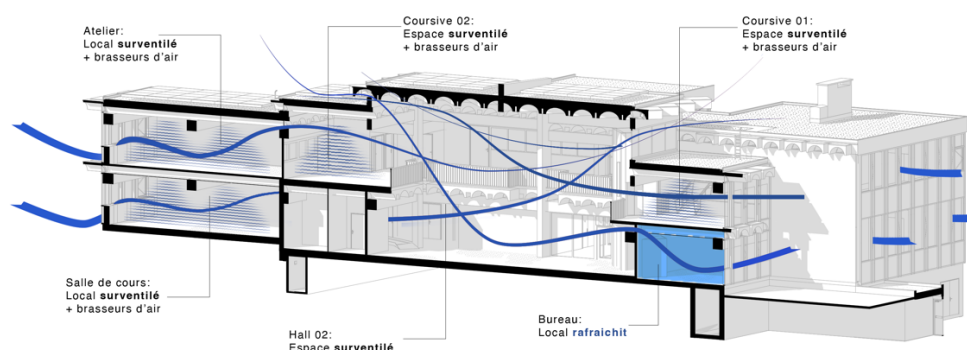
- La ventilation et sur-ventilation nocturnes des locaux : Pour cela, au sein des nouveaux murs rideaux seront installés des ouvrants dédiés spécifiquement à la ventilation. Ces ouvrants sont appelés « flap » dans le dossier. Des châssis exutoires sont installés en parties hautes des deux halls permettant un balayage optimal du bâtiment.
- Le rafraîchissement : Certains locaux sont rafraîchis thermiquement par des ventilo-convecteurs : locaux administratifs, bureaux, locaux informatiques,
- Des brasseurs d'air complètent le dispositif dans les locaux non rafraîchis : salle de cours du RDC, salle de travail au droit des coursives du R+1.



Schémas de la gestion du confort d'été

Afin de garantir les performances thermiques définies dans la conception du projet l'enveloppe thermique du bâtiment est repensée et renforcée. Les actions sur le bâti sont de trois types :

- Le remplacement des murs rideaux et des menuiseries existantes.
- La mise en place de protections solaires adaptées aux différentes orientations des locaux.
- Le doublage des murs de façades des locaux chauffés et rafraîchis.
- L'isolation renforcée des toitures.



b- Les murs rideaux :

La logique constructive forte de ce lieu et son principe de composition confèrent à cette école son identité et nous entendons bien, à travers notre intervention la réaffirmer de manière subtile et contemporaine sans trahir une fois de plus le geste d'origine.

Au-delà de leur fonction séparatrice entre intérieur et extérieur, les façades rideaux existantes participent de façon importante à l'écriture architecturale de l'ENSAM.

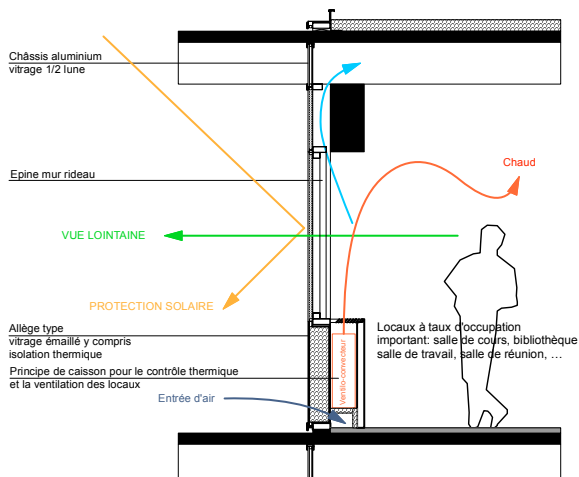
La mise en œuvre du béton guide la conception de ces murs rideaux. En effet, les voutains de béton (nez de plancher et de toiture) imposent une trame verticale forte. Le remplissage existant de ces trames verticales est composé de :

- Allège en verre émaillé
- De châssis vitrés sombres ouvrants ou fixes
- Des meneaux en aluminium laqué recevant des radiateurs
- Des protections solaires pour les orientations Est, Sud et Ouest

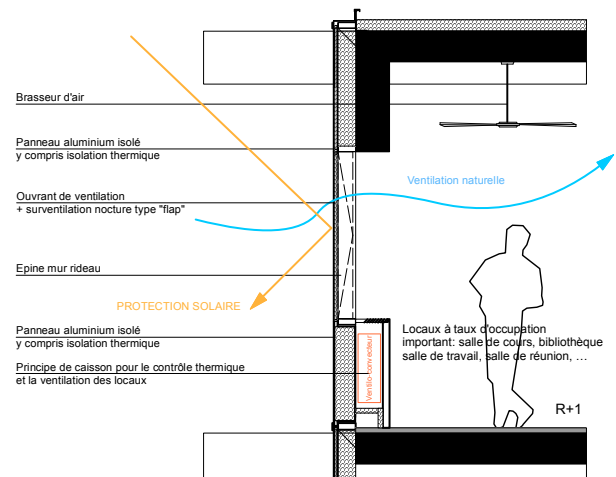
Dans le cadre de notre projet, nous réinterprétons cette composition avec un choix de matériaux plus contemporains. Ce trait contemporain tient moins à une esthétique, que nous avons souhaité au plus proche du projet d'origine, qu'à la technicité de la réponse aux enjeux écologiques par le biais des matériaux choisis. Pour cela la trame verticale caractéristique de ce bâtiment est conservée (un voutain, un vide, un voutain, un vide, ...). Elle guide la conception de la ventilation naturelle des locaux. En effet ces espaces interstitiels entre voutains nous permettent d'installer des mini ouvrants de ventilation (« flap ») et ou de sur-ventilation nocturne.

En complément, ces meneaux verticaux permettent de réaliser les prises d'air hygiénique nécessaires au traitement d'air des locaux (ateliers, salle de cours, bibliothèque, salle de réunion, ...).

