



**Centre INRIA de l'Université Grenoble Alpes**

---

*665 avenue de l'Europe, Montbonnot-Saint-Martin*

AUDIT DECRET BACS

V1 - Date de diffusion 27/05/2024

---



**Audit Décret BACS du Centre Inria de  
l'Université Grenoble Alpes**

## 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	27/05/2024	Version initiale	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

<b>1</b>	<b>PRESENTATION DU SITE</b>	<b>5</b>
1.1	CONTEXTE	5
1.2	VUE AERIENNE	5
1.3	PRESENTATION DU BATIMENT	6
1.3.1	CENTRE INRIA DE L'UNIVERSITE DE GRENOBLE ALPES	6
1.4	DOCUMENTS MOA	6
<b>2</b>	<b>DECRÊTS ÉNERGÉTIQUES</b>	<b>7</b>
2.1	DECRET TERTIAIRE	7
2.1.1	CONTEXTE ET OBJECTIFS	7
2.1.2	CHAMP D'APPLICATION	7
2.1.3	PRINCIPALES MESURES	7
2.2	DECRET BACS	8
2.2.1	CONTEXTE ET OBJECTIF DE LA NORME	8
2.2.2	OBJECTIFS DES BACS	8
2.2.3	CHAMP D'APPLICATION	9
2.3	FINANCEMENT D'UNE GTB	9
2.3.1	CERTIFICATS D'ECONOMIE D'ENERGIE	9
<b>3</b>	<b>GENERALITES</b>	<b>11</b>
3.1	COMPOSANTS MATERIELS	11
3.1.1	APPAREILS DE REGULATION	11
3.1.2	APPAREILS DE TERRAIN	11
3.2	FONCTION TYPES	11
<b>4</b>	<b>TYPES DE CLASSES DE GTB</b>	<b>14</b>
4.1	CLASSES A, B, C ET D SELON LA NORME NF-ISO-25120-1	14
4.2	EXEMPLES DE FONCTIONS MINIMUM POUR LE SYSTEME BACS	15
4.2.1	CHAUFFAGE	15
4.2.2	EAU CHAUDE SANITAIRE	15
4.2.3	CLIMATISATION	16
4.2.4	VENTILATION	16
4.2.5	ECLAIRAGE	16
4.2.6	STORES	16
4.2.7	GESTION TECHNIQUE DES INSTALLATIONS	16
<b>5</b>	<b>DESCRIPTION DES INSTALLATIONS ET SCENARIO ASSOCIÉ</b>	<b>17</b>
5.1	SYSTEME DE CHAUFFAGE	19
5.1.1	DESCRIPTION DES INSTALLATIONS	19
5.1.2	REPORTAGE PHOTOGRAPHIQUE	22
5.1.3	EVALUATION DE LA CLASSE DU SYSTEME ACTUEL	24
5.1.4	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE C	25
5.1.5	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE B	26
5.1.6	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE A	27
5.2	SYSTEME DE VENTILATION	29
5.2.1	DESCRIPTION DES INSTALLATIONS	29

5.2.2	REPORTAGE PHOTOGRAPHIQUE	33
5.2.3	EVALUATION DE LA CLASSE DU SYSTEME ACTUEL	34
5.2.4	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE C	35
5.2.5	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE B	36
5.2.6	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE A	37
5.3	SYSTEME D'EAU CHAUDE SANITAIRE	39
5.3.1	DESCRIPTION DES INSTALLATIONS	39
5.3.2	REPORTAGE PHOTOGRAPHIQUE	39
5.3.3	PROPOSITION D'INTERVENTIONS POUR PASSAGE EN CLASSE C	40
5.3.4	PROPOSITION D'INTERVENTIONS POUR PASSAGE EN CLASSE A	41
5.4	SYSTEME D'ECLAIRAGE	42
5.4.1	DESCRIPTION DES INSTALLATIONS	42
5.4.2	REPORTAGE PHOTOGRAPHIQUE	42
5.4.3	EVALUATION DE LA CLASSE DU SYSTEME ACTUEL	42
5.4.4	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE C	43
5.4.5	PROPOSITION D'INTERVENTIONS POUR PASSAGE DE LA SUPERVISION EN CLASSE B ET A	44
5.5	SYSTEME DE REFROIDISSEMENT	45
5.5.1	DESCRIPTION DES INSTALLATIONS	45
5.5.2	REPORTAGE PHOTOGRAPHIQUE	46
5.5.3	EVALUATION DE LA CLASSE DU SYSTEME ACTUEL	47
5.5.4	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE C	48
5.5.5	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE B	49
5.5.7	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE A	51
5.6	SYSTEME DE SUPERVISION	53
5.6.1	DESCRIPTION DES INSTALLATIONS	53
5.6.2	EVALUATION DE LA CLASSE DU SYSTEME ACTUEL	53
5.6.3	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE B	54
5.6.4	MISE EN CONFORMITE POUR PASSAGE EN CLASSE A	54
5.7	PLAN DE COMPTAGE	55
5.7.1	DESCRIPTION DES INSTALLATIONS	55
5.7.2	PROPOSITION D'UN PLAN DE COMPTAGE	55
5.8	SYNTHESE DES ESTIMATIONS FINANCIERES	59
<b>6</b>	<b>ANNEXES</b>	<b>62</b>
6.1	ANNEXE N°1_FICHER D'EVALUATION DE CLASSE GTB_INRIA GRENOBLE	62
6.2	ANNEXE N°2_GUIDE DU DECRET BACS_INRIA	62

## 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 Grenoble Alpes.

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 1 000 kW et d'une production de froid de 1 267 kW. Il est donc assujéti 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 du bâtiment

### 1.3.1 Centre Inria de l'Université de Grenoble Alpes

Le site de l'INRIA de l'université Grenoble Alpes, situé à Montbonnot-Saint-Martin, comporte 1 bâtiment divisé en 10 ailes pour une surface de plancher totale de 11 161 m<sup>2</sup> :

Le bâtiment a été construit de 1995 à 2009 en 4 tranches différentes venant agrandir le site en y ajoutant les ailes.



