



Centre INRIA de l'Université de la Côte d'Azur

2004 route des Lucioles – BP 93, Sophia Antipolis cedex 06902

AUDIT DECRET BACS

V2 - Date de diffusion 13/06/2024



**Audit Décret BACS du Centre Inria de
l'Université de la Côte d'Azur**

MAITRISE D'OUVRAGE :

 **INRIA**
Domaine de Voluceau,
78150 Le Chesnay-Rocquencourt
T 01 39 63 55 11

Catherine Fourot-Stamm
Chef de projet AMO
T 01 39 63 55 11
@ catherine.fourot-stamm@inria.fr

ASSISTANT MOA :

 **ALTEREA AGENCE NORD**
8 rue Anatole France
59 000 Lille
T 03 59 54 21 08

Arthur Garofoli
Chef de projets
T 07 48 14 36 23
@ agarofoli@alterea.fr

SUIVI DU DOCUMENT :

Indice	Date	Modifications	Rédaction	Vérification	Validation
1	03/05/2024	Version initiale	THCO	EDBO	AGAR
2	13/06/2024	Modifications suite retours client	THCO	EDBO	AGAR

Agence Ouest (siège)
26 bd Vincent Gâche
CS 17502
44275 Nantes Cedex 2
T 02 40 74 24 81

Agence de Paris - Idf
23 avenue d'Italie
75013 Paris
T 01 46 28 31 89

Agence Nord
8 rue Anatole France
59800 Lille
T 03 69 24 12 43

Agence Sud-Ouest
Immeuble Perspective
2 rue du Jardin de l'Ars
33800 Bordeaux
T 05 54 52 92 23

Agence Sud-Est
Immeuble Le Constellation
19 rue de la Villette
69003 Lyon
T 04 87 24 90 74

Agence Est
3 quai Kléber
67000 Strasbourg
T 03 69 24 37 99

Agence Sud
Newton Joliette
113 rue de la République – CS 10491
13235 Marseille 02
T 04 13 35 01 67

Agence Occitanie
10 Pl. Alfonse Jourdain
31000 Toulouse
T 05 54 52 92 23

SOMMAIRE

1	PRESENTATION DU SITE	5
1.1	CONTEXTE	5
1.2	VUE AERIEENNE	6
1.3	PRESENTATION DES BATIMENTS	7
1.3.1	CENTRE INRIA DE L'UNIVERSITE DE SOPHIA ANTIPOLIS	7
1.4	DOCUMENTS MOA	7
2	DECRÊTS ÉNERGÉTIQUES	8
2.1	DECRET TERTIAIRE	8
2.1.1	CONTEXTE ET OBJECTIFS	8
2.1.2	CHAMP D'APPLICATION	8
2.1.3	PRINCIPALES MESURES	8
2.2	DECRET BACS	9
2.2.1	CONTEXTE ET OBJECTIF DE LA NORME	9
2.2.2	OBJECTIFS DES BACS	9
2.2.3	CHAMP D'APPLICATION	10
2.3	FINANCEMENT D'UNE GTB	10
2.3.1	CERTIFICATS D'ECONOMIE D'ENERGIE	10
3	GENERALITES	12
3.1	COMPOSANTS MATERIELS	12
3.1.1	APPAREILS DE REGULATION	12
3.1.2	APPAREILS DE TERRAIN	12
3.2	FONCTION TYPES	12
4	TYPES DE CLASSES DE GTB	15
4.1	CLASSES A, B, C ET D SELON LA NORME NF-ISO-25120-1	15
4.2	EXEMPLES DE FONCTIONS MINIMUM POUR LE SYSTEME BACS	16
4.2.1	CHAUFFAGE	16
4.2.2	EAU CHAUDE SANITAIRE	16
4.2.3	CLIMATISATION	17
4.2.4	VENTILATION	17
4.2.5	ECLAIRAGE	17
4.2.6	STORES	17
4.2.7	GESTION TECHNIQUE DES INSTALLATIONS	17
5	DESCRIPTION DES INSTALLATIONS ET SCENARIO ASSOCIÉ	18
5.1	SYSTEME DE CHAUFFAGE	20
5.1.1	DESCRIPTION DES INSTALLATIONS	20
5.1.2	REPORTAGE PHOTOGRAPHIQUE	24
5.1.3	EVALUATION DE LA CLASSE DU SYSTEME ACTUEL	27
5.1.4	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE C	28
5.1.5	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE B	29
5.1.6	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE A	31
5.2	SYSTEME DE VENTILATION	33
5.2.1	DESCRIPTION DES INSTALLATIONS	33

5.2.2	REPORTAGE PHOTOGRAPHIQUE	35
5.2.3	EVALUATION DE LA CLASSE DU SYSTEME ACTUEL	36
5.2.4	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE C	37
5.2.5	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE B	38
5.2.6	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE A	39
5.3	SYSTEME D'EAU CHAUDE SANITAIRE	40
5.3.1	DESCRIPTION DES INSTALLATIONS	40
5.3.2	REPORTAGE PHOTOGRAPHIQUE	41
5.3.3	EVALUATION DE LA CLASSE DU SYSTEME ACTUEL	42
5.3.4	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE C	43
5.3.5	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE A/B	44
5.4	SYSTEME D'ECLAIRAGE	45
5.4.1	DESCRIPTION DES INSTALLATIONS	45
5.4.2	REPORTAGE PHOTOGRAPHIQUE	45
5.4.3	EVALUATION DE LA CLASSE DU SYSTEME ACTUEL	45
5.4.4	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE C	46
5.4.5	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE B	47
5.4.6	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE A	48
5.5	SYSTEME DE REFROIDISSEMENT	49
5.5.1	DESCRIPTION DES INSTALLATIONS	49
5.5.2	REPORTAGE PHOTOGRAPHIQUE	51
5.5.3	EVALUATION DE LA CLASSE DU SYSTEME ACTUEL	52
5.5.4	MISE EN CONFORMITE POUR PASSER EN CLASSE C	53
5.5.5	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE B	54
5.5.6	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE A	56
5.6	SYSTEME DE SUPERVISION	58
5.6.1	DESCRIPTION DES INSTALLATIONS	58
5.6.2	EVALUATION DE LA CLASSE DU SYSTEME ACTUEL	58
5.6.3	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE C	59
5.6.4	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE B	59
5.6.5	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE A	59
5.7	PLAN DE COMPTAGE	60
5.7.1	DESCRIPTION DES INSTALLATIONS	60
5.7.2	PROPOSITION D'UN PLAN DE COMPTAGE	61
6	SYNTHESE DES ESTIMATIONS FINANCIERES	64
7	ANNEXES	66
7.1	ANNEXE N°1_FICHER D'EVALUATION DE CLASSE GTB_INRIA SOPHIA ANTIPOLIS	66
7.2	ANNEXE N°2_GUIDE DU DECRET BACS_INRIA	66

1 PRESENTATION DU SITE

1.1 Contexte

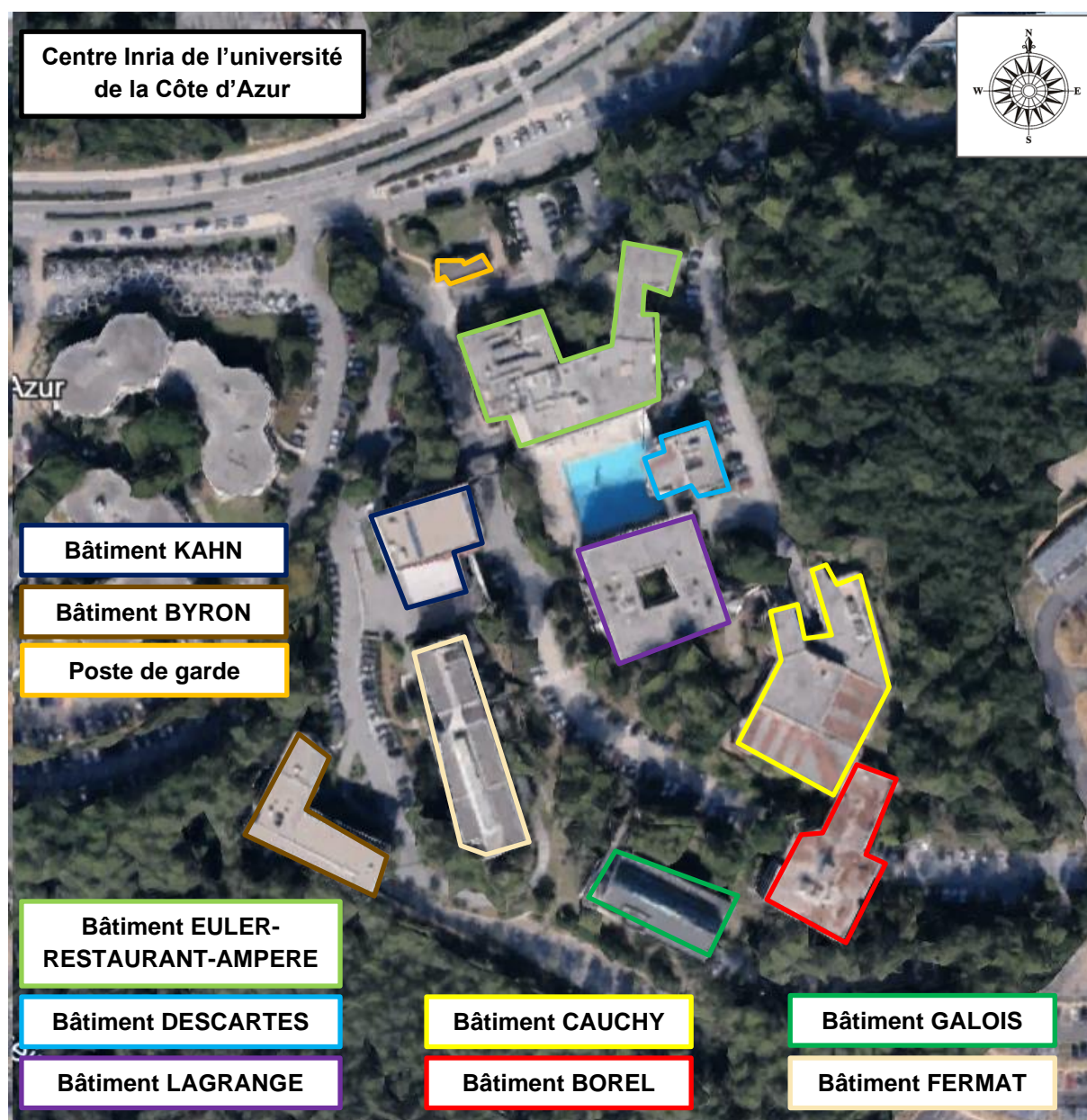
L'INRIA a missionné ALTEREA afin de réaliser un audit des installations de GTB sur différents centres en France dont celui de l'université de Sophia Antipolis.

L'objectif de cette mission est de vérifier l'état des installations actuelles et des améliorations à effectuer afin de répondre au décret BACS qui rend obligatoire la mise en place d'une GTB pour les installations d'une puissance supérieure à 290 kW en 2025 et à 70 kW en 2027.

Le site dispose d'une production de chaleur de 652 kW. Il est donc assujetti au décret BACS à partir de 2025.

Les automates de GTB doivent permettre une gestion énergétique optimisée, garantir le confort des occupants, être ouverts et assurer un suivi des consommations d'énergie.

1.2 Vue aérienne



1.3 Présentation des bâtiments

1.3.1 Centre Inria de l'Université de Sophia Antipolis

Le site de l'INRIA de l'université de la Côte d'Azur situé à Sophia Antipolis comporte 10 bâtiments pour une surface de plancher totale de 16 712 m² :

Construits dans les années 1980 :

- Bâtiment EULER – RESTAURANT – AMPERE
- Bâtiment DESCARTES
- Bâtiment LAGRANGE
- Bâtiment CAUCHY
- Bâtiment BOREL
- Bâtiment GALOIS
- Bâtiment FERMAT
- Poste de garde

Construits dans les années 2000 :

- Bâtiment KAHN
- Bâtiment BYRON



Centre INRIA de l'université de la Côte d'Azur

1.4 Documents MOA

DOCUMENTS		FORMAT
Plans et surfaces	> Plans des niveaux	DWG
Divers	> Fiches techniques de l'ensemble des systèmes CVC en place > Tableaux de points de la GTB SAUTER > Consommations des années 2022 et 2023	PDF - EXCEL

2 DECRÊTS ÉNERGÉTIQUES

2.1 Décret tertiaire

2.1.1 Contexte et objectifs

Le décret tertiaire a été promulgué en réponse à la nécessité de réduire l'empreinte environnementale des bâtiments du secteur tertiaire, tels que les bureaux, les commerces, les hôtels, les établissements de santé, etc.