Nous profiterons de certains meneaux pour réaliser la desserte verticale des réseaux de chaud et ou de froid, le réseau de CFO et CFA. Pour cela nous reprendrons les cheminements situés en vide sanitaire. Cette conception permet de dissimuler le plus possible le cheminement de distribution des réseaux. Cette façade technique et modulaire permet une évolution aux grès des besoins.

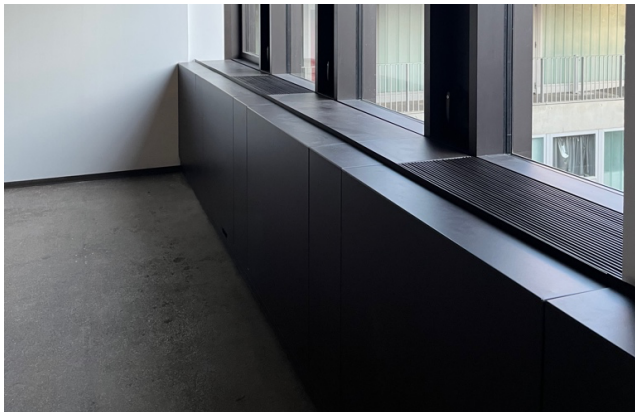


CONFORT D'HIVER



CONFORT D'ETE SANS RAFFRAICHISSEMENT ACTIF

Quant aux parties vitrées sous voutains, elles seront réalisées par l'assemblage d'un châssis vitré fixe ou ouvrant et d'une allège isolée avec une finition extérieure en vitrage émaillé. Ces allèges pleines accueillent pour certains locaux des caissons. Ces éléments techniques reçoivent le traitement d'air des locaux à fort taux d'occupation ainsi que les terminaux de régulation de la température (chaud, froid). A travers ce système, nous proposons aux utilisateurs un confort adapté à chaque espace ainsi qu'une solution adaptée à chaque saison (passage d'une solution passive à active sous-condition de scénario).



La teinte de ces ensembles murs rideaux sera de coloris sombre afin de contraster avec celle du béton. L'un permettant à l'autre de s'affirmer. De ce contraste naît la lisibilité restituée de l'enveloppe et de la structure porteuse en béton. La réponse apportée permet ainsi de valoriser et mettre en avant l'utilisation du béton, qu'il soit préfabriqué, coulé en place, matricé, bouchardé, ...



Concernant les vitrages ils répondent à une double problématique :

- Apporter une bonne luminosité dans les locaux aussi bien en été qu'en hiver.
- Réaliser une protection solaire passive et performante des espaces et adaptée aux orientations des locaux.

Pour cela, nous utilisons des doubles vitrages avec stores fixes intégrés. Les lames de stores sont inclinées de façon à optimiser la protection solaire des locaux. Cette inclinaison est calculée spécifiquement pour chaque orientation de façade du bâtiment en fonction de sa localisation géographique précise.

Ce système ne nécessite aucun raccordement électrique, et l'orientation spécifique des lames permet de :

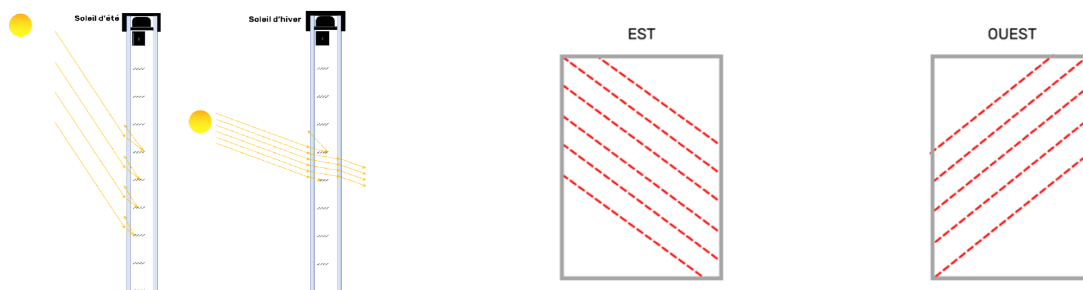
- Rejeter les apports solaires en été
- Bénéficier des apports solaires en hiver

tout en conservant été comme hiver une bonne luminosité dans les locaux concernés.

Ce procédé de double vitrage à protection solaire passive permet :

- L'absence d'entretien ultérieur (pas de motorisation de store, et pas d'élément rapporté devant ou derrière le vitrage susceptible d'être trop sollicité par les usagers ou les événements climatiques).
- De bénéficier d'une protection solaire optimale à tout moment de l'année, gérée directement par la configuration fixe du produit et non pas par l'utilisateur.
- D'obtenir un bilan carbone plus faible qu'une solution de menuiserie avec protection solaire rapportée (produit sous fiche FDES).
-

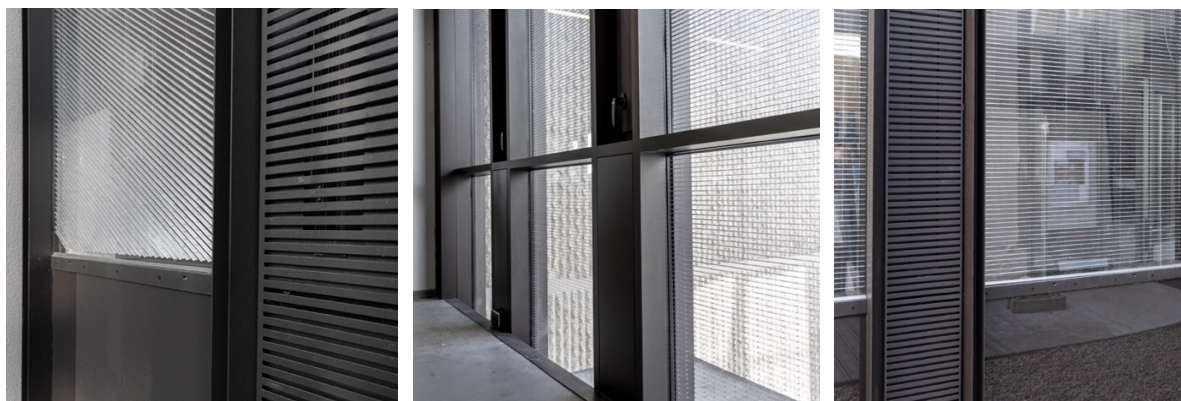
Ce produit développé par la Start up d'Occitanie « IMMOBLADE » (située à Toulouse) a nécessité la réalisation d'un ATEX dans le cadre de cette opération. Cette société est soutenue par la Région Occitanie et l'ademe.