*Centre INRIA de l'université Grenoble Alpes*

## 1.4 Documents MOA

DOCUMENTS		FORMAT
Plans et surfaces	> Plans des niveaux	DWG
Divers	> Analyse fonctionnelle de la GTB en place > Carnet de santé du site > Plan de comptage > Liste des automates > Consommations des années 2018 à 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<sup>er</sup> octobre 2019. Il impose aux propriétaires de bâtiments tertiaires de plus de 1 000 m<sup>2</sup> 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

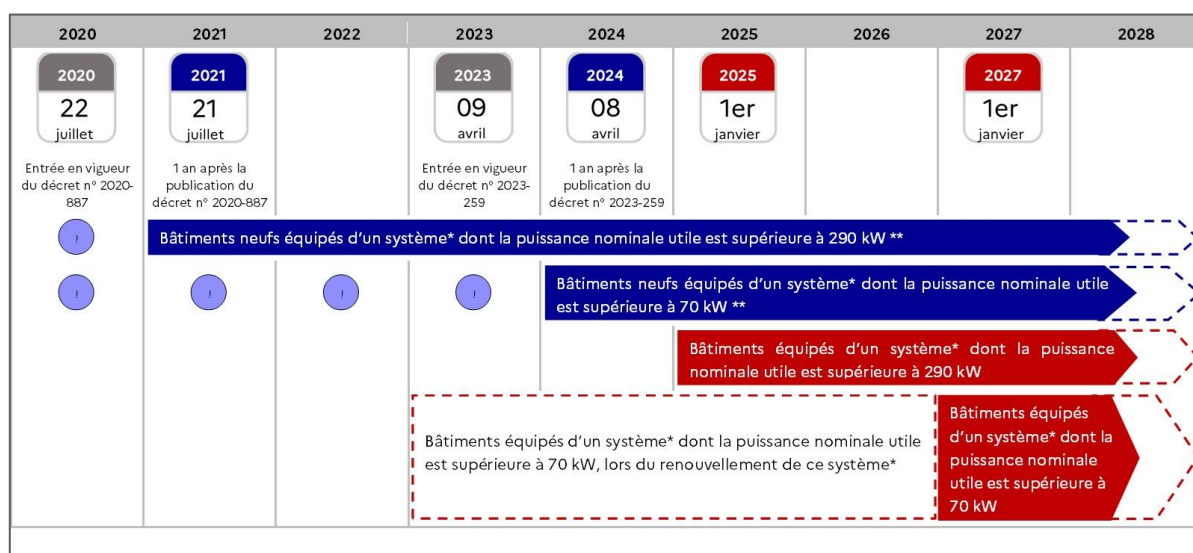
### 2.2.1 Contexte et objectif de la norme

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<sup>er</sup> 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.

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

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 ;
- Cénérgie : 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 Electricité (kWh)	1 095 593	965 363
Coût unitaire Electricité (c€/kWh)	13	22
Consommations Gaz (kWh)	814 410	532 546
Coût unitaire Gaz (c€/kWh)	7	15

La consommation retenue d'électricité est de 1 030 478 kWh EF et celle de gaz est de 673 478 kWh EF. Les coûts retenus sont de 22 c€/kWh EF pour l'électricité et de 15 c€/kWh EF pour le gaz.

**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 existant :**

- 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 neuf :**

- 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.  (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

La production de chaleur est assurée par deux chaudières gaz à condensation Viessmann Vitocrossal 200 de type CM2 de 500 kW chacune. Ces deux chaudières sont installées et pilotées en cascade. Elles alimentent trois départs :

- Un départ constant vers les Centrales de Traitement de l'Air avec un circulateur double à débit variable,
- Un départ régulé vers les ventilo-convecteurs des bureaux et radiateurs des circulations avec un circulateur double à débit variable,
- Un départ régulé vers le plancher-chauffant de la zone ERP avec un circulateur double à débit variable

L'ensemble des circulations est chauffé par des radiateurs aciers équipés de robinets thermostatiques. Les bureaux, salles de réunions et autres locaux sont chauffés et refroidis par des ventilo-convecteurs 4 tubes pilotés par des thermostats d'ambiance permettant une relance du chauffage via un bouton. Certaines pièces sont ventilées et chauffées par des CTAs double-flux avec batterie hydraulique. Ces pièces ne disposent pas de régulation terminale. Les pièces desservies par les CTAs sont détaillées dans la partie ventilation. Le hall d'entrée est chauffé par un plancher chauffant régulé suivant une loi d'eau en fonction de la température extérieure et par un programme horaire dans lequel la pompe de circulation du départ spécifique au plancher chauffant est régulièrement mis hors-tension.