L'objectif principal de ce décret est d'encourager les acteurs du secteur à mettre en œuvre des mesures d'efficacité énergétique et à adopter des pratiques durables afin de contribuer à la transition énergétique et à la lutte contre le changement climatique en limitant les émissions de gaz à effet de serre.

Le **Décret Tertiaire** est entré en vigueur le 1^{er} octobre 2019. Il impose aux propriétaires de bâtiments tertiaires de plus de 1 000 m² de réduire leurs consommations énergétiques selon une **année de référence** définie et comprise entre 2010 et 2020 :

Une baisse de 40% en 2030 – Une baisse de 50% en 2040 – Une baisse de 60% en 2050

2.1.2 Champ d'application

Le décret tertiaire s'applique à tous les bâtiments à usage tertiaire, publics et privés, dont la surface est supérieure à 1 000 mètres carrés. Cela inclut les propriétaires et les exploitants de ces bâtiments, qui sont tenus de respecter les obligations réglementaires établies par le décret.

2.1.3 Principales mesures

Le décret tertiaire comprend plusieurs mesures clés pour promouvoir la performance énergétique des bâtiments. Celles-ci comprennent :

1. **Obligations de réduction des consommations énergétiques** : Les propriétaires et les exploitants de bâtiments tertiaires doivent mettre en œuvre des actions concrètes visant à réduire leurs consommations d'énergie. Des objectifs de réduction progressifs sont fixés, avec des paliers à atteindre à des échéances spécifiques.
2. **Audit énergétique et plan d'actions** : Les bâtiments concernés doivent réaliser un audit énergétique tous les dix ans pour évaluer leurs performances énergétiques et identifier les pistes d'amélioration. Sur la base des résultats de l'audit, un plan d'actions est établi pour mettre en œuvre les mesures d'efficacité énergétique nécessaires.
3. **Suivi et reporting** : Les propriétaires et les exploitants doivent mettre en place un système de suivi de la consommation énergétique de leurs bâtiments et rapporter régulièrement ces données aux autorités compétentes. Cela permet d'évaluer l'efficacité des mesures mises en œuvre et d'assurer le suivi des progrès réalisés.

2.2 Décret BACS

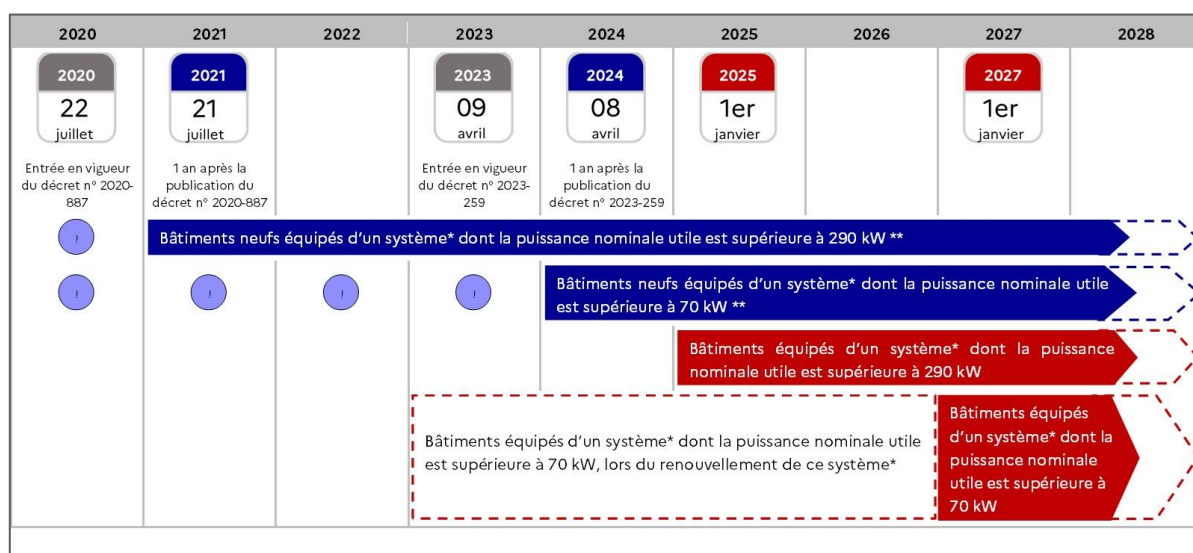
2.2.1 Contexte et objectif de la norme

Le décret BACS, applicable depuis le 21 juillet 2021, a été promulgué en réponse à la nécessité de réduire la consommation énergétique des bâtiments et de promouvoir des pratiques durables dans le secteur de la construction.

Le décret vise à optimiser la performance énergétique des bâtiments via une meilleure gestion des systèmes de chauffage, de ventilation, de climatisation, d'éclairage et d'eau chaude sanitaire.

Cette norme impose de mettre en place un système d'automatisation et de contrôle des bâtiments, d'ici au 1^{er} janvier 2025 (ou 2027 pour les systèmes d'une puissance supérieure à 70 kW). Le système de Gestion Technique de Bâtiment (GTB) à installer devra être de classe A, B ou C selon la norme NF-ISO-25120-1 (Performance énergétique des bâtiments - Contribution de l'automatisation, de la régulation et de la gestion technique des bâtiments).

Le décret impose l'installation de systèmes d'automatisation et de contrôle des bâtiment (BACS) pour tous les bâtiments tertiaires équipés de système de chauffage ou de climatisation, combiné ou non avec un système de ventilation dont la puissance est supérieure à 290 kW ou 70 kW selon le calendrier suivant :



2.2.2 Objectifs des BACS

Au sens du décret, les BACS (Building Automation and Control Systems) doivent remplir les fonctions suivantes :

- Suivre, enregistrer et analyser en continu, par zone fonctionnelle et à un pas de temps horaire les données de production et de consommation énergétique des systèmes techniques du bâtiment et les ajuster en conséquence suivant les consignes, les scénarios et les optimisations possibles
- Situer l'efficacité énergétique du bâtiment par rapport à des valeurs de référence
- Détecter les pertes d'efficacité des systèmes techniques et informer l'exploitant du bâtiment pour permettre l'analyse de la situation et l'amélioration de l'efficacité énergétique

- Être interopérables avec les différents systèmes techniques du bâtiment
- Permettre un arrêt manuel et la gestion autonome des systèmes techniques du bâtiment reliés au BACS

2.2.3 Champ d'application

Le décret BACS s'applique à tous les bâtiments commerciaux et résidentiels de grande envergure, ainsi qu'aux installations industrielles, qui sont soumis à des normes de performance énergétique spécifiques. Il encourage l'utilisation de technologies avancées telles que les systèmes de gestion du chauffage, de la ventilation, de la climatisation, de l'éclairage et de la sécurité, intégrés dans un système centralisé.

2.3 Financement d'une GTB

2.3.1 Certificats d'économie d'énergie

Mis en place en 2005 par la **loi POPE** (Programmation fixant les Orientations de la Politique Énergétique), les **CEE** (Certificats d'Économies d'Énergie) constituent une aide gouvernementale en faveur de la transition énergétique.



Ces dispositifs imposent aux "obligés", les fournisseurs d'énergie et distributeurs de carburants, d'acheter des CEE à des consommateurs (ménages, collectivités territoriales et professionnels).

Les CEE reposent sur le principe du "pollueur-payeur", obligeant les acteurs dont l'activité engendre de la pollution à supporter le coût des mesures prises pour prévenir, combattre et éliminer cette pollution, et les coûts liés à la réparation.

Les « **obligés** » sont les fournisseurs d'électricité, de gaz, de fioul domestique, de chaleur et de froid et les fournisseurs de carburant.

Ces derniers financent le dispositif CEE en achetant des certificats aux consommateurs (entreprises, collectivités territoriales, établissements public et bailleurs sociaux), dits « **éligibles** ».

Les travaux concernés par le dispositifs comprennent notamment :

- L'installation d'une GTB ;
- L'isolation thermique d'un bâtiment ;
- La mise en place d'une chaudière biomasse, d'un poêle à bois ou d'un chauffe-eau solaire ;
- Le calorifugeage ;
- L'installation d'une pompe à chaleur.
- ...

Une bonification est engagée jusqu'au 30 juin 2024.

Sont concernées : les opérations relevant de la fiche d'opération standardisée BAT-TH-116 « Système de gestion technique du bâtiment pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, le refroidissement/climatisation, l'éclairage et les auxiliaires ». Ainsi, le volume total de **Certificats d'Économies d'Énergie** délivré est multiplié par :



Selon le secteur (bureaux, bâtiments d'enseignement, retail...) et la superficie du bâtiment, le taux de couverture du financement via les CEE du système de GTB peut varier entre 60 et 80% du montant des travaux.

3 GENERALITES

3.1 Composants matériels

Un système de GTB est principalement composé des matériels suivants :

- Les appareils de régulation (unité locale) ;
- Les appareils de terrain.

3.1.1 Appareils de régulation

Les appareils, postes, unités et périphériques assurant les fonctions d'automatisation et/ou de régulation constituent les équipements permettant d'assurer les principales tâches suivantes :

- La régulation numérique et l'automatisation ;
- La gestion et l'optimisation de l'énergie ;
- La surveillance du fonctionnement de l'installation ;
- Le suivi des informations relatives aux alarmes, défaillances, maintenances et fonctionnements ;
- La gestion de la commande automatique et manuelle ;
- Le suivi des données statistiques en vue de l'analyse des valeurs et états ;
- L'échange d'information entre les fonctions d'automatisation et/ou de régulation avec les appareils de terrain et les fonctions de gestion.

3.1.2 Appareils de terrain

Les appareils de terrains pour système de GTB comprennent des capteurs et des actionneurs. Ils sont connectés aux interfaces d'entrée/sortie des régulateurs soit directement soit via des appareils et des réseaux de communication. Les capteurs, actionneurs et autres appareils de terrain fournissent les informations nécessaires sur les conditions, états et valeurs des processus de l'installation et sur l'effet des opérations programmées.

3.2 Fonction types

Fonctions d'entrées/sorties :

- **Télé-signalisation (TS) / Télé-alarme (TA) :** entrée de positionnement logique, tout-ou-rien (TOR), binaire. Cette fonction traite un signal binaire, acquis au moyen d'une entrée physique, et fournit une information composée à partir des paramètres définissant individuellement la signification des états. Cette fonction ne traite pas les états internes de diagnostic système ;
- **Télé-commande (TC) :** sortie de positionnement logique, tout-ou-rien (TOR), binaire. Cette fonction présente des commandes agissant par des signaux continus ou impulsions sur des sorties binaires physiques ;
- **Télé-mesure (TM) :** entrée de positionnement analogique. Cette fonction traite les informations analogiques acquises par des entrées physiques analogiques (de capteurs actifs ou passifs), pour générer une information de valeur analogique. Elle assure le traitement des entrées physiques de recopie de positionnement, liées logiquement aux commandes de positionnement ;

- **Télé-réglage (TR) :** sortie de positionnement analogique. Cette fonction comprend les commandes de positionnement analogique, issues des fonctions de traitement, de gestion, ou des fonctions de service aux exploitants ;
- **Télé-comptage impulsif (TCP) :** entrée de positionnement logique spécifiquement réservée pour de la télé-relève par impulsions. Cette fonction englobe les tâches de comptage, de traitement et de totalisation des impulsions, acquises par les entrées physiques de comptage ou binaires. La réinitialisation du compteur doit être possible.

Fonctions de traitement :

Les fonctions de traitement produisent des valeurs de sorties booléennes ou numériques. D'autres types de fonctions peuvent traiter ces valeurs en entrées.