Orientations caricaturales de la position des lames brises soleils intégrées aux vitrages – vue extérieure -inclinaison à 40°

Ce procédé de protection solaire peut s'apparenter à une version contemporaine des mini brise soleil existant.

Ce procédé de protection solaire définit une esthétique architecturale en fonction des orientations solaires : Est, Ouest et Sud. L'orientation au Nord ne nécessitant pas de protection solaire.



L'aspect architectural de ces murs rideaux existants est composé d'un mille-feuille de matériaux et de détails qui nuisent à la lecture de la façade : traverse basse aluminium, allège pleine, vitrage, traverse haute aluminium, imposte pleine, ½ lune en plexiglass.

Nous proposons d'offrir un traitement simplifié et contemporain de ces ouvrages en limitant le traitement architectural à :

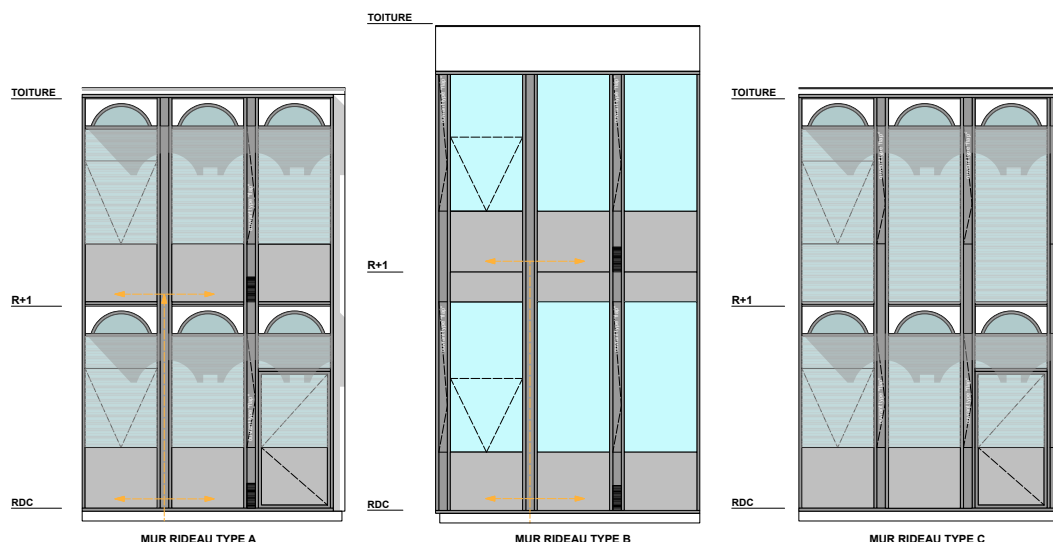
- une allège pleine (verre émaillé).
- un châssis vitré (fixe ou ouvrant) entre l'allège et le châssis demi-lune.
- un châssis des demi-lune.

Cette partition vitrée plus importante permet de découvrir les plafonds à voutains depuis les espaces extérieurs mais aussi le système porteur du bâtiment (poutre en béton support des voutains). Une véritable continuité visuelle est ainsi restituée entre les voutains extérieurs et les voutains intérieurs.



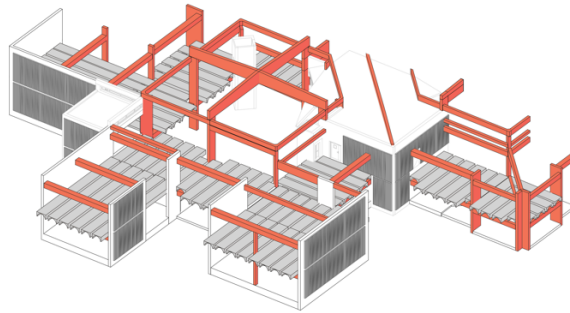
Les murs rideaux sont décomposés en trois typologies :

- Typologie A : elle est localisée aux façades recevant des voutains en débord.
- Typologie B : elle est localisée aux façades n'ayant pas des voutains en débord
- Typologie C : elle est localisée aux coursives du hall 2. Cette typologie ne possède pas d'allège pleine, mais vitrée (et protégée du soleil). Cette typologie permet de découvrir l'intérieur du hall 2 depuis les espaces extérieurs.



Principe des typologie des murs rideaux

Cette nouvelle écriture architecturale permet de découvrir la structure porteuse du bâtiment et d'affirmer le principe constructif du bâtiment : celui d'une architecture de béton.



Axonométrie et photographie de la structure béton du bâtiment

c- Les façades :

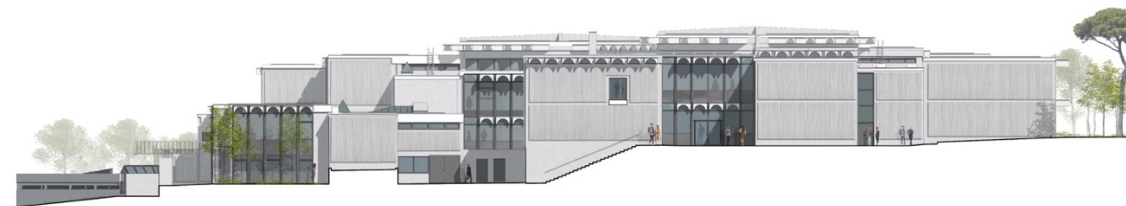
En complément du traitement thermique des parois vitrées, les murs de façade des locaux régulés thermiquement reçoivent un doublage thermique intérieur ou extérieur ($R_{\text{résistance}}$ de $3,75 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$), suivant leur aspect architectural et patrimonial. En effet, les façades en béton architectonique recevront un doublage intérieur. Les autres façades sont isolées thermiquement par l'extérieur et complétées par un enduit de finition s'approchant de la teinte du béton.