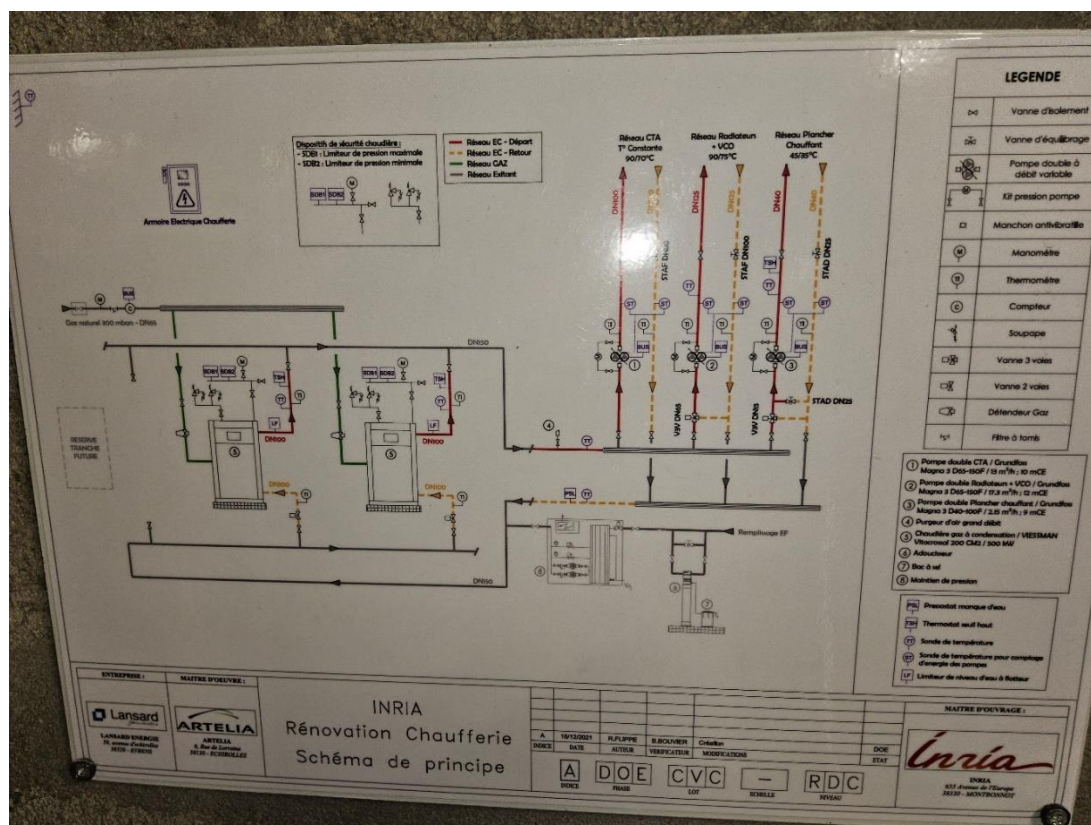


Schéma de principe de la chaufferie du bâtiment située en toiture

Les deux chaudières sont pilotées en cascade par un automate SAUTER EY-AS525F001 communiquant en BACnet TCP/IP. Une température de cascade est imposée et calculée à partir de la température de départ du réseau le plus demandeur à laquelle est ajoutée un différentiel de température modifiable et imposé à 2 °C. Les températures des départs régulés sont modulées en fonction de la température extérieure par une loi d'eau imposée sur la V3V. Un programme horaire est également appliqué aux circulateurs à débit variable qui sont communicants et permettent de remonter les températures de départ et de retour des réseaux hydrauliques.

Une période de préchauffage est appliquée aux ventilo-convecteurs. Chaque ventilo-convecteur est piloté par un régulateur SAUTER ECOS 311 communiquant en BACnet MS/TP. Une passerelle LOYTEC LIP-ME201C permettant de convertir le protocole de communication des régulateurs vers les automates (en BACnet TCP/IP) est installée pour chaque aile. Les ventilo-convecteurs sont pilotés par un programme horaire inoccupation/occupation et par un mode confort activé lorsque le bouton de relance manuel des thermostats d'ambiance est enclenché. Ces ventilo-convecteurs sont régulés par une consigne sur la température d'ambiance (consigne chaude et consigne froide) et en fonction du mode d'occupation indiqué.

Au total, un automate est installé pour la régulation des chaudières et 290 régulateurs sont installés pour la régulation des ventilo-convecteurs (un régulateur par ventilo-convecteur).

Le plan de comptage actuel permet de compter les calories de chaque départ en chaufferie.


Le sous-comptage électrique ne permet pas de dissocier la consommation des ventilo-convecteurs ou des organes de production.




Un compteur de gaz communicant est installé.

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			
Chaudière gaz à condensation		P	V
	Ensemble :	Production de chaleur	
	Type de chaudière :	Chaudière brûleur modulant analogique	
	Marque :	VIESSMANN	
	Modèle :	Vitocrossal 200	
	Nombre :	2	
	Etat :	A conserver	
	Type de signal :	0-10V	
	Communication :	BACnet TCP/IP	
	Puissance équipement :	500 kW	
	Usage chaud :	Chauffage	
	Combustible chaudière :	Gaz	
	Disponibilité :	Télérelevable en l'état	
Localisation :		Chaufferie	

Emission de chaleur			
Ventilo-convecteurs 4 tubes		P	V
	Ensemble :	Production de chaleur	
	Type d'aérotherme :	Aérotherme eau chaude communicant	
	Nombre :	290	
	Etat :	A conserver	
	Communication :	BACnet MS/TP	
	Disponibilité :	Télérelevable en l'état	
Localisation :		Bureaux	

## 5.1.2 Reportage photographique



*Chaudières gaz à condensation*



*Départ constant vers CTA*



*Départ régulé vers ventilo-convecteurs/plancher chauffant*



*Automates des chaudières*



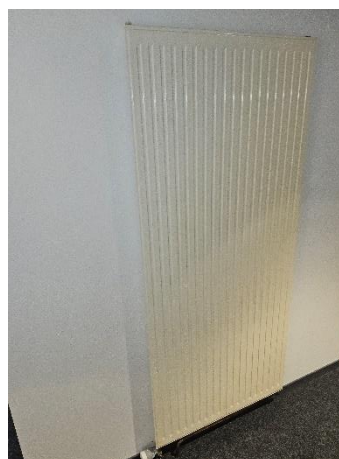
*Ventilo-convecteur*



*Régulateur des ventilo-convecteurs*



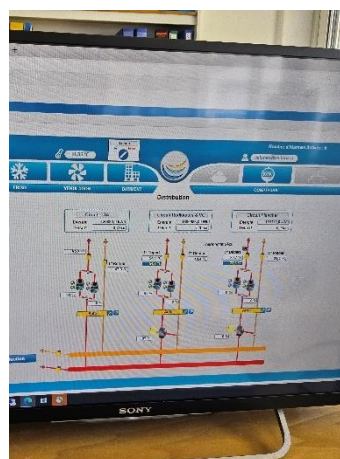
*Thermostat d'ambiance avec bouton de relance*