- **Fonctions de contrôle/surveillance :** Ces fonctions de traitement servent au contrôle/surveillance des fonctions d'entrées/sorties ou du résultat d'autres fonctions de traitement. Tout autre type de fonction accepte, en entrée, les valeurs des fonctions de contrôle/surveillance :
 - Valeurs limites fixes ;
 - Valeurs limites glissantes ;
 - Totalisation du temps de marche ;
 - Comptage d'évènements ;
 - Contrôle de bonne exécution ;
 - Traitement sur états.
- **Asservissements :** D'une manière générale, les fonctions liées aux asservissements traitent, suivant une logique donnée, une combinaison de signaux d'entrée et produisent les signaux de sortie résultants. Elles sont généralement constituées d'opérateurs (et, ou, ou exclusif, non, etc...) :
 - Séquence de commande d'installation ;
 - Commandes de moteurs ;
 - Permutation ;
 - Séquenceur ;
 - Fonction de mise en sécurité et protection antigel.
- **Fonctions de régulation en boucle fermée :** La régulation en boucle fermée opère principalement sur des fonctions d'entrées/sorties. Leurs résultats sont utilisables comme entrées de toute autre fonction. Elle est assurée par un algorithme (par exemple : P, PI, PID) traitant un signal de rétroaction issu d'une mesure du médium régulé. Ainsi, dans le cas où la température est régulée par rapport à une valeur de consigne, la valeur courante de la température mesurée est entrée dans l'algorithme, lequel décidera d'augmenter ou de diminuer l'apport en chaud/froid en fonction de la différence. Chaque boucle fermée comprend une « consigne ». Dans la régulation en cascade, une valeur de procédé est régulée au moyen d'une combinaison d'une fonction régulateur maître et d'une fonction régulateur esclave. Le signal de sortie de la fonction régulateur maître sert d'entrée de point de consigne à la fonction régulateur esclave :
 - Régulation proportionnelle (P) ;
 - Régulation Proportionnelle Intégrale (PI) Dérivée (PID) ;
 - Point de consigne glissant ;
 - Séquenceur progressif ;

- Convertisseur de sortie progressive en sortie tout ou rien ;
 - Sortie à modulation de durée d'impulsion ;
 - Limitation des valeurs de consigne et de sortie ;
 - Basculement des tables de paramètres.
- **Fonctions de calcul/optimisation** : Les fonctions de calcul/optimisation sont mises en œuvre comme fonctions standards préconfigurées, elles ne demandent aucune programmation spécifique au projet mais un paramétrage approprié :
 - Régulation psychométrique ;
 - Valeurs calculées sélection de la valeur la plus haute ou la plus basse ;
 - Commande sur évènement ;
 - Programme temporel ;
 - Optimisation d'intermittence ;
 - Fonctionnement cyclique ;
 - Balayage (ventilation) nocturne ;
 - Limitation de température (hors gel) ;
 - Récupération d'énergie ;
 - Délestage des charges ;
 - Restauration de la source principale ;
 - Effacement des pointes ;
 - Délestage tarifaire.

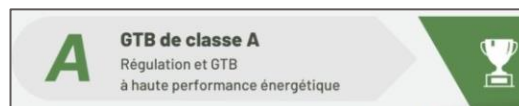
Ces fonctions types sont détaillées dans la norme NF EN ISO 16484 « Système de Gestion Technique du Bâtiment (SGTB) ».

4 TYPES DE CLASSES DE GTB

4.1 Classes A, B, C et D selon la norme NF-ISO-25120-1

Les quatre classes de systèmes de GTB selon leur performance énergétique sont :

- **Classe A : Gestion Technique de Bâtiments à performance énergétique supérieure ;**



Elle se distingue notamment par :

- Sa capacité à **évaluer** et à **moduler** les réponses énergétiques selon les conditions de vie du bâtiment et les besoins des occupants,
- De meilleures fonctions de **communication** et de **diagnostic**,

Une GTB de classe A doit assurer :

- L'automatisation d'ambiance en réseau avec saisie automatique des besoins,
- La maintenance périodique régulière,
- Le monitoring énergétique mensuel,
- L'optimisation énergétique durable par des spécialistes formés.

- **Classe B : Gestion Technique de Bâtiments évoluée ;**



Elle se distingue notamment par :

- Sa capacité à **évaluer** et à **moduler** les réponses énergétiques selon les conditions de vie du bâtiment et les besoins des occupants mais sans prévisions et avec des fonctionnalités plus limitées dans l'analyse et les ajustements énergétiques

Une GTB de classe A doit assurer :

- L'automatisation d'ambiance en réseau avec régulation individuelle en fonction des besoins ;
- Le monitoring énergétique annuel.

- **Classe C : Gestion Technique de Bâtiments standard ;**



Elle se distingue notamment par :

- un pilotage fixe à partir d'une programmation établie.

Une GTB de classe C doit assurer :

- L'automatisation des installations primaires en réseau ;

Une GTB de classe C est sans automatisation d'ambiance électronique telle que les vannes thermostatiques sur les radiateurs et sans monitoring énergétique.

- **Classe D : Gestion Technique de Bâtiments avec une mauvaise performance énergétique ;**



Une GTB de classe D n'est pas éligible au Décret BACS.

Une modernisation des bâtiments avec de tels systèmes est donc nécessaire. La construction de bâtiments neufs comprenant cette classe de GTB est interdite.

4.2 Exemples de fonctions minimum pour le système BACS

4.2.1 Chauffage

La régulation de l'émission de chaleur :

- Individuelle par pièce + communication et détection d'occupation → classe A et B
- Individuelle par pièce → classe C

La régulation des différents générateurs de chaleur basée sur :

- Une liste dynamique des priorités reposant sur des prédictions → Classe A
- Une liste dynamique des priorités → Classe B
- Une liste fixe des priorités → Classe C

La régulation de la température de l'eau chaude du réseau de distribution (A/R) :

- En fonction des besoins → Classe A et B
- En fonction de la température extérieure → Classe C

Régulation automatique intermittente de l'émission et/ou de la distribution :

- Avec évaluation des besoins → Classe A
- Avec optimisation de la mise en marche/arrêt → Classe B
- Avec programme fixe → Classe C

4.2.2 Eau Chaude Sanitaire

Régulation du stockage de l'eau chaude sanitaire (avec chauffage électrique direct ou pompe à chaleur électrique intégrée) :

- Commande automatique marche/arrêt + programmation du temps de charge + gestion du stockage avec plusieurs capteurs → Classe A et B
- Commande automatique marche/arrêt + programmation du temps de charge uniquement → Classe C

4.2.3 Climatisation

La régulation de l'émission de froid :

- Individuelle par pièce + communication et détection d'occupation → classe A et B
- Individuelle par pièce → classe C

La régulation de la température de l'eau glacée du réseau de distribution (A/R) :

- En fonction des besoins → Classe A et B
- En fonction de la température extérieure → Classe C

4.2.4 Ventilation

Régulation de l'alimentation en air au niveau de la pièce :

- Régulation en fonction des besoins → Classe A
- Programmation basée sur l'occupation → Classe B et C

4.2.5 Eclairage

Régulation de l'intensité lumineuse/de la lumière naturelle :

- Modulation automatique → Classe A
- Commutation automatique → Classe B
- Manuelle (par pièce/par zone) → Classe C

4.2.6 Stores

- Commande combinée de l'éclairage, des stores et du système CVC → Classe A et B
- Fonctionnement motorisé avec commande automatique → Classe C

4.2.7 Gestion technique des installations

Détection des défauts des systèmes techniques du bâtiment et aide au diagnostic de ces défauts :

- Avec indication centralisée des défauts détectés et des alarmes + diagnostic → Classe A et B
- Aucune indication centralisée → Classe C

Compte-rendu des informations concernant la consommation énergétique et les conditions intérieures :

- Analyse + évaluation de la performance + étalonnage → Classe A
- Fonctions d'analyse de tendances et détermination de la consommation → Classe B
- Indication des valeurs réelles uniquement → Classe C

5 DESCRIPTION DES INSTALLATIONS ET SCENARIO ASSOCIÉ

Le tableau ci-dessous recense les différents systèmes de BACS présent sur le centre Inria de l'Université de la Côte d'Azur

Présence des différents systèmes de BACS	
Système	Présence
Système de chauffage	✓
Système de ventilation	✓
Système d'Eau Chaude Sanitaire	✓
Système d'éclairage	✓
Système de refroidissement	✓

Chaque système sera approché de la manière suivante :

1. Analyse de l'existant / vérification de la conformité
2. Estimation financière en cas de non-conformité
3. ROI (Return On Invest) Retour sur investissement
4. Synthèse des estimations financières

Les tableaux ci-dessous résument les évolutions possibles de la GTB actuelle afin d'améliorer la classification de la GTB.

Seuls les usages en classe D sont pris en compte dans l'estimation budgétaire pour un passage en classe C.

Seuls les usages en classe D et C sont pris en compte dans l'estimation budgétaire pour un passage en classe B.

Seuls les usages en classe D, C et B sont pris en compte dans l'estimation budgétaire pour un passage en classe A.

L'objectif des scénarios est d'établir une estimation budgétaire par ensemble et par usage :

1. Matériel de GTB : Automates, cartes d'entrées/sorties, cartes de communication...
2. Fournitures : Capteurs, actionneurs, compteurs...
3. Installation : Main d'œuvre, passage de câbles éventuelles et raccordement
4. Programmation et mise en service : programmation/tests/mise en service des automates, formation aux nouvelles fonctionnalités de la GTC.

Le calcul du temps de retour sur investissement est normé et provient de l'arrêté du 7 avril 2023 relatifs aux systèmes d'automatisation et de contrôle des bâtiments tertiaires.

$$TRI = \frac{S}{\sum_{\text{énergie}} \text{Générgie} * \text{Cénergie}}$$

Avec :

- TRI : le temps de retour sur investissement, un entier arrondi au chiffre supérieur exprimé en années ;
- S : le surcoût induit par l'installation ou le changement du système d'automatisation et de contrôle du bâtiment, exprimé en euros ;
- Générgie : le gain énergétique induit par l'installation ou le changement du système d'automatisation et de contrôle du bâtiment, exprimé en kWh d'énergie finale, pour chaque énergie utilisée par le(s) système(s) technique(s) relié(s) au système d'automatisation et de contrôle du bâtiment ;
- Cénergie : le coût du kWh énergétique, en €/kWh pour chaque énergie utilisée. Le coût à prendre en compte est la moyenne du coût facturé pour chaque énergie pour l'année durant laquelle le calcul est réalisé.

Afin d'estimer les temps de retour sur investissement, les consommations des deux dernières années (2022 et 2023) ainsi que les coûts de la dernière année (2023) sont utilisés.

	2022	2023
Consommations (kWh)	2 624 508	2 392 684
Coût unitaire (c€/kWh)	-	19

Il est à noter que le coût des travaux doit être établi par deux devis réels qui ne mentionne que les éléments exigés par le décret BACS. Un nouveau calcul du temps de retour sur investissement devra être effectué une fois en possession de ces éléments.

Bâtiment existants :

- Le décret prévoit une exemption pour les bâtiments existants pour lesquels une étude établit que le temps de retour sur investissement (TRI) de l'installation d'un BACS est supérieur à 10 ans.

Bâtiment neufs :

- Le décret prévoit également une exemption pour les bâtiments neufs pour lesquels une étude établit que le temps de retour sur investissement (TRI) de l'installation d'un BACS est supérieur à 10 ans.
- Dans le cas où le TRI est inférieur à 10 ans, tous les systèmes techniques présents dans le bâtiment doivent être reliés, et ce quelle que soit leur puissance nominale utile.

Légende :			
	Classe A : Conforme et classification supérieure au décret.		Classe B : Conforme et classification supérieure au décret. (Possibilité de passage de la classe B en A)
			Classe C : Conforme au décret avec possibilité d'amélioration (Passage de la classe C en A ou B)
			Classe D : Passage en classe supérieure obligatoire

5.1 Système de chauffage

5.1.1 Description des installations

Le site comporte plusieurs équipements de production de chaleur.

Une production centralisée qui se situe dans la sous-station du bâtiment EULER-RESTAURANT-AMPERE. Cette production est assurée par deux pompes à chaleur Air/Eau réversibles qui réchauffent (période hivernale) et rafraîchissent (période estivale) le réseau primaire. Cette production dessert la quasi-totalité du site (hormis les bâtiments BYRON et KAHN) à partir de 2 départs constants :

- Un départ vers les bâtiments EULER-RESTAURANT-AMPERE, DESCARTES, LAGRANGE et CAUCHY
- Un départ vers les bâtiments BOREL, GALOIS, FERMAT

Ces trois derniers bâtiments étaient équipés de chaudières en appoint et pouvant prendre le relais sur la production principale. Ces chaudières ont été arrêtées en 2022.

Les bâtiments KAHN et BYRON possèdent leur propre production de chaleur : chacun dispose d'une pompe à chaleur Air/Eau.

La PAC du bâtiment KAHN alimente deux départs :

- Un départ constant vers les ventilo-convecteurs et vers les CTAs du bâtiment qui présente une pompe double à débit constant
- Un départ régulé par une vanne 3 voies vers le plancher chauffant qui présente une pompe double à débit constant. Ce départ est régulé par un régulateur SIEMENS de type RVL470 (loi d'eau avec programmation horaire) par action sur la vanne 3 voies.