Afin de retrouver l'aspect architectural d'origine, le parti pris thermique de ce projet permet la suppression des pompes à chaleur installées au coup par coup aux grès des besoins et du temps sur façade présentant des bétons matricés et bouchardés. Après le démontage de ces équipements techniques, l'ensemble des façades en béton matricé seront restaurées.

De la même façon les voutains dégradés par le temps seront restaurés. L'ensemble du ravalement des voutains sera réalisé et offrira une restauration globale et architecturale de ce bâtiment des années 1970.



Façade Nord



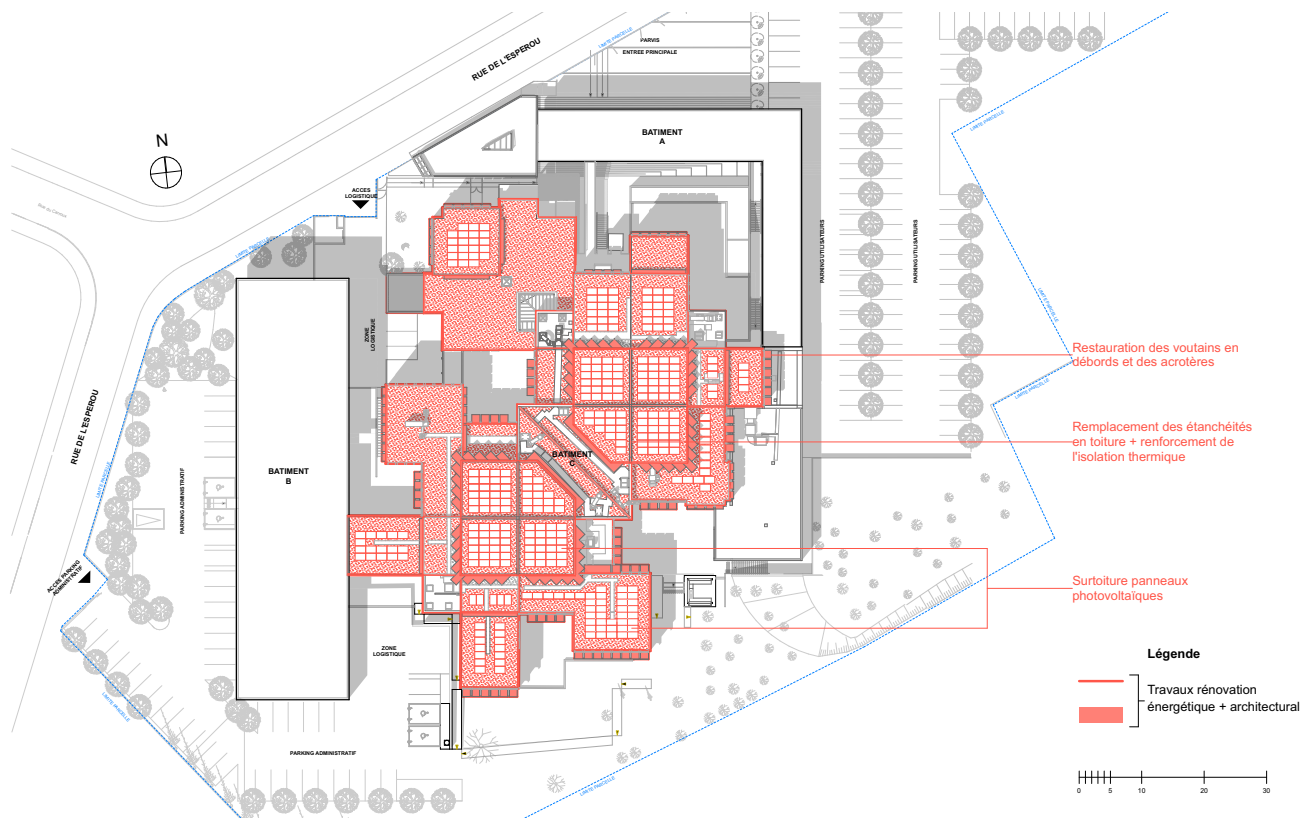
Façade Ouest



Béton matricé et bouchardé

d- La toiture :

Afin de compléter la rénovation de l'enveloppe thermique de ce bâtiment, le traitement de l'étanchéité et de l'isolation des toitures terrasse existantes est revu dans sa globalité. Pour cela l'étanchéité et l'isolant existants sont remplacés par une étanchéité élastomère auto-protégée de teinte claire et renforcée afin de pouvoir accueillir une installation photovoltaïque dans un second temps. L'isolant thermique en polyuréthane (R: 4,55) est limité à une épaisseur de 10 cm afin de conserver le principe d'acrotère existant et de ne pas modifier le couronnement haut des bâtiments existants.