*Radiateur des circulations*



*Supervision SAUTER*



*Supervision SAUTER*

### 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"> <li>Régulation modulante individuelle par pièce du signal de régulation et communication entre les régulateurs et le BACS dans les bureaux (thermostat d'ambiance avec bouton de relance)</li> <li>Régulation individuelle par pièce au moyen de robinets thermostatiques dans les circulations</li> </ul>
Régulation de l'émission pour les systèmes thermoactifs	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le plancher chauffant du bâtiment A est régulé par une loi d'eau en fonction de la température extérieure et la pompe de circulation est pilotée par un programme horaire qui permet de la mettre régulièrement hors-tension.</li> </ul>
Régulation de la température de l'eau chaude du réseau de distribution (en départ ou en retour)	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le départ régulé par une vanne 3 voies (ventilo-convecteurs/radiateurs) est piloté en fonction de la température extérieure</li> </ul>
Commande des pompes de distribution dans les réseaux	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les pompes alimentant les 3 départs en chaufferie sont à débit variable.</li> </ul>
Equilibrage hydronique du système de distribution de chaleur	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equilibrage statique de chaque émetteur,</li> <li>Présence de robinets d'équilibrage.</li> </ul>
Régulation par intermittence de l'émission et/ou de la distribution	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Régulation automatique avec programme horaire fixe appliqué aux pompes de circulations.</li> </ul>
Régulation des générateurs de chaleur, si combustion	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Une température de cascade (i.e. la température de mélange produite par les deux chaudières) est calculée en fonction du circuit le plus demandeur. Cette température est utilisée pour piloter la température de production de chaque chaudière avec un signal de commande 0-10 V.</li> </ul>

#### 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 :

<b>Equilibrage hydronique du système de distribution de chaleur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de régulateur de pression différentielle pour chaque départ chaud.</li> </ul>
<b>Comptage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de compteur électrique pour chaque chaudière.</li> <li>Mise en place d'un compteur d'électricité dans chaque TD dédié aux ventilo-convecteurs</li> <li>Mise en place de compteur de calorie pour chaque ventilo-convecteur pour les zones administratives et d'un compteur de calorie par aile pour les zones de recherches.</li> <li>Mise en place d'un compteur de calorie pour chaque batterie chaude hydraulique des CTAs.</li> </ul>

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

Système de chauffage	Coût
1 - Matériel de GTB	6 860 €
2 - Fournitures (Régulateurs de pression différentielle)	31 060 €
3 - Installation	36 190 €
4 - Programmation et mise en service	49 690 €
<i>Total:</i>	<b>123 800 €</b>

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	101 414 €	90%	91 335 €	123 800 €	<b>12</b>



### 5.1.5 Mise en conformité pour passage en classe B

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

<b>Régulation de l'émission</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de sonde de température ambiante dans les circulations (une par aile et par niveau).</li> <li>Mise en place de régulateur électronique dans les circulations (un régulateur permet de piloter 4 radiateurs) afin de piloter les radiateurs avec la GTB.</li> </ul>
<b>Régulation de la température de l'eau chaude du réseau de distribution (en départ ou en retour)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programmation d'une température de consigne pour chaque départ chaud en fonction de la température ambiante et de la température extérieure.</li> </ul>
<b>Equilibrage hydronique du système de distribution de chaleur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de régulateur de pression différentielle pour chaque départ chaud.</li> </ul>
<b>Régulation par intermittence de l'émission et/ou de la distribution</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place d'un planning horaire permettant d'optimiser les mises en marche/arrêts et réduire les temps de fonctionnement des équipements.</li> </ul>

<b>Comptage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de compteur électrique pour chaque chaudière.</li> <li>Mise en place d'un compteur d'électricité dans chaque TD dédié aux ventilo-convecteurs</li> <li>Mise en place de compteur de calorie pour chaque ventilo-convecteur pour les zones administratives et d'un compteur de calorie par aile pour les zones de recherches.</li> <li>Mise en place d'un compteur de calorie pour chaque batterie chaude hydraulique des CTAs</li> </ul>
-----------------	---

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

Système de chauffage	Coût
1 - Matériel de GTB (régulateurs)	11 520 €
2 - Fournitures (Sonde de température, régulateurs de pressions différentielles, compteurs)	32 010 €
3 – Installation	38 980 €
4 - Programmation et mise en service	147 260 €
<i>Total:</i>	<b>229 770 €</b>



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	101 414 €	79%	80 170 €	191 097 €	9

### 5.1.6 Mise en conformité pour passage en classe A

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

<b>Régulation de l'émission</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de sonde de température ambiante dans les circulations (une par aile et par niveau).</li> <li>Mise en place de régulateur électronique dans les circulations (un régulateur permet de piloter 4 radiateurs) afin de piloter les radiateurs avec la GTB.</li> <li>Mise en place d'une détection d'occupation dans chaque bureau et dans chaque circulation.</li> </ul>
<b>Régulation de la température de l'eau chaude du réseau de distribution (en départ ou en retour)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programmation d'une température de consigne pour chaque départ chaud en fonction de la température ambiante et de la température extérieure.</li> </ul>
<b>Equilibrage hydronique du système de distribution de chaleur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de régulateur de pression différentielle pour chaque émetteur de chaleur (ventilo-convecteur et radiateur).</li> </ul>
<b>Régulation par intermittence de l'émission et/ou de la distribution</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programmation d'une régulation automatique de l'émission et de la distribution de chaleur basée sur l'évaluation des besoins afin de réduire les temps de fonctionnement.</li> </ul>
<b>Comptage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de compteur électrique pour chaque chaudière.</li> <li>Mise en place d'un compteur d'électricité dans chaque TD dédié aux ventilo-convecteurs</li> <li>Mise en place de compteur de calorie pour chaque ventilo-convecteur pour les zones administratives et d'un compteur de calorie par aile pour les zones de recherches.</li> <li>Mise en place d'un compteur de calorie pour chaque batterie chaude hydraulique des CTAs.</li> </ul>

Système de chauffage	Coût
1 - Matériel de GTB (régulateur)	27 110 €
2 - Fournitures (sondes de température, régulateur de pression différentielle)	185 320 €
3 - Installation	164 200 €
4 - Programmation et mise en service	208 160 €
<i>Total:</i>	<b>584 790 €</b>

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	101 414 €	75%	75 983 €	533 226 €	<b>21</b>

## 5.2 Système de ventilation

### 5.2.1 Description des installations

La majorité des bureaux et salles de réunion est ventilée par une ventilation simple-flux dont l'extraction se fait dans les couloirs et les sanitaires. Les menuiseries sont équipées d'entrées d'air autoréglables. Ces caissons d'extraction sont pilotés par la GTB suivant un programme horaire et deux vitesses d'extraction. Depuis le remplacement des automates, seuls trois caissons sur six installés sont remontés sur la supervision.