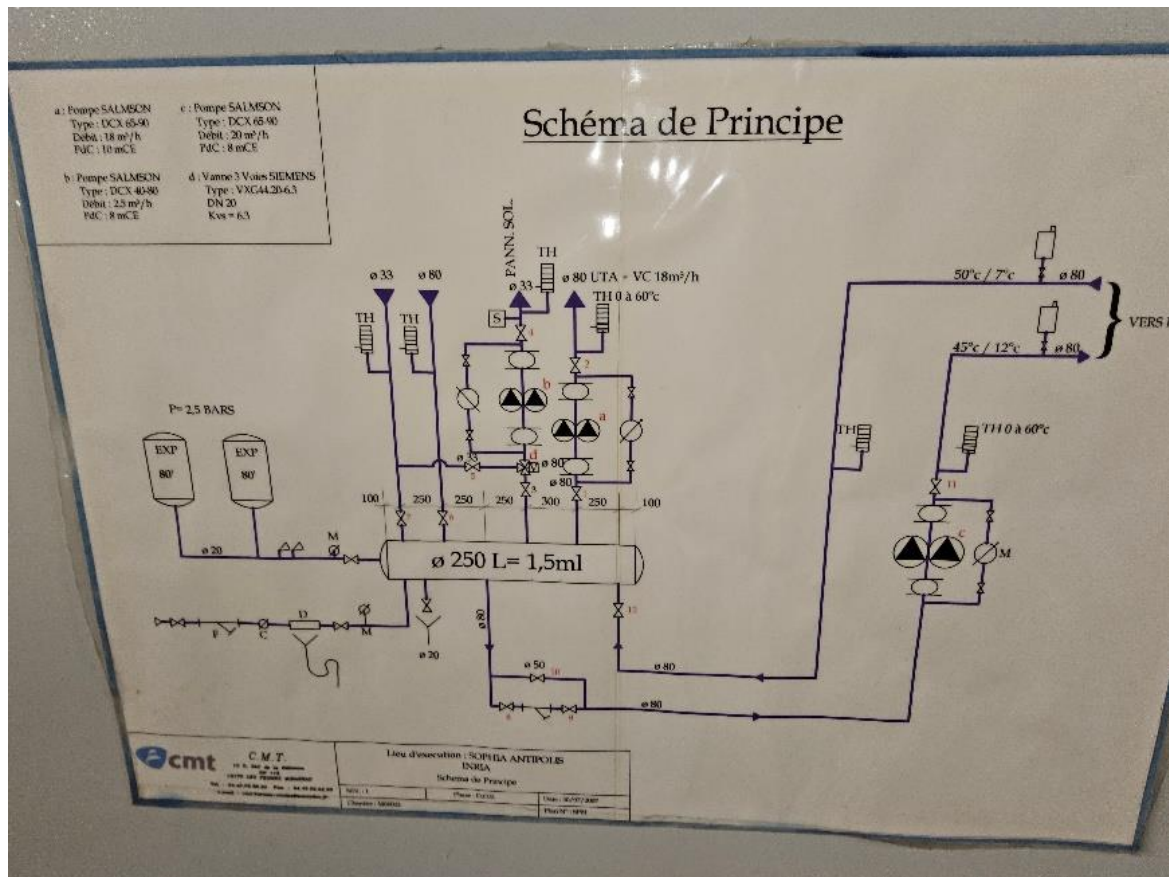


Schéma de principe de la chaufferie du bâtiment KAHN

La PAC du bâtiment BYRON alimente un seul départ vers les ventilo-convecteurs du site

Les PACs principales et celles des bâtiments KAHN et BYRON alimentent des ventilo-convecteurs 2 tubes qui ne disposent que d'une régulation terminale manuelle intégrée.

Deux salles de réunions du bâtiment EULER-RESTAURANT-AMPERE possèdent une production et/ou une émission propre :

- La salle EULER Violet est chauffée et rafraîchie par des unités réversibles extérieures qui se situent en toiture et qui alimentent des cassettes murales.
- La salle EULER bleue est chauffée par un soufflage de CTA (disposée en toiture) et alimentée par les PACs principales.

L'amphithéâtre du bâtiment KAHN dispose d'une PAC air/air permettant de chauffer cet espace. Cette PAC est pilotée manuellement par un interrupteur marche/arrêt.

Deux systèmes de GTC sont mis en place sur site pour piloter le chauffage.

- Un système SAUTER installé en 2016. Quatre automates EY-AS525 sont installés sur site : un automate dans la sous-station principale, un automate dans les sous-stations des bâtiments BOREL, GALOIS et FERMAT. Ces automates utilisent un protocole de communication BACnet/IP. Ils

permettaient d'assurer l'utilisation des chaudières gaz en appoint ou d'assurer la bascule entre le chauffage par les PACs et le chauffage par les chaudières. Depuis l'arrêt des chaudières, ce pilotage n'est plus utilisé. Les automates SAUTER permettent de remonter les températures relevées (température extérieure, température des réseaux hydrauliques, température de stockage), l'état de marche/arrêt des équipements raccordés (pompes, PAC) ainsi que les données des compteurs installés. Ces automates permettent de contrôler les pompes en mode marche/arrêt mais ne sont pas programmés pour piloter les pompes à chaleur ou la régulation des réseaux primaires et secondaires du site.


- Un système SCHNEIDER. Plusieurs modules d'entrées/sorties (un par bâtiment) sont installés sur site et permettent de commander les ventilo-convecteurs de l'ensemble du site ainsi que les PAC des bâtiments BYRON et KAHN en mode marche/arrêt. Ces ventilo-convecteurs sont pilotés par un programme horaire et le pilotage permet de télécommander les ventilo-convecteurs de chaque niveau et de chaque bâtiment en agissant sur les contacteurs et les discontacteurs installés dans les tableaux divisionnaires. Ces automates utilisent un protocole de communication Modbus TCP/IP.


Les systèmes en place ne permettent pas d'assurer un pilotage fin et automatique de la production de chauffage/rafraîchissement. Les PACs assurant la production centralisée ne sont pas pilotées par la GTC en place.


Le plan de comptage actuel permet de sous-compter la consommation des pompes à chaleur (principales et des bâtiments BYRON et KAHN).

Les différents équipements de chauffage sont décrits ci-dessous :

Performance	0	Très déperditif	1	Déperditif	2	Performant	3	Très performant
Vétusté	0	A remplacer	1	Etat d'usage	2	Bon état	3	Etat neuf

Production de chaleur			
Pompe à chaleur Air/Air (PAC) - Amphithéâtre KAHN		P	V
	Ensemble :	Production de chaleur	
	Nombre :	1	
	Marque :	Thereco	
	Modèle :	PCAA 100 SMR	
	Etat :	A ajouter	
	Communication :	Non	
	Puissance équipement :	39.3 kW	
	Usage chaud :	Chauffage	
	Disponibilité :	Télérelevable avec ajout	
Localisation :		Bâtiment KAHN	
Pompe à chaleur Air/Eau (PAC) - Bâtiment BRYON		P	V
	Ensemble :	Production de chaleur	
	Nombre :	1	
	Marque :	Aermec	
	Modèle :	NRC0650	
	Etat :	A ajouter	

Production de chaleur			
	Communication :	Modbus TCP/IP	
	Puissance équipement :	155 kW	
	Usage chaud :	Chauffage	
	Disponibilité :	Télérelevable avec ajout	
	Localisation :	Bâtiment BYRON	
Pompe à chaleur Air/Eau (PAC) – Bâtiment KAHN		P	V
	Ensemble :	Production de chaleur	
	Nombre :	1	
	Marque :	Aermec	
	Modèle :	NRA550	
	Etat :	A ajouter	
	Communication :	Modbus TCP/IP	
	Puissance équipement :	112 kW	
	Usage chaud :	Chauffage	
	Disponibilité :	Télérelevable avec ajout	
Localisation :		Bâtiment KAHN	
Pompes à chaleur Air/Eau (PAC) principales		P	V
	Ensemble :	Production de chaleur	
	Nombre :	2	
	Marque :	Carrier	
	Modèle :	30RQP-330-0012-PE	
	Etat :	A ajouter	
	Communication :	BACnet TCP/IP	
	Puissance équipement :	195.9 kW	
	Usage chaud :	Chauffage	
	Disponibilité :	Télérelevable avec ajout	
Localisation :		Bâtiment EULER-RESTAURANT-AMPERE	

Emission de chaleur			
Aérothermes		P	V
	Ensemble :	Circuit constant CTA	
	Type d'aérotherme :	Aérotherme eau chaude Tout-Ou-Rien (TOR)	
	Marque :	Aermec	
	Modèle :	FCX	
	Etat :	A ajouter	
	Type de signal :	Autre	
	Communication :	Modbus TCP/IP	
	Disponibilité :	Télérelevable avec ajout	
Localisation :		Ensemble du site	

5.1.2 Reportage photographique



PAC air/eau principale



PAC air/eau du bâtiment KAHN



PAC air/eau du bâtiment BYRON



PAC air/air de l'amphithéâtre du bâtiment KAHN



Ventilo-convecteur



Automate SAUTER EY-AS525



Variateur des pompes de chauffage



Automate SCHNEIDER



Pompes de chauffage en sous-station principale



Régulateur du plancher chauffant du bâtiment KAHN



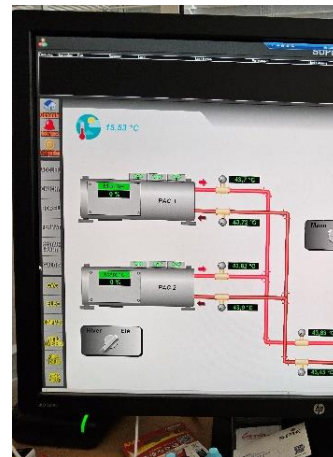
Sous-compteur de PAC sur TD



Compteur sur TGBT



Supervision SAUTER



Supervision PANORAMA

5.1.3 Evaluation de la classe du système actuel

Pilotage par la GTB	Conformité	Commentaire
Régulation de l'émission	C	<ul style="list-style-type: none"> Aucune régulation automatique de la température ambiante. Les ventilo-convecteurs possèdent une régulation terminale manuelle. Ils sont pilotés en mode marche/arrêt par un programme horaire.
Régulation de l'émission pour les systèmes thermoactifs	C	<ul style="list-style-type: none"> Le bâtiment KAHN dispose d'un plancher chauffant. Ce plancher est régulé par loi d'eau avec programmation horaire par un régulateur RVL470 qui agit sur la vanne 3 voies du départ régulé.
Régulation de la température de l'eau chaude du réseau de distribution (en départ ou en retour)	D	<ul style="list-style-type: none"> Les réseaux secondaires ne disposent d'aucune régulation de température.
Commande des pompes de distribution dans les réseaux	D	<ul style="list-style-type: none"> Les pompes de la sous-station principale sont à débit variable. Elles sont pilotées par une horloge non reliée à la GTB en mode marche/arrêt. Les pompes des sous-station secondaires sont à débit constant et ne sont pas pilotées.
Equilibrage hydronique du système de distribution de chaleur	D	<ul style="list-style-type: none"> Equilibrage statique de chaque émetteur, Présence de robinets d'équilibrage.
Régulation par intermittence de l'émission et/ou de la distribution	C	<ul style="list-style-type: none"> Régulation automatique en mode marche/arrêt avec programme fixe des ventilo-convecteurs.
Régulation des générateurs de chaleur, si pompe à chaleur	D	<ul style="list-style-type: none"> La régulation de la température de départ du primaire est constante et fixée manuellement.

5.1.4 Mise en conformité pour passage en classe C

Certaines améliorations sont nécessaires pour assurer une classe C à l'ensemble des critères du décret BACS pour les systèmes de chauffage :

Régulation de la température de l'eau chaude du réseau de distribution (en départ ou en retour)	<ul style="list-style-type: none"> Régulation des départs de l'ensemble des sous-stations. Régulation en fonction de la température extérieure par loi d'eau par action sur le servomoteur de la V3V.
Commande des pompes de distribution dans les réseaux	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de pompes à débit variables sur l'ensemble des départs
Equilibrage hydronique du système de distribution de chaleur	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de régulateurs de pression différentielle sur l'ensemble des départs hydrauliques.
Régulation des générateurs de chaleur, si pompe à chaleur	<ul style="list-style-type: none"> Régulation de la température de départ des PACs en fonction de la température extérieure. Programmation des PACs avec une loi d'eau et un programme horaire.
Comptage	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de compteurs de calories sur chaque départ.