Plan de toiture projet

2 NOTE SUR LA PERFORMANCE ENERGETIQUE

2.1 ETAT DES LIEUX ET OBJECTIFS

		Objectif du programme	
		Phase 1 -40 %	Phase 2 -60 %
Consommation moyenne annuelle gaz (2017-2019) - kWh PCI	791 815		
Consommation moyenne électricité (2017-2019) - kWh	343 435		
Total consommations en énergie finale de référence - kWh EF	1 227 368	736 421	490 947
EGES - kg eq CO ₂	235 068	155 245	103 496

2.2 CONSTATS DE DÉPART : DONNÉES D'ENTRÉE DE NOTRE RÉFLEXION

- Intervention uniquement sur le bâtiment C. Celui-ci ne représentant que 70 % des consommations il est difficile d'obtenir 40 % d'économie globale en intervenant seulement sur 70 % des besoins.
- Les réseaux de chauffage existants sont très dégradés (44 ans) et requièrent une intervention fréquente de l'Exploitant sur des fuites. Il nous semblerait délicat de repartir pour 25/30 ans avec des réseaux de 44 ans.
- La puissance actuelle de la chaufferie est de 1260 MW, soit supérieure au seuil du nouveau classement ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement), pour les chaufferies (1 MW). Il est donc impératif de diminuer la puissance de la chaufferie inférieure à 1 MW, pour ne pas avoir à gérer une mise en conformité ICPE.
- Les locaux d'enseignement sont dépourvus de ventilation mécanique contrôlée. Ceci est peu compatible avec les préoccupations sanitaires actuelles liées au COVID-19.

D'autre part, il est très difficile, voire impossible de contrôler et garantir les consommations énergétiques avec un système de ventilation par ouverture des ouvrants (à l'usage des occupants et des enseignants).

- Difficulté du traitement thermique des voutains par rapport aux deux halls.
- Difficulté d'isolation intérieure des murs des escaliers pour maintenir les unités de passage réglementaires, et impossibilité d'isolation extérieure pour conserver le béton matricé.
- Les deux halls sont considérés dans la STD de base, comme à température non-contrôlée.
- Il y a au total 39 unités intérieures de climatisation avec groupes extérieurs en façade, en pieds de bâtiments ou sur toitures, dont la plupart seraient à remplacer par des groupes VRV, suivant le programme.

Or, actuellement, les VRV avec un fluide ayant un PRP (Pouvoir de Réchauffement Planétaire) conforme aux futures réglementations (soit inférieur à 400 en 2030), en l'occurrence le R32, sont interdits en ERP. Le R32 est en effet légèrement inflammable. Les VRV utilisables actuellement en ERP utilisent des fluides frigorigènes 410a, qui ont un PRP de 2088 bientôt proscrit.

- Le groupe de production d'eau glacée alimentant le grand amphithéâtre et les bureaux du bâtiment A, date de 2004 (17 ans) et est donc plutôt en fin de vie. Son remplacement sera à envisager dans les cinq ans à venir.

- Les radiateurs acier existants disposés sur les murs rideaux sont très hauts (hauteur des pièces) et ne présentent donc pas une grande efficacité, car ils chauffent notamment des volumes déjà chauds par stratification.

2.3 PROPOSITIONS D'ACTIONS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE

Notre projet propose une solution globale, prenant en compte et apportant une réponse à l'ensemble des points développés précédemment, chapitre 3.2 :

- Intégration d'une pompe à chaleur dans la boucle d'eau chaude. Réalisation d'un mix énergétique gaz/électricité (base PAC avec appoint gaz), permettant de :
 - o Diminuer la valeur des consommations en énergie finale, en substituant près de 60 % des consommations gaz par environ 2,5 fois moins de kWh électriques et assurer l'obtention du niveau -40 % de la phase 1, sans PV.
 - o Décarboner de façon très conséquente les consommations d'énergie. Diminution de l'impact CO₂ du site à un niveau très inférieur à celui donné pour cible en phase 2, dès la phase 1.
 - o Utiliser la pompe à chaleur en mode réversible pour l'alimentation en froid de l'ensemble des locaux du bâtiment actuellement équipés de climatiseurs.
 - o Utiliser la PAC ultérieurement pour se substituer au groupe de froid existant du bâtiment A lorsqu'il sera en fin de vie.
- Remplacement de la totalité des réseaux de chauffage du bâtiment C, en considérant que les locaux halls, coursives, escaliers, sanitaires seraient des locaux tampons dans lesquels la température ne serait pas contrôlée. Ils seraient toutefois tempérés par transfert d'air chaud depuis les autres locaux chauffés.
- Réseaux principaux en galerie sous-sol.
- Isolation des murs bétons et remplacement des murs rideaux des locaux chauffés
- Chauffage et ventilation hygiénique des autres locaux par ventilo-convecteurs intégrés au niveau des murs rideaux, et alimentés par la PAC.
- Pour les locaux d'enseignement (avec forte occupation), il est proposé :
 - o Entrées d'air hygiéniques 18 m³/h /personne traitées par les ventilo-convecteurs, mise en surpression des locaux.
 - o Batteries chaudes de ventilo-convecteurs assurant le chauffage de l'air neuf et du local. Régulation par vannes deux voies et régulation communicante + sondes d'ambiance.
 - o Transfert du débit d'air neuf chauffé dans les coursives et halls par décompression. Système de décompression assurant coupe-feu et acoustique (clapets coupe-feu auto-commandés à la traversée des gaines phoniques). Ce transfert de l'air chaud de renouvellement d'air des locaux d'enseignement vers les coursives et halls, permet de tempérer ces derniers (voir simulation dans rapport STD).
 - o Pour les salles d'enseignement (hors salle informatique), les ventilo-convecteurs ne fonctionneraient qu'en mode chaud, dans notre scénario énergétique.
- Pour les bureaux et locaux à faible occupation :
 - o Entrées hygiéniques en menuiseries extérieures.
 - o Traitement chaud ou froid par ventilo-convecteurs, régulation par thermostat, régulateur communicant.
 - o Décompression vers les halls.
- Mise en place d'une GTB pour contrôler l'ensemble des équipements.

La GTB sera installée pour le suivi, l'exploitation et la maintenance des équipements rénovés.

Elle permettra les fonctions suivantes sur le site et à distance, via le WEB :

- o Assurer le contrôle de l'état de fonctionnement des équipements techniques de chauffage, ventilation, climatisation, électricité, alarmes et compteurs,
- o Mesurer la température dans l'ensemble des locaux chauffés,

- Acquisition et présentation des données sous forme de graphiques,
- Exportation des données possible vers Excel.