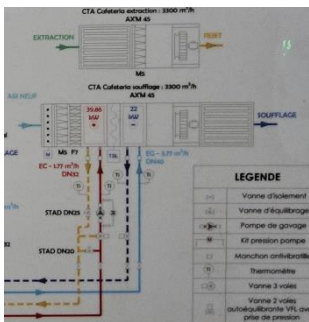
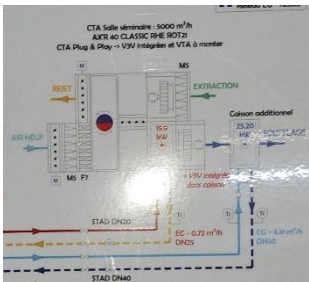
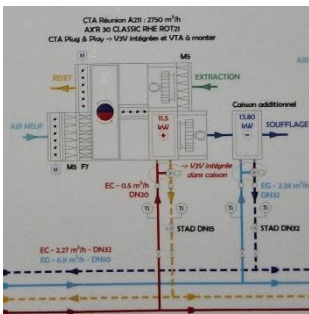

11 CTA double-flux sont installées sur le site afin de ventiler, chauffer et refroidir certaines pièces :

- Les CTA double-flux pour le hall d'accueil, pour la salle Kinovis et pour l'Amphithéâtre A110 sont équipés de batterie chaude, batterie froide et registre de mélange. L'apport d'air neuf est régulé en fonction de la concentration de CO<sub>2</sub>. La température de l'air soufflé est régulée en fonction d'une consigne variable calculée.
- Une CTA double-flux pour la salle A103 avec batterie chaude, sans batterie froide, ni registre de mélange ni échangeur de chaleur. L'apport d'air neuf est régulé en fonction de la concentration de CO<sub>2</sub>. La température de l'air soufflé est régulée en fonction d'une consigne variable calculée.
- Les CTA double-flux pour la salle A104, A211 et A208 sont équipées de batterie chaude, batterie froide et registre de mélange. La température de l'air soufflé est régulée en fonction d'une consigne variable calculée.
- Les CTA double-flux pour la salle F107, F108 et la salle de robotique sont équipées de batterie chaude, batterie froide et échangeur de chaleur. L'apport d'air neuf est régulé en fonction de la concentration de CO<sub>2</sub>. La température de l'air soufflé est régulée en fonction d'une consigne variable calculée.
- Une CTA double-flux pour les salles F207/F208 avec batterie chaude, batterie froide et échangeur de chaleur. L'apport d'air neuf est régulé en fonction de la concentration de CO<sub>2</sub>.

8 des CTAs installées sont de la marque Hydronics et sont équipées de leur propre automate SCHNEIDER TM172XBG42X. La CTA qui dessert la salle Kinovis est pilotée par un automate SAUTER EY-RC504F0C1 et les CTAs desservant le hall d'accueil et l'amphithéâtre sont pilotées par un automate SAUTER EY-AS525F001. Tous ces automates communiquent par un protocole BACnet TCP/IP.

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

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			
CTA communicante - Cafétéria		P	V
	Ensemble :	Ventilation	
	Nombre :	1	
	Marque :	HYDRONIC	
	Modèle :	AXM 50/51	
	Etat :	A conserver	
	Communication :	BACnet TCP/IP	
	Usage froid :	Rafraîchissement occupants	
	Disponibilité :	Télérelevable en l'état	
	Type de flux :	Double flux	
	Localisation :	Local CTA	
CTA communicante - A104		P	V
	Ensemble :	Ventilation	
	Nombre :	1	
	Marque :	HYDRONIC	
	Modèle :	AXR CLASSIC RHE 40	
	Etat :	A conserver	
	Communication :	BACnet TCP/IP	
	Usage froid :	Rafraîchissement occupants	
	Disponibilité :	Télérelevable en l'état	
	Type de flux :	Double flux	
	Localisation :	Local CTA	
CTA communicante - A211		P	V
	Ensemble :	Ventilation	
	Nombre :	1	
	Marque :	HYDRONIC	
	Modèle :	AXR CLASSIC RHE 30	
	Etat :	A conserver	
	Communication :	BACnet TCP/IP	
	Usage froid :	Rafraîchissement occupants	
	Disponibilité :	Télérelevable en l'état	
	Type de flux :	Double flux	
	Localisation :	Local CTA	
CTA Communicante - Amphithéâtre		P	V
	Ensemble :	Ventilation	
	Nombre :	1	
	Marque :	HYDRONIC	
	Modèle :	CCM 65	
	Etat :	A conserver	
	Communication :	BACnet TCP/IP	
	Usage froid :	Rafraîchissement occupants	
	Disponibilité :	Télérelevable en l'état	

Equipement de ventilation			
	Type de flux :	Double flux	
	Localisation :	Local CTA	
CTA Communicante - Accueil		P	V
	Ensemble :	Ventilation	
	Nombre :	1	
	Marque :	HYDRONIC	
	Modèle :	CCM 125	
	Etat :	A conserver	
	Communication :	BACnet TCP/IP	
	Usage froid :	Rafrâchissement occupants	
	Disponibilité :	Télérelevable en l'état	
	Type de flux :	Double flux	
Localisation :		Local CTA	
CTA Communicante - Kinovis		P	V
	Ensemble :	Ventilation	
	Nombre :	1	
	Etat :	A conserver	
	Communication :	BACnet TCP/IP	
	Usage froid :	Rafrâchissement occupants	
	Disponibilité :	Télérelevable en l'état	
	Type de flux :	Double flux	
Localisation :		Local CTA	
CTA communicante - C208		P	V
	Ensemble :	Ventilation	
	Nombre :	1	
	Marque :	HYDRONIC	
	Modèle :	AXR CLASSIC RHE 30	
	Etat :	A conserver	
	Communication :	BACnet TCP/IP	
	Usage froid :	Rafrâchissement occupants	
	Disponibilité :	Télérelevable en l'état	
Localisation :		Toiture	
CTA communicante - Robotique		P	V
	Ensemble :	Ventilation	
	Nombre :	1	
	Marque :	HYDRONIC	
	Modèle :	AXR CLASSIC RHE 100	
	Etat :	A conserver	
	Communication :	BACnet TCP/IP	
	Usage froid :	Rafrâchissement occupants	
Disponibilité :		Télérelevable en l'état	