Le chiffrage pour la mise en conformité des équipements pour le chauffage est le suivant :

Système de chauffage	Coût
1 - Matériel de GTB (automates, passerelles et switchs)	5 690 €
2 - Fournitures (Régulateurs de pression différentielle, V2V, V3V, servomoteurs)	33 120 €
3 - Installation	14 320 €
4 - Programmation et mise en service	22 850 €
<i>Total:</i>	75 950 €

Usage	Coût de la consommation actuelle estimé	Représentation de la consommation (Après travaux)	Coût de la consommation estimé (après travaux)	Coût travaux	ROI (années)
Système de chauffage	152 523 €	88%	134 135 €	75 950 €	4

5.1.5 Mise en conformité pour passage en classe B

Pour un passage en classe B, les points d'amélioration suivants sont nécessaires :

Régulation de l'émission	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de thermostats d'ambiance (installation de V2V et de sonde de température ambiante) • Mise en place de régulateurs communicants • Mise en place d'une régulation modulante des émetteurs par pièce avec communication entre les régulateurs et la GTB.
Régulation de l'émission pour les systèmes thermoactifs	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place d'un régulateur communicant pour le plancher chauffant du bâtiment KAHN. • Mise en place d'une régulation centrale automatique évoluée permettant de parvenir à une autorégulation optimale de la température ambiante.
Régulation de la température de l'eau chaude du réseau de distribution (en départ ou en retour)	<ul style="list-style-type: none"> • Régulation des départs de l'ensemble des sous-stations. Régulation en fonction de la température extérieure et de la température ambiante par loi d'eau par action sur le servomoteur de la V3V.
Commande des pompes de distribution dans les réseaux	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de pompes à débit variables sur l'ensemble des départs
Equilibrage hydronique du système de distribution de chaleur	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de régulateurs de pression différentielle sur l'ensemble des départs hydrauliques.
Régulation par intermittence de l'émission et/ou de la distribution	<ul style="list-style-type: none"> • Programmation de programmes horaires optimisés prenant en compte l'inertie du bâtiment pour réduire les temps de fonctionnement.
Régulation des générateurs de chaleur, si pompe à chaleur	<ul style="list-style-type: none"> • Régulation de la température de départ des PACs en fonction de la température extérieure et de la température ambiante. Programmation des PACs avec une loi d'eau et un programme horaire.
Comptage	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de compteurs de calories sur chaque départ.

Le chiffrage pour la mise en conformité des équipements pour le chauffage est le suivant :

Système de chauffage	Coût
1 - Matériel de GTB	165 970 €
2 - Fournitures (Sonde de température, régulateurs de pressions différentielles, pompes à débit variable)	97 410 €
3 – Installation	178 250 €
4 - Programmation et mise en service	423 000 €
<i>Total:</i>	864 630 €

Usage	Coût de la consommation actuelle estimé	Représentation de la consommation (Après travaux)	Coût de la consommation estimé (après travaux)	Coût travaux avec aides CEE	ROI (années)
Système de chauffage	152 523 €	68%	103 553 €	833 044 €	17

5.1.6 Mise en conformité pour passage en classe A

Pour un passage en classe A, les points d'amélioration suivants sont nécessaires :

Régulation de l'émission	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de thermostats d'ambiance (installation de V2V et de sonde de température ambiante) • Mise en place de régulateurs communicants • Mise en place d'une régulation modulante des émetteurs par pièce avec communication entre les régulateurs et la GTB. • Mise en place de détecteurs d'occupation • Programmation d'une régulation en fonction de l'occupation et de la charge de la pièce réglée.
Régulation de l'émission pour les systèmes thermoactifs	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place d'un régulateur communicant pour le plancher chauffant du bâtiment KAHN. • Mise en place d'une régulation centrale automatique évoluée permettant de parvenir à une autorégulation optimale de la température ambiante avec commande à rétroaction sur la température ambiante et mise hors-tension régulière de la pompe de circulation.
Régulation de la température de l'eau chaude du réseau de distribution (en départ ou en retour)	<ul style="list-style-type: none"> • Régulation des départs de l'ensemble des sous-stations. Régulation en fonction de la température extérieure et de la température ambiante par loi d'eau par action sur le servomoteur de la V3V.
Commande des pompes de distribution dans les réseaux	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de pompes à débit variables sur l'ensemble des départs
Equilibrage hydronique du système de distribution de chaleur	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de régulateurs de pression différentielle sur l'ensemble des départs hydrauliques qui ne desservent pas les ventilo-convecteurs. • Mise en place de régulateurs de pression différentielle sur l'ensemble des ventilo-convecteurs.
Régulation par intermittence de l'émission et/ou de la distribution	<ul style="list-style-type: none"> • Programmation d'une régulation automatique prenant en compte les besoins et la charge des pièces réglées (à partir de la température ambiante).
Régulation des générateurs de chaleur, si pompe à chaleur	<ul style="list-style-type: none"> • Régulation de la température de départ des PACs en fonction de la température du circuit le plus demandeur. Programmation des PACs avec une loi d'eau et un programme horaire.

Comptage	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de compteurs de calories sur chaque départ.
-----------------	---

Système de chauffage	Coût
1 - Matériel de GTB	194 240 €
2 - Fournitures (pompes à débit variable, régulateurs de pressions différentielle, sonde de température, détecteurs d'occupation)	354 700 €
3 - Installation	439 040 €
4 - Programmation et mise en service	548 250 €
<i>Total :</i>	1 536 230 €

Usage	Coût de la consommation actuelle estimé	Représentation de la consommation (Après travaux)	Coût de la consommation estimé (après travaux)	Coût travaux avec aides CEE	ROI (années)
Système de chauffage	152 523 €	62%	94 843 €	1 494 116 €	26

5.2 Système de ventilation

5.2.1 Description des installations

Le site est majoritairement ventilé naturellement par ouverture des fenêtres. Certaines zones sont ventilées et chauffées par des CTA.

Le bâtiment KAHN est équipé de 3 CTA :

- Une CTA de soufflage tout air neuf pour le Hall. Cette CTA comporte une batterie hydraulique alimentée par la PAC du bâtiment. Elle est pilotée par un régulateur SIEMENS Synco via un programme horaire.
- Une CTA double-flux pour l'espace robotique. Cet espace et cette CTA ne sont plus utilisés et la CTA est coupée. Cette CTA ne sera pas intégrée à l'étude.
- La PAC air/air de l'amphithéâtre, qui permet d'apporter de l'air neuf, est pilotée manuellement par un interrupteur marche/arrêt.

Le bâtiment EULER-RESTAURANT-AMPERE est équipé de 2 CTA :

- Une CTA de soufflage tout air neuf pour la salle de restauration. Cette CTA comporte une batterie hydraulique (120 kW chaud et 53 kW en froid) alimentée par les PACs principales. Elle n'est pas régulée par la GTB mais dispose d'une régulation interne qui permet de programmer la ventilation via une horloge programmable, de modifier le débit d'air soufflé et la température de consigne. Cette unité peut communiquer avec la GTB par différents protocoles : MODBUS RTU (liaison filaire), MODBUS TCP/IP ou BACNET IP.
- Une CTA de soufflage tout air neuf pour la salle EULER bleue. Cette CTA comporte une batterie hydraulique alimentée par les PACs principales. Elle n'est pas régulée par la GTB. Elle est pilotée par un interrupteur manuel dans la salle et par une horloge en armoire. Cette CTA est vétuste. Son remplacement complet est conseillé mais dans cette étude, seule une amélioration de son pilotage et de sa régulation est proposée.

Le bâtiment BYRON dispose de volets d'air motorisés et ouverts la nuit pour assurer du freecooling nocturne. Ces volets sont pilotés par les automates SCHNEIDER via un programme horaire et une télécommande d'ouverture/fermeture.

Outre les volets d'air neuf, les CTA et les tourelles d'extraction ne sont pas pilotées par la GTB installée.

Le plan de comptage actuel permet de sous-compter les consommations des CTA.

Performance	0	Très déperditif	1	Déperditif	2	Performant	3	Très performant
Vétusté	0	A remplacer	1	Etat d'usage	2	Bon état	3	Etat neuf

Equipement de ventilation				P	V
Centrale de Traitement d'Air (CTA) - Amphithéâtre du bâtiment KAHN					
	Ensemble :	Traitement d'air			
	Nombre :	1			
	Marque :	Thereco			
	Modèle :	PCAA 100 SMR			
	Etat :	A ajouter		2	1
	Communication :	Non			
	Disponibilité :	Télérelevable avec ajout			
	Type de flux :	Double flux			
Localisation : Bâtiment KAHN					
Centrale de Traitement d'Air (CTA) de soufflage - Hall du bâtiment KAHN				P	V
	Ensemble :	Traitement d'air			
	Nombre :	1			
	Modèle :	Inconnu			
	Etat :	A ajouter		2	1
	Communication :	Non			
	Disponibilité :	Télérelevable avec ajout			
	Type de flux :	Simple flux			
Localisation : Bâtiment KAHN					
Centrale de Traitement d'Air (CTA) de soufflage - Salle EULER bleue				P	V
	Ensemble :	Traitement d'air			
	Nombre :	1			
	Modèle :	Inconnu			
	Etat :	A remplacer		1	0
	Communication :	Non			
	Usage froid :	Rafrâichissement occupants			
	Disponibilité :	Télérelevable avec ajout			
	Type de flux :	Double flux			
Localisation : Bâtiment EULER-RESTAURANT-AMPERE					
Centrale de Traitement d'Air (CTA) de soufflage - Restaurant				P	V
	Ensemble :	Traitement d'air			
	Nombre :	1			
	Marque :	France Air			
	Modèle :	Novatys ECM Néo 1000 CO ADV			
	Etat :	A ajouter		2	2
	Communication :	Non			
	Usage froid :	Rafrâichissement occupants			
	Disponibilité :	Télérelevable avec ajout			
Localisation : Bâtiment EULER-RESTAURANT-AMPERE					

5.2.2 Reportage photographique



CTA soufflage du hall du bâtiment KAHN



Régulateur CTA du hall du bâtiment KAHN



CTA de l'espace robotique du bâtiment KAHN (non fonctionnelle)



CTA de soufflage du restaurant



CTA de la salle EULER bleue



Tourelle d'extraction simple-flux

5.2.3 Evaluation de la classe du système actuel

Pilotage par la GTB	Conformité	Commentaire
Régulation de l'alimentation en air au niveau des pièces	D	<ul style="list-style-type: none"> Les volets d'air neuf sont ouverts suivant un programme horaire – Classe B. La CTA du restaurant fonctionne suivant un programme horaire modifié via la régulation interne. La CTA du hall du bâtiment KAHN fonctionne suivant un programme horaire modifié via le régulateur numérique SYNCO – Classe B. La CTA de la salle EULER bleue et la CTA de l'amphithéâtre du bâtiment KAHN sont pilotées par un interrupteur manuel – Classe D.
Régulation de la température de l'air ambiant pour tous les systèmes d'air	C	<ul style="list-style-type: none"> La température de l'air ambiant est régulée par une consigne constante pour l'ensemble des CTA.
Régulation du débit d'air extérieur	C	<ul style="list-style-type: none"> Débit d'air extérieur fixe : le système fonctionne selon un rapport d'air extérieur donné modifié manuellement
Régulation de la température de l'air introduit	C	<ul style="list-style-type: none"> Le point de consigne fixé est constant et ne peut être modifié que manuellement pour l'ensemble des CTAs du site.

5.2.4 Mise en conformité pour passage en classe C

Pour un passage en classe B, les points d'amélioration suivants sont nécessaires :

Régulation de l'alimentation en air au niveau des pièces	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place d'une détection d'occupation dans l'amphithéâtre du bâtiment KAHN et dans la salle EULER bleue afin de réguler l'alimentation en air neuf de ces pièces. Ces pièces sont occupées de manières ponctuelles, la mise en place de programme horaire pour la régulation des CTAs les desservant n'est pas pertinente.
---	---

Le chiffrage pour la mise en conformité des équipements pour la ventilation est le suivant :

Système de ventilation	Coût (€HT)
1 - Matériel de GTB (automates, passerelles et switches)	11 160 €
2 - Fournitures (Sondes de température, sondes combinées de température et d'hygrométrie, servomoteurs)	700 €
3 - Installation	5 480 €
4 - Programmation et mise en service	17 750 €
<i>Total:</i>	35 090 €

Usage	Coût de la consommation actuelle estimé	Représentation de la consommation (Après travaux)	Coût de la consommation estimé (après travaux)	Coût travaux avec aides CEE	ROI (années)
Système de ventilation	52 430 €	93%	48 766 €	35 090 €	10

5.2.5 Mise en conformité pour passage en classe B

Pour un passage en classe B, les points d'amélioration suivants sont nécessaires :

Régulation de l'alimentation en air au niveau des pièces	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place d'une détection d'occupation dans l'amphithéâtre du bâtiment KAHN et dans la salle EULER bleue afin de réguler l'alimentation en air neuf de ces pièces. Ces pièces sont occupées de manières ponctuelles, la mise en place de programme horaire pour la régulation des CTAs les desservant n'est pas pertinente.
Régulation de la température de l'air ambiant pour tous les systèmes d'air	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de sonde de température ambiante dans les pièces ventilées. Mise en place de sonde de température sur l'air soufflé et sur l'air neuf pour l'ensemble des CTAs. Mise en place d'un variateur de vitesse sur le moteur. Régulation de la température ambiante par modulation du débit d'air neuf et de la température d'eau chaude de la batterie hydraulique en fonction des besoins et de la charge de la pièce régulée.
Régulation du débit d'air extérieur	<ul style="list-style-type: none"> Programmation d'un programme horaire sur variateurs de vitesse des CTA afin de réguler et d'étagier le débit d'air extérieur.
Régulation de la température de l'air introduit	<ul style="list-style-type: none"> Programmation d'une loi d'eau sur les servomoteurs des V3V des batteries chaudes afin de réguler la consigne de soufflage.