La GTB permettra le contrôle de l'atteinte de l'objectif de performance énergétique ainsi que du bon fonctionnement des installations. Des compteurs d'énergie sur les réseaux fluides ainsi que de sous-compteurs électriques seront mis en place selon plan de comptage (voir synoptique joint).

Un accès « WEB » dès la mise en service permettra l'accès aux entités concernées par le projet :

- Services du maître d'ouvrage en charge du contrat de maintenance,
- Exploitant du contrat chauffage et fluides de l'ENSAM,
- Assistant Maître d'Ouvrage technique.
- Entreprises et BET du groupement.

Les composants de la GTB à mettre en place sont :

- Capteurs,
- Actionneurs,
- Automates,
- Unité centrale communicante équipée d'un écran de visualisation avec imagerie graphique.

Le logiciel de supervision sera dimensionné de telle sorte qu'il puisse gérer un nombre de points (analogique, logique et comptage) avec 20% de réserve par rapport à la liste de points du projet.

Les consommations à relever seront :

- Electricité : PAC, éclairage, bureautique, moteurs auxiliaires, groupe froid de chaque bâtiment,
- Gaz : chauffage,
- Energie : chauffage, rafraîchissement.

L'archivage des données de comptage sera réalisé sur un disque dur et sera disponible à distance.

Récupération des temps d'usages :

- Le système permettra d'obtenir les temps d'usage des locaux éclairés, chauffés et ventilés,
- Les données récupérées seront restituées sur un planning hebdomadaire. Ceci permettra une analyse du comportement des locaux.

Récupération des données sur l'usage :

- Contrôle des portes et menuiseries extérieures devant être normalement fermées en période de chauffage ou rafraîchissement. Contrôle des fréquences et temps d'ouverture.

2.4 JUSTIFICATION DES CHOIX D'ACTION DE PERFORMANCE ENERGETIQUE

Nous avons privilégié les actions de performance énergétique, nous permettant conjointement d'obtenir les niveaux d'économies d'énergies finales demandés (-40 % hors PV), tout en respectant d'une part le budget de travaux prévu par le Maître d'ouvrage et d'autre part, l'unité architecturale du bâtiment.

Nous avons donc retenu :

- L'isolation des toitures terrasses avec réfection de l'étanchéité sur l'ensemble du bâtiment, hors cages d'escaliers.
- Le remplacement de l'ensemble des murs rideaux et menuiseries extérieures. Protections solaires intégrées variables en fonction des saisons. Système ImmoBlade (voir notice technique), sur les façades exposées, ne nécessitant aucun entretien particulier (pas de moteur, pas de pièces en mouvement).
- L'isolation des murs des espaces chauffés.
- L'optimisation de la production thermique et des espaces chauffés, associée à une ventilation hygiénique des locaux.
- La suppression des verrues de climatisation en façade.

Les actions de performance énergétique présentées dans le rapport BEHI – A6 (mise en place de récupération de chaleur sur la CTA Amphi 1) et A7 (mise en place de luminaires LED) ne représente chacune que -1 %

d'économies (suivant fiche récapitulative 7.4 du rapport STD). Celles-ci n'ont pas été retenues, car leur prise en compte ne nous permettrait pas de respecter le budget alloué au projet.

L'action A6 est onéreuse par rapport au gain obtenu. La CTA étant en RdJ et l'extraction en toiture, cette action nécessite en effet :

- Une batterie de récupération en toiture à intégrer dans la gaine de rejet.
- Une batterie de restitution dans le local CTA, à intégrer dans la gaine de soufflage.
- Un réseau calorifuge glycolé entre toiture et RdJ.
- Une circulateur avec régulation.
- L'augmentation de la courbe des ventilateurs, pour prise en compte de la perte de charge des batteries dans les veines d'air.

L'efficacité de ce type de récupération n'est de plus que de l'ordre de 50 %.

L'action A7 – Remplacement de luminaires par des luminaires LED – peut être réalisée facilement ultérieurement par le Maître d'ouvrage.

De plus, de nombreux luminaires existants identifiés non-LED sont équipés de tubes fluorescents de type T5 déjà performants. Leurs remplacements seront peu payants. En revanche, pour tous les luminaires restant en tube T8, il y aurait un intérêt fort à les remplacer. Les luminaires avec tube T8 consomment effectivement plus de 40 % qu'un luminaire avec tube T5 et plus de 50 % qu'un luminaire LED présentant la même efficacité lumineuse.

2.5 AVANTAGES DU PROJET PROPOSE

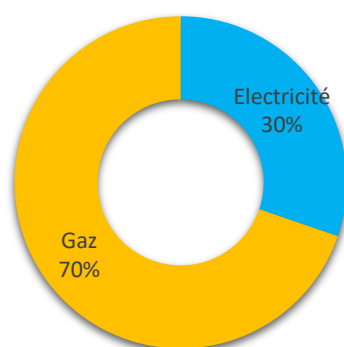
- Atteint la cible énergie des -40 % sans PV (Phase 1).
- Atteint la cible EGES de la Phase 2 et est même très en dessous dès la Phase 1.
- Supprime toutes les verrues en façade des climatiseurs à détente directe.
- Supprime les tuyauteries des fluides frigorigènes à l'intérieur des locaux.
- Assure un maximum de ventilation hygiénique des salles d'enseignement en période d'occupation (COVID compatible).
- Assure une part du gros entretien du patrimoine en remplaçant totalement les réseaux de chauffage.
- Permettra dans le futur le remplacement de la production d'eau glacée du bâtiment A sans investissement dans un groupe de froid neuf.
- Le transfert par décompression de l'air de renouvellement des salles d'enseignement vers les halls les tempérant thermiquement. Une simulation de l'évaluation des températures des halls est fournie dans l'étude STD.
- Ventilation naturelle des salles d'enseignement à mi-saison et sur-ventilation nocturne possible l'été, grâce aux ouvrants FLAB intégrés aux murs rideaux, assurant l'anti-intrusion et le hors d'eau.
- Mise en place de brasseurs d'air plafonniers dans les locaux d'enseignement non climatisés.
- Possibilité d'assurer un rafraîchissement dans les salles d'enseignement en cas de canicule (hors garantie de performance énergétique).
- La PAC augmentera proportionnellement les consommations électriques du site, ce qui élèvera d'autant plus la part d'auto-consommables du photovoltaïque.