Equipement de ventilation			
	Type de flux :	Double flux	
	Localisation :	Local CTA	
CTA communicante - Hygiénique		P	V
	Ensemble :	Ventilation	
	Nombre :	1	
	Marque :	HYDRONIC	
	Modèle :	AXR CLASSIC RHE 40	
	Etat :	A conserver	
	Communication :	BACnet TCP/IP	
	Usage froid :	Rafrâichissement occupants	
	Disponibilité :	Télérelevable en l'état	
	Type de flux :	Double flux	
Localisation :		Local CTA	
CTA communicante - F108		P	V
	Ensemble :	Ventilation	
	Nombre :	1	
	Marque :	HYDRONIC	
	Modèle :	AXR CLASSIC RHE 30	
	Etat :	A conserver	
	Communication :	BACnet TCP/IP	
	Usage froid :	Rafrâichissement occupants	
	Disponibilité :	Télérelevable en l'état	
	Type de flux :	Double flux	
Localisation :		Local CTA	
CTA communicante - F107		P	V
	Ensemble :	Ventilation	
	Nombre :	1	
	Marque :	HYDRONIC	
	Modèle :	AXR CLASSIC RHE 30	
	Etat :	A conserver	
	Communication :	BACnet TCP/IP	
	Usage froid :	Rafrâichissement occupants	
	Disponibilité :	Télérelevable en l'état	
	Type de flux :	Double flux	
Localisation :		Local CTA	



## 5.2.2 Reportage photographique



CTA Hydronic



Automate SCHNEIDER



CTA Hall d'accueil



Automate SAUTER



Automate CTA KINOVIS



Caisson 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	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les CTAs sont pilotées par un programme horaire défini donnant 3 modes d'occupation (inoccupation occupation et confort).</li> <li>Certaines CTAs sont régulées en fonction des besoins en termes de qualité de l'air (consigne sur le taux de CO2 dans l'air).</li> </ul>
Régulation de la température de l'air ambiant pour tous les systèmes d'air	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>La température d'alimentation en air au niveau de la pièce peut être changé en continu suivant la consigne de température ambiante fixée individuellement.</li> </ul>
Régulation du débit d'air extérieur	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Débit d'air étagé suivant un programme horaire défini (CTA A104, A211 A208).</li> <li>Les autres CTA régulent le débit d'air neuf suivant le taux de CO2 dans l'air.</li> </ul>
Régulation du débit d'air ou de la pression au niveau de la CTA	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Régulation automatique du débit d'air sans réinitialisation de la pression grâce aux variateurs de vitesse.</li> </ul>
Régulation de la récupération de chaleur : protection contre le gel	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les CTAs sont équipées d'une protection contre le gel.</li> </ul>
Refroidissement mécanique naturel	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les volets d'air neuf sont pilotés par des programmes horaires fixes qui ne prennent pas en compte la différence entre la température ambiante et extérieure afin de réaliser du freecooling en période estivale.</li> </ul>
Régulation de la température de l'air introduit	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Une température d'ambiance de consigne variable est calculée en fonction de la température extérieure.</li> </ul>

## 5.2.4 Mise en conformité pour passage en classe C

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

<b>Refroidissement mécanique naturel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programmation d'une consigne de température (calculée à partir de la différence entre la température ambiante et la température extérieure) pour mise en marche/arrêt du freecooling.</li> </ul>
--	---

Le chiffrage proposé comprend également le raccordement des 3 caissons d'extraction simple-flux manquants à la GTB (avec un pilotage petite/grande vitesse en fonction d'un programme horaire).

<b>Comptage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en place d'un sous-compteur électrique par CTA</li> </ul>
-----------------	---

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)	3 850 €
2 - Fournitures	1 800 €
3 - Installation	4 960 €
4 - Programmation et mise en service	12 570 €
<i>Total:</i>	<b>23 180 €</b>

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	36 983 €	98%	36 084 €	23 180 €	<b>26</b>

### 5.2.5 Mise en conformité pour passage en classe B

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

<b>Régulation de la température de l'air ambiant pour tous les systèmes d'air</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de sonde de température ambiante dans les pièces ventilées par les CTAs non équipées (A104, C208, A211, A103 et F207/208).</li> <li>Programmation d'une régulation du débit d'air ainsi que de la température d'alimentation en air en fonction de la charge.</li> </ul>
<b>Refroidissement mécanique naturel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programmation d'une consigne de température (calculée à partir de la différence entre la température ambiante et la température extérieure) pour mise en marche/arrêt du freecooling.</li> <li>Programmation des variateurs de vitesse des CTA pour réguler le débit d'air neuf et des registres de mélange (calcul de la consigne sur les variateurs de vitesse à partir des températures ambiante et extérieure).</li> </ul>
<b>Comptage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place d'un sous-compteur électrique par CTA</li> </ul>

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)	4 670 €
2 - Fournitures	2 030 €
3 - Installation	5 600 €
4 - Programmation et mise en service	20 360 €
<i>Total:</i>	<b>32 660 €</b>

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	36 983 €	91%	33 566 €	32 505 €	10