Le chiffrage pour la mise en conformité des équipements pour la ventilation est le suivant :

Système de ventilation	Coût (€HT)
1 - Matériel de GTB	12 720 €
2 - Fournitures (Sondes de température, sondes combinées de température et d'hygrométrie, variateur triphasé pour moteur, vanne 3 voies et servomoteur)	14 040 €
3 - Installation	12 330 €
4 - Programmation et mise en service	22 200 €
<i>Total:</i>	61 290 €

Usage	Coût de la consommation actuelle estimé	Représentation de la consommation (Après travaux)	Coût de la consommation estimé (après travaux)	Coût travaux avec aides CEE	ROI (années)
Système de ventilation	52 430 €	80%	41 691 €	56 811 €	5

5.2.6 Mise en conformité pour passage en classe A

Pour un passage en classe A, les points d'amélioration suivants sont nécessaires :

Régulation de l'alimentation en air au niveau des pièces	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de sondes CO2 dans l'ensemble des locaux ventilés par les CTAs (Hall et amphithéâtre du bâtiment KAHN, restaurant et salle EULER bleue).
Régulation de la température de l'air ambiant pour tous les systèmes d'air	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de sonde de température ambiante dans les pièces ventilées. Mise en place de sonde de température et d'hygrométrie sur l'air soufflé et sur l'air neuf pour l'ensemble des CTAs. Mise en place d'un variateur de vitesse sur le moteur. Régulation de la température ambiante par modulation du débit d'air neuf et de la température d'eau chaude de la batterie hydraulique en fonction des besoins et de la charge de la pièce régulée.
Régulation du débit d'air extérieur	<ul style="list-style-type: none"> Programmation d'une régulation progressive en fonction des besoins en termes de qualité d'air (via les sondes CO2) ou en fonction de la charge de la pièce régulée (via les détecteurs d'occupation) selon l'usage de la pièce.
Régulation de la température de l'air introduit	<ul style="list-style-type: none"> Programmation d'une régulation du point de consigne variable avec compensation en fonction des besoins et de la charge des pièces régulées.

Le chiffrage pour la mise en conformité des équipements pour la ventilation est le suivant :

Système de ventilation	Coût
1 - Matériel de GTB	12 720 €
2 - Fournitures (Sondes de température et d'hygrométrie, variateur triphasé pour moteur, vannes 3 voies et servomoteur, sonde de CO2)	14 040 €
3 - Installation	12 330 €
4 - Programmation et mise en service	22 200 €
<i>Total:</i>	61 290 €

Usage	Coût de la consommation actuelle estimé	Représentation de la consommation (Après travaux)	Coût de la consommation estimé (après travaux)	Coût travaux avec aides CEE	ROI (années)
Système de ventilation	52 430 €	69%	36 385 €	61 179 €	4

5.3 Système d'eau chaude sanitaire

5.3.1 Description des installations



Le site est équipé de ballons ECS électriques permettant de couvrir les besoins des différents usages :


- Deux ballons électriques assurant la production d'ECS de la cuisine se trouvant en chaufferie
- Des ballons électriques de moyenne capacité pour les douches du site (bâtiments BOREL et AMPERE)
- Des ballons électriques de faible capacité pour certains sanitaires

Les ballons électriques de la cuisine sont pilotés par une horloge (non reliée à la GTB) et par des contacteurs. Les températures de stockage sont collectées par l'automate SAUTER de la sous-station principale.

Les différents équipements de production ECS sont décrits ci-dessous :

Performance	0	Très déperditif	1	Déperditif	2	Performant	3	Très performant
Vétusté	0	A remplacer	1	Etat d'usage	2	Bon état	3	Etat neuf

Production ECS			
Ballon électrique - Bâtiment BOREL		P	V
	Ensemble :	ECS	
	Marque :	De Dietrich	
	Modèle :	Inconnu	
	Type de ballon :	Ballon chauffe-eau ECS électrique	
	Puissance électrique unitaire :	1.8 kW	
	Etat :	A ajouter	
	Disponibilité :	Télérelevable avec ajout	
	Localisation :	Bâtiment BOREL	
Ballon électrique - Bâtiment AMPERE		P	V
	Ensemble :	ECS	
	Marque :	YGNIS	
	Modèle :	Inconnu	
	Type de ballon :	Ballon chauffe-eau ECS électrique	
	Etat :	A ajouter	
	Disponibilité :	Télérelevable avec ajout	
Ballons électriques - Restaurant		P	V
	Ensemble :	ECS	
	Modèle :	Inconnu	

Production ECS			
	Type de ballon :	Ballon chauffe-eau ECS électrique	
	Etat :	A conserver	
	Disponibilité :	Télérelevable en l'état	
	Localisation :	Bâtiment EULER-RESTAURANT-AMPERE	

Commentaire par équipement	
Ballon électrique - Bâtiment BOREL	Les douches du bâtiment BOREL sont alimentées en ECS par un ballon électrique de 150 L. Ce ballon n'est pas piloté par la GTB en place.
Ballon électrique - Bâtiment AMPERE	Les bureaux du bâtiment AMPERE ne sont plus utilisés mais des douches sont toujours présentes. L'ECS pour ces douches est produite par un ballon électrique de 516 L qui n'est pas piloté par la GTB en place.
Ballons électriques Restaurant	La production d'ECS du restaurant est assurée par deux ballons électriques. Ces ballons sont régulés par une horloge et ne sont pas pilotés par la GTB. Les températures de stockage et les températures des réseaux ECS sont remontées via les automates SAUTER.

5.3.2 Reportage photographique



Ballons électriques pour la cuisine



Horloge pour les ballons ECS de la cuisine



Ballon ECS des douches du bâtiment AMPERE



Ballon ECS des douches du bâtiment BOREL

5.3.3 Evaluation de la classe du système actuel

Pilotage par la GTB	Conformité	Commentaire
Régulation de la charge du stockage de l'ECS, si chauffage électrique intégré ou PAC électrique	D	<ul style="list-style-type: none"> Les ballons électriques assurant la production d'ECS pour la cuisine sont pilotés en mode marche/arrêt par une horloge non reliée à la GTB. Les ballons électriques restants ne sont pas régulés.
Commande des pompes de distribution dans les réseaux	D	<ul style="list-style-type: none"> La pompe de bouclage du réseau ECS de la cuisine n'est pas régulée et fonctionne en continu.

La consommation électrique liée à la production d'ECS représente 2% de la consommation totale du site. Ainsi, cette consommation étant inférieure à 5 % de la consommation totale, l'usage d'ECS n'est pas assujéti au décret BACS. Pour autant, des interventions sont tout de même préconisées afin de passer en classes supérieures.

5.3.4 Mise en conformité pour passage en classe C

Régulation de la charge du stockage de l'ECS, si chauffage électrique intégré ou PAC électrique	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de contacteur pour les ballons ECS non équipés.
Commande des pompes de distribution dans les réseaux	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place d'une pompe de bouclage à débit variable.

Comptage	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de compteurs électriques pour chaque ballon
----------	---

Système d'ECS	Coût
1 - Matériel de GTB	2 474 €
2 - Fournitures (Contacteur, sondes de température, compteurs)	4 240 €
3 - Installation	3 830 €
4 - Programmation et mise en service	10 500 €
<i>Total:</i>	21 044,07 €

Usage	Coût de la consommation actuelle estimé	Représentation de la consommation (Après travaux)	Coût de la consommation estimé (après travaux)	Coût travaux avec aides CEE	ROI (années)
Système de ventilation	9 533 €	81%	7 729 €	21 044 €	12

5.3.5 Mise en conformité pour passage en classe A/B

Pour un passage en classe A/B, les points d'amélioration suivants sont nécessaires :

Régulation de la charge du stockage de l'ECS, si chauffage électrique intégré ou PAC électrique	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de contacteur pour les ballons ECS non équipés. Mise en place de sonde de température de stockage et sur les réseaux ECS
Commande des pompes de distribution dans les réseaux	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place d'une pompe de bouclage à débit variable.

Comptage	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de compteurs électriques pour chaque ballon.
-----------------	--

Système d'ECS	Coût
1 - Matériel de GTB	3 766 €
2 - Fournitures (Contacteur, sondes de température, compteurs)	4 840 €
3 - Installation	5 190 €
4 - Programmation et mise en service	15 600 €
<i>Total:</i>	29 395,56 €

Usage	Coût de la consommation actuelle estimé	Représentation de la consommation (Après travaux)	Coût de la consommation estimé (après travaux)	Coût travaux avec aides CEE	ROI (années)
Système de ventilation	9 533 €	72%	6 870 €	29 344 €	11

5.4 Système d'Eclairage

5.4.1 Description des installations

Certaines circulations sont pilotées par des détecteurs de présence mais la majorité des pièces sont pilotées par des interrupteurs manuels. Le pilotage de l'éclairage n'est pas réalisé par la GTB en place.

Le site ne dispose pas de sous-compteur propre à l'éclairage. Une partie des tableaux divisionnaires (TD) en place ne permettent pas d'intégrer de nouveaux compteurs pour l'éclairage ni de contacteurs permettant de le piloter. Ces TDs sont vieillissants et complets. Leur remplacement sera nécessaire dans le cadre d'une mise en conformité au décret BACS.

5.4.2 Reportage photographique



Tableau divisionnaire ancien



Tableau divisionnaire récent

5.4.3 Evaluation de la classe du système actuel

Pilotage par la GTB	Conformité	Commentaire
Commande basée sur l'occupation	D	<ul style="list-style-type: none"> La majorité du site dispose d'interrupteur manuel de mise en marche/arrêt des éclairages.
Régulation de l'intensité	C	<ul style="list-style-type: none"> Aucune gradation de luminosité n'est présente.

5.4.4 Mise en conformité pour passage en classe C

Pour un passage en classe C, les points d'amélioration suivants sont nécessaires :

Commande basée sur l'occupation	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de régulateurs pour piloter les luminaires. Mise en place de contacteurs et de disjoncteurs divisionnaires pour chaque niveau de chaque bâtiment. Mise en place d'une coupure automatique de l'éclairage suivant un programme horaire. La mise en place de ces équipements nécessitera le remplacement des TDs anciens et remplis.
Comptage	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de sous-compteurs électrique par niveau pour chaque bâtiment et pour chaque zone fonctionnelle.

Le chiffrage pour la mise en conformité en classe C des équipements pour l'éclairage est donné dans le tableau suivant, les coûts de remplacement des armoires électriques est inclus dans ce chiffrage.

Système d'éclairage	Coût (€HT)
1 - Matériel de GTB (modules d'entrées/sorties)	14 700 €
2 - Fournitures (contacteurs, disjoncteurs, compteurs, armoire électrique)	19 520 €
3 - Installation	198 450 €
4 - Programmation et mise en service	26 250 €
<i>Total:</i>	258 920 €

Usage	Coût de la consommation actuelle estimé	Représentation de la consommation (Après travaux)	Coût de la consommation estimé (après travaux)	Coût travaux avec aides CEE	ROI (années)
Système d'éclairage	57 196 €	95%	54 472 €	258 920 €	95

5.4.5 Mise en conformité pour passage en classe B

Pour un passage en classe B, les points d'amélioration suivants sont nécessaires :

Commande basée sur l'occupation	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place d'une détection automatique dans les bureaux et les circulations de l'éclairage.
Régulation de l'intensité	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de sondes de luminosité dans les bureaux. Programmation d'une commutation automatique de l'éclairage lorsque l'éclairement atteint une valeur seuil.
Comptage	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de sous-compteurs électriques par niveau pour chaque bâtiment et par zone fonctionnelle.