2.6 NOS RESULTATS

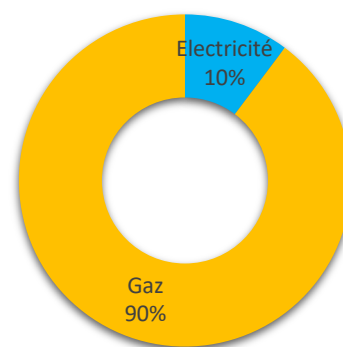
3.7.1 Données de référence

Données de consommation					
	Electricité		Gaz		
	Conso [kWh]	[kgeqCO2]	Conso [kWh PCS]	Conso [kWh PCI]	[kgeqCO2]
2017	345119	20673	816501	734851	166811
2018	352280	21102	897256	807530	183309
2019	332907	19941	925625	833063	189105

Répartition moyenne de la consommation d'énergie finale
[2017-2019]



Répartition moyenne des émissions de GES
[2017-2019]



3.7.2 Rappel des objectifs programme

Données de référence PROGRAMME		
	Conso [kWh EF]	[kgeqCO2]
	1 227 368	235 068
OBJECTIFS		
	Conso [kWh EF]	[kgeqCO2]
Tranche 1	736 421	155 245
Tranche 2	490 947	103 496

3.7.3 Récapitulatif des gains sur les consommations d'énergie tranche 1

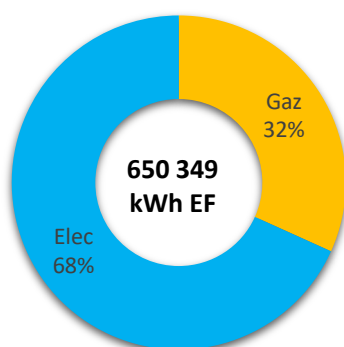
Travaux sur le bâti et les réseaux	
Isolation des parois	30%
Remplacement des menuiseries	
Mise en place d'une ventilation simple flux	
Isolation de la toiture	

Amélioration du rendement d'exploitation	
--	--

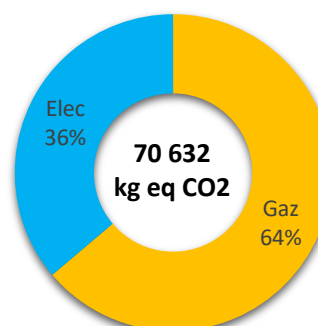
Consommation de gaz après travaux sur le bâti [kWh PCI]	541 613
Consommation d'électricité après travaux sur le bâti [kWh]	343 435
Consommation d'énergie finale après travaux sur le bâti [kWh EF]	885 048

Travaux sur la production	
COP moyen Pompe à chaleur	2,5
% de substitution de la consommation gaz par la PAC (voir document STD)	60%
Consommation d'énergie finale après travaux sur le bâti et la production [kWh EF]	650 349
Emissions GES [kg eq CO2]	70 632

Répartition de la consommation d'énergie finale après projet



Répartition des émissions GES après projet



Consommation d'énergie après travaux sur le bâti et sur la production					
Gaz	Elec	Total	Réduction	Total	Réduction
Conso [kWh PCI]	Conso [kWh]	Conso [kWh EF]	%	[kgeqCO2]	%
189565	460785	650 349	-47%	70 632	-70%

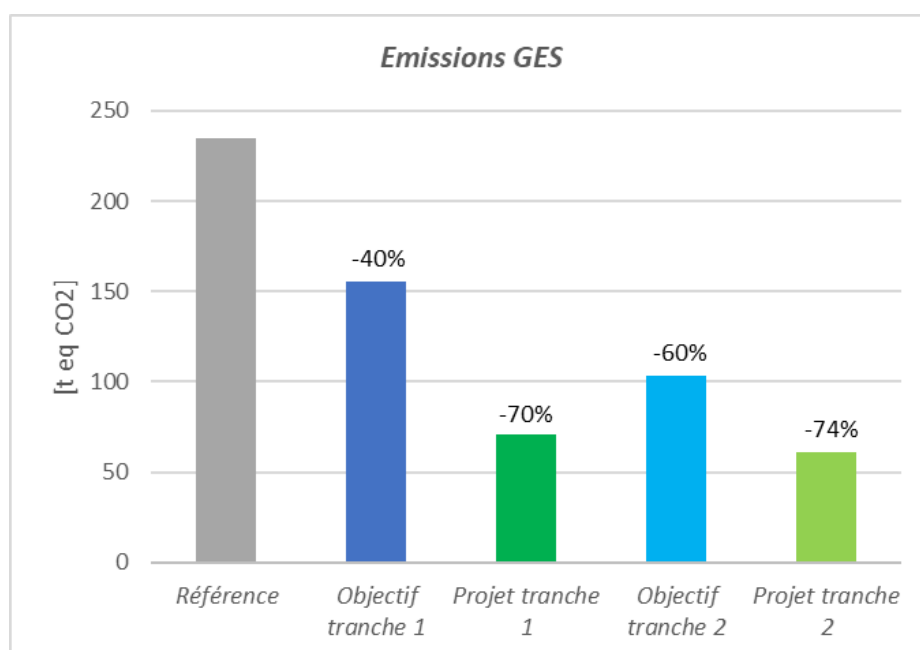
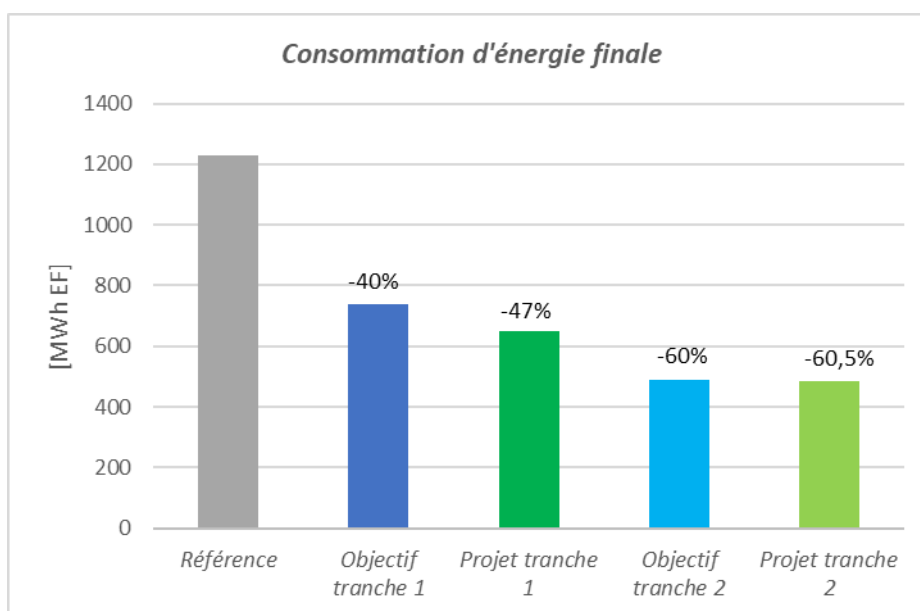
Les pourcentage de réduction sont calculés par rapport aux données de référence (voir chapitre 3.7.3)