## 5.2.6 Mise en conformité pour passage en classe A

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

<b>Régulation de l'alimentation en air au niveau des pièces</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de sondes de CO2 dans les pièces ventilées qui n'en disposent pas (A104, A211 et A208).</li> </ul>
<b>Régulation de la température de l'air ambiant pour tous les systèmes d'air</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de sonde de température ambiante dans les pièces ventilées par les CTAs qui n'en disposent pas (A104, C208, A211, A103 et F207/208).</li> <li>Programmation d'une régulation du débit d'air ainsi que de la température d'alimentation en air en fonction de la charge.</li> </ul>
<b>Régulation du débit d'air extérieur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programmation d'une régulation progressive du débit d'air en fonction du taux de CO2.</li> </ul>
<b>Refroidissement mécanique naturel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programmation d'une consigne de température (calculée à partir de la différence entre la température ambiante et la température extérieure) pour mise en marche/arrêt du freecooling.</li> <li>Programmation des variateurs de vitesse des CTA pour réguler le débit d'air neuf et de registres de mélange via un calcul de l'enthalpie (calcul de la consigne sur les variateurs de vitesse à partir des enthalpies ambiante et extérieures).</li> </ul>
<b>Régulation de la température de l'air introduit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programmation d'une température de consigne variable avec compensation en fonction de la température ambiante.</li> </ul>
<b>Comptage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place d'un sous-compteur électrique par CTA</li> </ul>

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

Système de ventilation	Coût
1 - Matériel de GTB (automate)	5 300 €
2 - Fournitures (Déecteur de présence, sonde de CO2)	2 870 €
3 - Installation	5 820 €
4 - Programmation et mise en service	23 460 €
<i>Total:</i>	<b>37 460 €</b>

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	36 983 €	82%	30 210 €	37 166 €	5

## 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 pour les douches
- Des ballons en faux-plafond pour les sanitaires

Les ballons électriques ne sont pas pilotés par la GTB. Néanmoins, la consommation d'énergie liée à la production d'ECS est inférieure à 5% de la consommation totale. Cet usage n'est donc pas soumis au décret BACS.

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		P	V
	Ensemble :	ECS	
	Type de ballon :	Ballon chauffe-eau ECS électrique	
	Etat :	A conserver	
	Disponibilité :	Télérelevable avec ajout	
	Localisation :	Faux-plafond	
		2	1

### 5.3.2 Reportage photographique



*Ballon électrique en faux-plafond*



## 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"> <li>Les ballons électriques sont pilotés par une commande automatique de marche/arrêt.</li> </ul>

### 5.3.3 Proposition d'interventions pour passage en classe C

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 assujetti au décret BACS. Pour autant il est tout de même proposé de pouvoir piloter cet usage par la GTB.

Régulation de la charge du stockage de l'ECS, si chauffage électrique intégré ou PAC électrique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place d'un contacteur par ballon dans les Tableaux Divisionnaires concernés.</li> <li>Mise en place d'un module Entrées/Sorties par TD</li> <li>Mise en place d'une programmation horaire pour commander la mise en marche/arrêt des ballons.</li> </ul>
---	---

Comptage	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place d'un compteur électrique par ballon ECS.</li> </ul>
----------	--

Système d'ECS	Coût
1 - Matériel de GTB	4 380 €
2 - Fournitures (Contacteur)	4 200 €
3 - Installation	5 850 €
4 - Programmation et mise en service	8 983 €
<i>Total:</i>	<b>23 414 €</b>

### 5.3.4 Proposition d'interventions pour passage en classe A

<b>Régulation de la charge du stockage de l'ECS, si chauffage électrique intégré ou PAC électrique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place d'un contacteur par ballon dans les Tableaux Divisionnaires concernés.</li> <li>Mise en place d'un module Entrées/Sorties par TD</li> <li>Mise en place de sondes de température en applique en amont, en aval et sur le ballon).</li> <li>Mise en place d'une charge programmée en fonction des capteurs pour commander la mise en marche/arrêt des ballons.</li> </ul>
--	---

<b>Comptage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place d'un compteur électrique par ballon ECS.</li> </ul>
-----------------	--

Système d'ECS	Coût
1 - Matériel de GTB	7 097 €
2 - Fournitures (Contacteur, sondes de température, compteurs)	7 580 €
3 - Installation	10 300 €
4 - Programmation et mise en service	15 488 €
<i>Total:</i>	<b>40 465 €</b>

## 5.4 Système d'Eclairage

### 5.4.1 Description des installations

L'ensemble du site est équipé de dalle LED. Les luminaires des circulations et les sanitaires sont pilotés par des détecteurs de présence. Les luminaires des bureaux et les salles de réunion sont pilotés par un détecteur de présence équipé de sondes de luminosité qui pilote les dalles par un signal 0-10 V. Des interrupteurs manuels permettent tout de même de forcer l'allumage ou l'extinction des salles.

Les dalles régulent l'éclairage elles même à partir du signal reçu par le capteur. L'éclairage n'est pas piloté par la GTB.

### 5.4.2 Reportage photographique



*Capteur de présence et de luminosité*



*Dalle LED*

### 5.4.3 Evaluation de la classe du système actuel

Pilotage par la GTB	Conformité	Commentaire
Commande basée sur l'occupation	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les éclairages des bureaux et des circulations sont pilotés par une détection de présence. Les bureaux sont également équipés d'interrupteurs manuels permettant de forcer l'allumage ou l'extinction des luminaires.</li> </ul>
Régulation de l'intensité	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le détecteur de présence est aussi un capteur de luminosité qui permet de moduler automatique l'intensité lumineuse des dalles LED.</li> </ul>

#### 5.4.4 Mise en conformité pour passage en classe C

La gestion de la commande et de l'intensité des luminaires est déjà de classe A selon le décret BACS. La mise en place d'un plan de comptage de l'éclairage par zone fonctionnelle reste nécessaire selon le décret.

<b>Comptage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de sous-compteurs électrique par aile et par niveau pour diviser le comptage de l'éclairage suivant la zone (administrative, recherche et sport).</li> </ul>
-----------------	---

Le chiffrage pour le pilotage par la GTB de l'éclairage est le suivant :

Système d'éclairage	Coût (€HT)
1 – Matériel de GTB (régulateurs)	2 450 €
2 – Fournitures	3 960 €
3 – Installation	6 460 €
4 – Programmation et mise en service	8 970 €
<i>Total:</i>	<b>21 840 €</b>

#### 5.4.5 Proposition d'interventions pour passage de la supervision en classe B et A

Le raccordement de l'éclairage à la GTB permettra de passer en classe B et A pour la gestion des points de consigne à partir de la supervision.