Le chiffrage pour la mise en conformité en classe B des équipements pour l'éclairage est le suivant :

Système d'éclairage	Coût (€HT)
1 - Matériel de GTB (modules d'entrées/sorties)	174 060 €
2 - Fournitures (contacteurs, disjoncteurs, sonde de luminosité, détecteurs de présence, compteurs, armoire électrique)	129 720 €
3 - Installation	394 210 €
4 - Programmation et mise en service	609 900 €
<i>Total:</i>	1 307 890 €

Usage	Coût de la consommation actuelle estimé	Représentation de la consommation (Après travaux)	Coût de la consommation estimé (après travaux)	Coût travaux avec aides CEE	ROI (années)
Système d'éclairage	57 196 €	75%	42 761 €	1 297 361 €	90

5.4.6 Mise en conformité pour passage en classe A

Pour un passage en classe A, les points d'amélioration suivants sont nécessaires :

Commande basée sur l'occupation	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place d'une détection automatique dans les bureaux et les circulations de l'éclairage.
Régulation de l'intensité	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de sondes de luminosité dans les bureaux. Programmation d'une modulation automatique et progressive de l'intensité lumineuse en fonction du niveau d'éclairement mesuré par la sonde de luminosité.
Comptage	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de sous-compteurs électrique par niveau pour chaque bâtiment

Le chiffrage pour la mise en conformité en classe A des équipements pour l'éclairage est le suivant :

Système d'éclairage	Coût (€HT)
1 – Matériel de GTB (modules d'entrées/sorties)	212 960 €
2 – Fournitures (contacteurs, disjoncteurs, sonde de luminosité, détecteurs de présence, compteurs, armoire électrique)	129 720 €
3 – Installation	412 940 €
4 – Programmation et mise en service	735 150 €
<i>Total:</i>	1 490 770 €

Usage	Coût de la consommation actuelle estimé	Représentation de la consommation (Après travaux)	Coût de la consommation estimé (après travaux)	Coût travaux avec aides CEE	ROI (années)
Système d'éclairage	57 196 €	69%	39 220 €	1 470 766 €	82

5.5 Système de refroidissement


5.5.1 Description des installations

La production de froid sur le site est assurée par différents systèmes :

- Pour le confort des usagers :
 - o Les PACs air/eau principales et des bâtiments KAHN et BRON sont réversibles et permettent également de rafraîchir les bureaux. Les ventilo-convecteurs sont en 2 tubes réversibles et permettent également le rafraîchissement des pièces.
- Pour le refroidissement des locaux techniques/salles serveurs :
 - o Deux groupes froids permettent de refroidir le Data Center
 - o Les différents locaux techniques (baies de brassage, locaux TGBT, locaux onduleurs...) sont refroidis par des unités de climatisation.

Les systèmes de refroidissement des locaux techniques/salles serveur (groupes froids et unités de climatisation) ne sont pas pilotés par la GTB. Aucune régulation automatique ne leur est imposée et la température de consigne est modifiée manuellement.

Le plan de comptage actuel permet de sous-compter les consommations des groupes froids du Data Center.

Armoire de climatisation (réfrigération)		P	V
	Ensemble :	Production de froid	
	Nombre :	3	
	Marque :	EMERSON	
	Modèle :	HPM L90 UC	
	Etat :	A ajouter	
	Communication :	Non	
	Puissance équipement :	61,3	
	Usage froid :	Refroidissement matériel	
	Disponibilité :	Télérelevable avec ajout	
	Localisation :	Bâtiment CAUCHY	
		2	1
Armoire de climatisation (réfrigération)		P	V
-	Ensemble :	Production de froid	
	Nombre :	2	
	Marque :	EMERSON	
	Modèle :	S 18 UC	
	Etat :	A ajouter	
	Communication :	Non	
	Puissance équipement :	19,1	
	Usage froid :	Refroidissement matériel	
	Disponibilité :	Télérelevable avec ajout	
	Localisation :	Bâtiment CAUCHY	
		2	1
Groupes Froids (réfrigération)		P	V
	Ensemble :	Production de froid	
	Nombre :	2	
	Marque :	TRANE	
		2	1

	Modèle :	CGAN 600 SUPER QUIET		
	Etat :	A ajouter		
	Communication :	Non		
	Puissance équipement :	150,3		
	Usage froid :	Refroidissement matériel		
	Disponibilité :	Télérelevable avec ajout		
Localisation : Bâtiment CAUCHY				
Pompe à chaleur Air/Eau réversible - Bâtiment BRYON			P	V
	Ensemble :	Production de chaleur		
	Nombre :	1		
	Marque :	Aermec		
	Modèle :	NRC0650		
	Etat :	A ajouter	2	1
	Communication :	Modbus TCP/IP		
	Puissance équipement :	155 kW		
	Usage froid :	Rafrâchissement/confort		
	Disponibilité :	Télérelevable avec ajout		
Localisation : Bâtiment BYRON				
Pompe à chaleur Air/Eau réversible – Bâtiment KAHN			P	V
	Ensemble :	Production de chaleur		
	Nombre :	1		
	Marque :	Aermec		
	Modèle :	NRA550		
	Etat :	A ajouter	2	1
	Communication :	Modbus TCP/IP		
	Puissance équipement :	112 kW		
	Usage froid :	Rafrâchissement/confort		
	Disponibilité :	Télérelevable avec ajout		
Localisation : Bâtiment KAHN				
Pompes à chaleur Air/Eau réversible principales			P	V
	Ensemble :	Production de chaleur		
	Nombre :	2		
	Marque :	Carrier		
	Modèle :	30RQP-330-0012-PE		
	Etat :	A ajouter	2	1
	Communication :	BACnet TCP/IP		
	Puissance équipement :	357.5		
	Usage froid :	Rafrâchissement/confort		
	Disponibilité :	Télérelevable avec ajout		
Localisation : Bâtiment EULER-RESTAURANT-AMPERE				

5.5.2 Reportage photographique



Pompes à chaleur air/eau réversibles principales



Unités extérieures de climatisation pour les onduleurs



Armoires de climatisation du Data Center



Groupeurs froids du Data Center



PAC air/eau réversible du bâtiment BYRON



PAC air/eau réversible du bâtiment KAHN

5.5.3 Evaluation de la classe du système actuel

Pilotage par la GTB	Conformité	Commentaire
Régulation de l'émission	C	<ul style="list-style-type: none"> Les ventilo-convecteurs sont pilotés par une mise en marche/arrêt via des programmes horaires. Ils ne disposent que d'une régulation terminale manuelle.
Régulation de la température de l'eau glacée du réseau de distribution	D	<ul style="list-style-type: none"> Régulation de température constante pour les réseaux secondaires de froid (réseaux de rafraîchissement des bureaux et réseaux de refroidissement du Data Center).
Commande des pompes de distribution dans les réseaux	D	<ul style="list-style-type: none"> Les pompes de la sous-station principale sont à débit variable. Elles sont pilotées par une horloge non reliée à la GTB en mode marche/arrêt. Les pompes des sous-station secondaires sont majoritairement à débit constant et ne sont pas pilotées. Les pompes du réseau d'eau glacée pour le refroidissement du Data Center sont à débit constant et ne sont pas pilotées.
Équilibrage hydronique du système de distribution de froid	D	<ul style="list-style-type: none"> Équilibrage statique de chaque émetteur et équilibrage statique du groupe (par exemple avec un robinet d'équilibrage)
Régulation par intermittence de l'émission et/ou de la distribution	C	<ul style="list-style-type: none"> Régulation avec mise en marche/arrêt des ventilo-convecteurs par programme fixe.
Régulation de générateurs pour le refroidissement (le but est une T° départ eau réfrigérée la plus élevée possible)	D	<ul style="list-style-type: none"> La température des primaires des PACs assurant le rafraîchissement des bureaux est calculée en fonction de la température extérieure. La température en sortie des groupes froids assurant le refroidissement du Data Center est constante.
Régulation du fonctionnement du stockage de l'énergie thermique	D	<ul style="list-style-type: none"> Le stockage de froid sur le réseau de refroidissement du Data center se fait en continu.

5.5.4 Mise en conformité pour passer en classe C

Pour un passage en classe C, les points d'amélioration suivants sont nécessaires :

Régulation de la température de l'eau glacée du réseau de distribution	<ul style="list-style-type: none"> • Régulation des départs de d'eau glacée pour le refroidissement du Data Center. • Mise en place de sondes de température sur les réseaux aller et retour du réseau d'EG pour le refroidissement du Data Center • Pilotage de la température des réseaux par action sur le servomoteur de la V3V.
Commande des pompes de distribution dans les réseaux	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de pompes à débit variable déjà prévue et chiffrée pour le chauffage. • Mise en place de pompes à débit variable pour le réseau de refroidissement du Data Center.
Equilibrage hydronique du système de distribution de froid	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de régulateurs de pression différentielles déjà chiffrée pour le chauffage • Mise en place de régulateurs de pression différentielles sur les départs des réseaux de froid du Data Center.
Régulation de générateurs pour le refroidissement (le but est une T° départ eau réfrigérée la plus élevée possible)	<ul style="list-style-type: none"> • Régulation de la température de sortie des groupes froids en fonction de la température extérieure. Programmation des équipements.
Régulation du fonctionnement du stockage de l'énergie thermique	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de sondes de température en amont et en aval des ballons de stockage du réseau de refroidissement du Data Center.

Le chiffrage pour la mise en conformité des équipements pour le refroidissement/rafraîchissement est le suivant :

Système de refroidissement/rafraîchissement	Coût
1 – Matériel de GTB (automates)	3 800 €
2 – Fournitures (régulateurs de pressions différentielles, sondes de température, V2V)	9 740 €
3 – Installation	6 760 €
4 – Programmation et mise en service	13 950 €
<i>Total:</i>	34 250 €

Usage	Coût de la consommation actuelle estimé	Représentation de la consommation (Après travaux)	Coût de la consommation estimé (après travaux)	Coût travaux	ROI (années)
Système de refroidissement	61 962 €	69%	42 776 €	34 250 €	2

5.5.5 Mise en conformité pour passage en classe B

Pour un passage en classe B, les points d'amélioration suivants sont nécessaires :

Régulation de l'émission	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de thermostat d'ambiance programmable dans chaque pièce refroidies et rafraîchies (déjà prévu et chiffré pour le chauffage). Mise en place de régulateurs communicants et régulation des thermostats par la GTB (déjà prévue et chiffrée pour le chauffage).
Régulation de la température de l'eau glacée du réseau de distribution	<ul style="list-style-type: none"> Régulation des départs de froid pour le Data Center Mise en place de sondes de température sur les réseaux aller et retour du réseau de refroidissement du Data Center. Pilotage de la température des réseaux par action sur le servomoteur de la V3V. Programmation d'une régulation en fonction de la température extérieure et de la température ambiante.
Commande des pompes de distribution dans les réseaux	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de pompes à débit variable déjà prévue et chiffrée pour le chauffage Mise en place de pompes à débit variable pour le réseau de refroidissement du Data Center
Equilibrage hydronique du système de distribution de froid	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de régulateurs de pression différentielle sur l'ensemble des ventilo-convecteurs du site (rafraîchissement et refroidissement).
Régulation par intermittence l'émission et/ou de la distribution	<ul style="list-style-type: none"> Programmation d'une régulation prenant en compte l'inertie du bâtiment afin d'optimiser la mise en marche/arrêt des équipements.
Régulation de générateurs pour le refroidissement (le but est une T° départ eau réfrigérée la plus élevée possible)	<ul style="list-style-type: none"> Régulation de la température de sortie des groupes froids en fonction de la température extérieure. Programmation des équipements.
Régulation du fonctionnement du stockage de l'énergie thermique	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de sondes de température en amont et en aval des ballons de stockage. Programmation d'une régulation du stockage en fonction de la prédiction des charges.