3.7.3 Récapitulatif des gains sur les consommations d'énergie tranche 2

Installation de panneaux photovoltaïques	
Puissance	150 kWc
Production annuelle prévisionnelle	165 000 kWh

Consommation d'énergie après déduction de la production photovoltaïque					
Gaz	Elec	Total	Réduction	Total	Réduction
Conso [kWh PCI]	Conso [kWh]	Conso [kWh EF]	%	[kgeqCO2]	%
189 565	295 785	485 349	-60,5%	60 749	-74%

3.7.5 Synthèse du projet (tranche 1 et 2)



3 PRISE EN COMPTE DES ATTENTES PRINCIPALES DU MAITRE D'OUVRAGE

Attente du Maître d'ouvrage	Objectif du Maître d'ouvrage	Proposition Groupement	Cible atteinte
TRANCHE 1 (ferme)			
- Réduction à minima de 40 % en énergie Finale	< 736 421 kWh/an	650 349 kWh/an	OUI
- Réduction des EGES	< 155 245 kg CO ₂ /an	70 632 kg CO ₂ /an	OUI, inférieur même Tranche 2
- Amélioration du confort thermique à l'intérieur du bâtiment		Débit hygiénique assuré, rafraichissement des bureaux. Sur-ventilation d'été des salles d'enseignement. Brasseurs d'air. Ventilation naturelle des halls	OUI
- Étiquette énergétique B	< 110	=	Pas calculable à ce stade (voir note chapitre précédent)
- Étiquette émission gaz à effet de serre (EGES) niveau C	< 20	9,72	OUI, déjà niveau B (T2)
- Respect de l'Architecture originelle		Toutes les façades sont traitées	OUI
- Phasage avec continuité de fonctionnement		- Deux installations de chauffage en parallèle (ancienne et nouvelle) pour assurer le fonctionnement des phases jusqu'à la dernière phase. - Maintien des circulations verticales opérationnelles	OUI
- Respect du délai demandé	Décembre 2023	28 juillet 2023	OUI
- Faire travailler des TPME et PME locales		Tous les cotraitants sont des acteurs locaux régionaux PME ou TPME engagement 70% pour la part Sous-Traité	OUI
TRANCHE 2			
- Réduction à minima de 60 % en énergie Finale	< 490 947 kWh/an	= 485 349 kWh/an	OUI
- Réduction EGES	< 1 03 496 kg CO ₂ /an	60 749 kg CO ₂ /an	OUI
- Mise en place d'un générateur d'électricité par énergie renouvelable		Générateur Photovoltaïque 150 kWc	OUI
- Attente étiquette Énergétique A	< 50 kWh/m ²		Pas calculable à ce stade (voir note chapitre précédent)
- Attente étiquette EGES niveau B	5 < < 15	9,2	OUI
- Respect enveloppe travaux	4 574 000 € HT	4 570 015.67 € HT	OUI

4 CONCLUSION

Les années 1950-1970 ont été fortement imprégnées par le style brutaliste issu du mouvement moderne. Nombre de ces bâtiments sont aujourd'hui restaurés et reconnus pour la qualité de leur conception et de leur réalisation. La rénovation de l'ancienne ambassade de la Tchécoslovaquie à Stockholm (bâtiment semblable à l'ENSAM) réalisée par l'architecte Jan Bocan et restaurée pour la marque ACNE en est un parfait exemple. Ce projet est une occasion unique pour L'école d'architecture de Montpellier de restaurer et valoriser son patrimoine architectural et culturel tout en répondant aux enjeux écologiques actuels.

Pour cela le projet proposé par le groupement répond en tous points au programme architectural ainsi qu'aux objectifs énergétiques et environnementaux définis par le maître d'ouvrage, et les dépassent même notamment pour les émissions à gaz à effets de serre (EGES) (Notre projet propose une diminution de 72% des émissions de Gaz à effet de serre, en comparaison les engagements européens sont de -55% en 2030).

Saisir cette opportunité de rénovation énergétique pour réaffirmer avec force ce que doit être la restauration d'une école d'architecture et ainsi offrir aux futures générations d'étudiants en architecture, une formidable source d'inspiration.