Le chiffrage pour la mise en conformité des équipements pour le refroidissement/rafraîchissement est le suivant :

Système de refroidissement/rafraîchissement	Coût
1 – Matériel de GTB	3 810 €
2 – Fournitures (régulateurs de pressions différentielles, pompes à débit variable, sondes de température)	246 620 €
3 – Installation	184 080 €
4 – Programmation et mise en service	13 950 €
<i>Total:</i>	448 460 €

Usage	Coût de la consommation actuelle estimé	Représentation de la consommation (Après travaux)	Coût de la consommation estimé (après travaux)	Coût travaux avec aides CEE	ROI (années)
Système de refroidissement	61 962 €	45%	27 993 €	434 773 €	13

5.5.6 Mise en conformité pour passage en classe A

Pour un passage en classe A, les points d'amélioration suivants sont nécessaires :

Régulation de l'émission	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de thermostat d'ambiance programmable dans chaque pièce refroidies et rafraîchies (déjà prévue et chiffrée pour le chauffage). • Mise en place de régulateurs communicants et régulation des thermostats par la GTB déjà prévue et chiffrée pour le chauffage. • Mise en place de détecteurs d'occupation déjà prévue et chiffrée pour le chauffage.
Régulation de la température de l'eau glacée du réseau de distribution	<ul style="list-style-type: none"> • Régulation des départs de froid pour le Data Center. • Mise en place de sondes de température sur les réseaux aller et retour d'eau glacée du Data Center. • Pilotage de la température des réseaux par action sur le servomoteur de la V3V. • Programmation d'une régulation en fonction de la température extérieure, de la température ambiante.
Commande des pompes de distribution dans les réseaux	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de pompes à débit variable déjà prévue et chiffrée pour le chauffage. • Mise en place de pompes à débit variable pour les réseaux de refroidissement du Data Center.
Equilibrage hydronique du système de distribution de froid	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de régulateurs de pression différentielle sur l'ensemble des ventilo-convecteurs des bureaux déjà prévue et chiffrée pour le chauffage. • Mise en place de régulateurs de pression différentielle sur l'ensemble des armoires de climatisations du Data Center.
Régulation par intermittence l'émission et/ou de la distribution	<ul style="list-style-type: none"> • Programmation d'un planning prenant en compte les besoins (via la température ambiante) et la charge des pièces régulées.
Régulation de générateurs pour le refroidissement (le but est une T° départ eau réfrigérée la plus élevée possible)	<ul style="list-style-type: none"> • Régulation des PACs réversibles en mode froid en fonction des besoins et de la charge. • Régulation de la température de sortie des groupes froids en fonction de la charge. Programmation des équipements.
Régulation du fonctionnement du stockage de l'énergie thermique	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de sondes de température en amont et en aval des ballons de stockage. • Programmation d'une régulation du stockage en fonction de la prédiction des charges.

Le chiffrage pour la mise en conformité des équipements pour le refroidissement/rafraîchissement est le suivant :

Système de refroidissement/rafraîchissement	Coût (€HT)
1 - Matériel de GTB	3 770 €
2 - Fournitures (pompes double à débit variable, sondes de température, régulateurs de pressions différentielles)	11 840 €
3 - Installation	8 330 €
4 - Programmation et mise en service	13 950 €
<i>Total:</i>	37 890 €

Usage	Coût de la consommation actuelle estimé	Représentation de la consommation (Après travaux)	Coût de la consommation estimé (après travaux)	Coût travaux avec aides CEE	ROI (années)
Système de refroidissement	61 962 €	41%	25 099 €	10 516 €	0,3

Le temps de retour est faible car l'installation de froid desservant la majorité du site est également utilisée pour le chauffage. Le chiffrage de certaines interventions a été effectué uniquement dans la partie chauffage.

5.6 Système de supervision

5.6.1 Description des installations

Le site est équipé de deux supervisions :

- Une supervision SAUTER intégrée avec les automates SAUTER qui permet de remonter les informations des sondes de températures et des compteurs. Une action de marche/arrêt sur les pompes est possible.
- Une supervision PANORAMA qui permet de reprendre les informations des automates SAUTER mais également de piloter les ventilo-convecteurs, les PACs des bâtiments BYRON et KAHN ainsi que les prises de courant non-ondulées par des programmes horaires.

5.6.2 Evaluation de la classe du système actuel

Pilotage par la GTB	Conformité	Commentaire
Gestion des points de consigne	C	<ul style="list-style-type: none"> Seul le chauffage et le refroidissement des bureaux est piloté par la GTB. Les CTAs sont pilotées par des régulateurs présents dans les armoires électriques ou intégrés.
Gestion des temps de fonctionnement	C	<ul style="list-style-type: none"> Les ventilo-convecteurs, les PACs des bâtiments BYRON et KAHN sont pilotés par des programmes horaires. Les PACs principales disposent d'un programme horaire lié à la régulation interne.
Détection des défauts de systèmes techniques du bâtiment et aide au diagnostic de ces études	D	<ul style="list-style-type: none"> Aucune indication centralisée des défauts et des alarmes pour les CTA.
Compte-rendu des informations concernant la consommation énergétique et les conditions intérieures	B	<ul style="list-style-type: none"> Avec fonctions d'analyse et de tendances et détermination de la consommation.

5.6.3 Mise en conformité pour passage en classe C

Pour un passage en classe C, les points d'amélioration suivants sont nécessaires :

Détection des défauts de systèmes techniques du bâtiment et aide au diagnostic de ces études	<ul style="list-style-type: none"> Raccordement des CTA à la GTB afin de remonter leur défauts et les alarmes associées.
---	---

5.6.4 Mise en conformité pour passage en classe B

Pour un passage en classe B, les points d'amélioration suivants sont nécessaires :

Gestion des points de consigne	<ul style="list-style-type: none"> Adaptation de la gestion des consignes à partir d'une pièce centrale. Mise en place d'une supervision pour l'ensemble du site permettant de piloter les systèmes.
Gestion des temps de fonctionnement	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place d'un programme horaire à partir d'une pièce centrale pour la mise en marche/arrêt des installations.
Détection des défauts de systèmes techniques du bâtiment et aide au diagnostic de ces études	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place d'une indication centralisée des défauts et alarmes avec fonctions de diagnostic.

5.6.5 Mise en conformité pour passage en classe A

Pour un passage en classe A, les points d'amélioration suivants sont nécessaires :

Gestion des points de consigne	<ul style="list-style-type: none"> Adaptation de la gestion des consignes à partir d'une pièce centrale avec rétroaction fréquentes des entrées. Mise en place d'une supervision pour l'ensemble du site permettant de piloter les systèmes.
Gestion des temps de fonctionnement	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place d'un programme horaire à partir d'une pièce centrale pour la mise en marche/arrêt des installations.
Détection des défauts de systèmes techniques du bâtiment et aide au diagnostic de ces études	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place d'une indication centralisée des défauts et alarmes avec fonctions de diagnostic.
Compte-rendu des informations concernant la consommation énergétique et les conditions intérieures	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de fonctions d'analyse et d'évaluation de la performance du bâtiment et étalonnage de l'environnement intérieur et de l'énergie.

Le chiffrage réalisé est intégré au chiffrage des postes de consommation suivant un ratio au nombre de points.

5.7 Plan de comptage

5.7.1 Description des installations

Le site est équipé d'un plan de comptage électrique qui permet de sous-compter principalement les prises de courant pour chaque bâtiment ainsi que les consommations des équipements CVC (pompes à chaleur, groupes froid, CTA). L'éclairage et l'ECS ne sont pas sous-comptés.



Sous-compteur électrique CTA






Sous-compteur électrique PAC

5.7.2 Proposition d'un plan de comptage













Le décret BACS impose de pouvoir compter énergétiquement chaque usage par zone fonctionnelle. La mise en place de sous-compteurs électriques permettant de différencier les usages d'éclairage, de production ECS, de ventilation et de production de chaud et de froid est soumise au décret BACS.

Le décret impose également la mise en place de compteurs thermiques pour chaque départ de chauffage/froid.

En revanche, la mise en place de compteur sur l'eau froide n'est pas soumise au décret BACS.

Légende :					
	Compteur concessionnaire existant		Sous-compteur existant		Sous-compteur à poser en vue d'une maîtrise complète des consommations d'énergie du site

Compteurs électriques :

BÂTIMENT	Compteur général électrique : 	TGBT 1/2		
		Sous-compteur 1 :	PAC principale 1	
		Sous-compteur 2 :	PAC principale 1	
		Sous-compteur 3 :	PAC du bâtiment KAHN	
		Sous-compteur 4 :	PAC du bâtiment BYRON	
		Sous-compteur 5 :	CTA hall du bâtiment KAHN	
		Sous-compteur 6 :	CTA amphithéâtre du bâtiment KAHN	
		Sous-compteur 7 :	CTA restaurant	
		Sous-compteurs 8 :	CTA salle EULER bleue	
		Sous-compteurs 9 :	Groupe froid 1	
		Sous-compteur 10 :	Groupe froid 2	

		Sous-compteur 11 :	Armoires d'Eau Glacée du bâtiment CAUCHY	e
		Sous-compteur 12 :	Climatisation du bâtiment CAUCHY	e
		Sous-compteur 13 : (un par TD)	Serveurs 1 à 6 du bâtiment CAUCHY	e
		Sous-compteur 14 : (un par bâtiment)	Prise de courant normal	e
		Sous-compteurs 15 : (un par bâtiment)	Prise de courant ondulée	e
		Sous-compteur 16 :	Pompes de circulation	e
		Sous-compteurs 17 : (un compteur par TD)	Eclairage – Zone administrative	S
		Sous-compteurs 18 : (un compteur par TD)	Eclairage – Zone de recherche	S
		Sous-compteurs 19 : (un compteur par TD)	Eclairage – Zone de restauration	S
		Sous-compteurs 20 : (un compteur par TD)	Ventilo-convecteurs	S
		Sous-compteur 21 :	Système VRV salle EULER violet	S
		Sous-compteurs 22 : (un par équipement)	Ballons ECS	S

Légende :

c	Compteur concessionnaire existant	e	Sous-compteur existant	S	Sous-compteur à poser en vue d'une maîtrise complète des consommations d'énergie du site
---	-----------------------------------	---	------------------------	---	--

Compteurs thermiques :

Chauf fage		PAC principales 1 et 2	
---------------	--	------------------------	--

		Départ 1 :	Vers EULER, AMPERE, RESTAURANT, DESCARTES, LAGRANGE, CAUCHY, CTA	(S)
		Départ 2 :	Vers FERMAT, GALLOIS, BOREL	(S)
		PAC du bâtiment KAHN		
		Départ 1 :	Vers panneaux de sol	(S)
		Départ 2 :	Vers UTA et Ventilo-convecteurs	(S)
		PAC du bâtiment BYRON		
		Départ 1 :	Vers BYRON	(S)
		Batteries hydrauliques des CTA double-flux		
		Compteurs calories : (un par équipement)	CTA – Batteries chaudes	(S)
Refroidissement		Groupes froids 1 et 2 (un par équipement)		
		Départ 1 :	Vers armoires d'eau glacées – local C07	(S)
		Départ 2 :	Vers armoires d'eau glacées – local C023	(S)
		Départ 3 :	Vers clusters	(S)

Le comptage soumis au décret BACS a été chiffré précédemment pour chaque poste de consommation.

6 SYNTHÈSE DES ESTIMATIONS FINANCIÈRES

Pour un passage en classe C, la synthèse des estimations financières est la suivante :

Usage	Coût de la consommation actuel estimé	Représentation de la consommation (Après travaux)	Coût de la consommation estimé (après travaux)	Coût travaux ¹	ROI (années)
Système de chauffage	152 523 €	88%	134 135 €	75 950 €	4
Système de refroidissement	61 962 €	69%	42 776 €	34 250 €	2
Système de ventilation	52 430 €	93%	48 766 €	35 090 €	10
Système d'éclairage	57 196 €	95%	54 472 €	258 920 €	95
Système d'eau chaude sanitaire	9 533 €	81%	7 729 €	21 044 €	12
TOTAL	333 643 €	86%	287 878 €	425 254 €	9

Pour un passage en classe B, la synthèse des estimations financières est la suivante :

Usage	Coût de la consommation actuel estimé	Représentation de la consommation (Après travaux)	Coût de la consommation estimé (après travaux)	Coût travaux avec aides CEE	ROI (années)
Système de chauffage	152 523 €	68%	103 553 €	833 044 €	17
Système de refroidissement	61 962 €	45%	27 993 €	434 773 €	13
Système de ventilation	52 430 €	80%	41 691 €	56 811 €	5
Système d'éclairage	57 196 €	75%	42 761 €	1 297 361 €	90
Système d'eau chaude sanitaire	9 533 €	72%	6 870 €	29 370 €	11
TOTAL	333 643 €	67%	222 868 €	2 651 360 €	24

¹ Le passage en classe C ne permet pas d'obtenir des CEE

Pour un passage en classe A, la synthèse des estimations financières est la suivante :

Usage	Coût de la consommation actuel estimé	Représentation de la consommation (Après travaux)	Coût de la consommation estimé (après travaux)	Coût travaux avec aides CEE	ROI (années)
Système de chauffage	152 523 €	62%	94 843 €	1 494 116 €	26
Système de refroidissement	61 962 €	41%	25 099 €	10 516 €	0,3
Système de ventilation	52 430 €	69%	36 385 €	61 179 €	4
Système d'éclairage	57 196 €	69%	39 220 €	1 470 766 €	82
Système d'eau chaude sanitaire	9 533 €	72%	6 870 €	29 344 €	11
TOTAL	333 643 €	61%	202 418 €	3 065 920 €	23

La majorité des travaux liés au rafraîchissement des bureaux est couplé et chiffré avec les travaux liés au chauffage (travaux mutualisé) ce qui explique le TRI intéressant sur l'usage de refroidissement.

7 ANNEXES

7.1 Annexe n°1_Fichier d'évaluation de classe GTB_INRIA Sophia Antipolis

7.2 Annexe n°2_Guide du Décret BACS_INRIA