<b>Commande basée sur l'occupation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place d'un automate par niveau</li> <li>Raccordement des détecteurs d'occupation et des ballasts des luminaires aux automates</li> </ul>
<b>Régulation de l'intensité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Raccordement des capteurs de luminosité aux automates</li> </ul>
<b>Comptage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de sous-compteurs électrique par aile et par niveau pour diviser le comptage de l'éclairage suivant la zone (administrative, recherche ou sport).</li> </ul>

Le chiffrage pour le pilotage par la GTB de l'éclairage est le suivant :

Système d'éclairage	Coût (€HT)
1 – Matériel de GTB (régulateurs)	64 470 €
2 – Fournitures	3 960 €
3 – Installation	71 050 €
4 – Programmation et mise en service	107 500 €
<i>Total:</i>	<b>246 990 €</b>

## 5.5 Système de refroidissement

### 5.5.1 Description des installations

La production de froid sur le site est assurée par deux groupes froids :

- Un groupe froid TRAN RTAC de 520 kW situé en toiture de l'aile C
- Un groupe froid TRAN RTAC de 747 kW situé en toiture de l'aile F


Chaque groupe froid dessert une sous-station constituée d'un ballon tampon et de 3 départs : un départ vers les ventilo-convecteurs 4 tubes des bureaux, un départ vers les batteries froides des CTAs et un départ vers le circuit UCD qui rafraîchit les différents locaux réseaux et locaux serveurs. Ces départs constants sont alimentés par des circulateurs à débit variable (sauf deux d'entre eux).


Les groupes froids sont pilotés par une température de consigne constante et fixée manuellement par l'utilisateur sur le groupe froid (pas d'écriture possible depuis la supervision).

Le groupe froid de l'aile C est équipé de variateur de fréquence sur les compresseurs qui permettent de moduler la production de froid. Un mode « hiver » et un mode « été » est appliqué au fonctionnement des groupes froids.

En mode « hiver », un seul groupe froid est en fonctionnement (celui de l'aile C, équipé de variateur de fréquence) et alimente les 2 sous-stations. Lors du mode « hiver », les pompes des départs CTA et ventilo-convecteurs sont coupées et seuls les locaux UCD sont refroidies. En mode « été », (lorsque la température extérieure est supérieure à 32°C pendant plus de 3h), les deux groupes froids sont en fonctionnement et chacun alimente sa propre sous-station.

Chaque groupe froid est piloté par un automate SAUTER EY-AS525F001 qui communique par un protocole BACnet TCP/IP.

Production de froid			
Groupe froid communicant - Aile F		P	V
	Ensemble :	Production de froid	
	Nombre :	1	
	Marque :	TRANE	
	Modèle :	RTAC	
	Etat :	A ajouter	
	Communication :	BACnet TCP/IP	
	Puissance équipement :	747 kW	
	Usage froid :	Rafraîchissement occupants	
	Disponibilité :	Télérelevable avec ajout	
	Localisation :	Toiture	
		2	1
Groupe froid communicant - Aile C		P	V
	Ensemble :	Production de froid	
	Nombre :	1	
	Marque :	TRANE	
	Modèle :	RTAC	
	Etat :	A ajouter	
	Communication :	BACnet TCP/IP	
		2	1

Production de froid			
	Puissance équipement :	520 kW	
	Usage froid :	Rafraîchissement occupants	
	Disponibilité :	Télérelevable avec ajout	
	Localisation :	Toiture	

### 5.5.2 Reportage photographique



*Groupe froid TRAN*



*Modulateur de fréquence*



*Pompes à débit variable sur départ froid*



*Compteur de frigorie*



### 5.5.3 Evaluation de la classe du système actuel

Pilotage par la GTB	Conformité	Commentaire
Régulation de l'émission	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Régulation modulante individuelle par pièce avec communication entre les régulateurs et le BACS dans les bureaux rafraîchis.</li> </ul>
Régulation de la température de l'eau glacée du réseau de distribution	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>Régulation de température constante pour les réseaux secondaires de froid.</li> </ul>
Commande des pompes de distribution dans les réseaux	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'ensemble des pompes des réseaux froids est piloté par un programme horaire.</li> </ul>
Équilibrage hydronique du système de distribution de froid	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>Équilibrage statique de chaque émetteur et équilibrage statique du groupe (par exemple avec un robinet d'équilibrage)</li> </ul>
Régulation par intermittence de l'émission et/ou de la distribution	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Régulation avec mise en marche/arrêt des ventilo-convecteurs par programme fixe.</li> </ul>
Asservissement entre la régulation du chauffage et celle du refroidissement pour l'émission et/ou la distribution	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asservissement total: la fonction de régulation (passage mode été/hiver) permet de garantir qu'il n'y aura aucun chauffage et refroidissement simultanés.</li> </ul>
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"> <li>Régulation de température constante et fixée manuellement sur le groupe froid (pas de communication avec la supervision).</li> </ul>
Ordre de priorité des différents générateurs si plusieurs	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ordre de priorité fixe basé uniquement sur la température extérieure.</li> </ul>
Régulation du fonctionnement du stockage de l'énergie thermique	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le stockage froid est programmé et piloté par 2 capteurs.</li> </ul>

#### 5.5.4 Mise en conformité pour passage en classe C

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

<b>Régulation de la température de l'eau glacée du réseau de distribution</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de vanne 3 voies pour les départs froids vers les ventilo-convecteurs et vers le réseau UCD.</li> <li>Programmation d'une température de départ de consigne à partir de la température extérieure (loi d'eau).</li> </ul>
<b>Equilibrage hydronique du système de distribution de froid</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de régulateur de pression différentielle pour chaque départ d'eau glacée.</li> </ul>
<b>Régulation de générateurs pour le refroidissement (le but est une T° départ eau réfrigérée la plus élevée possible)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place d'un régulateur pour chaque groupe froid et raccordement du groupe froid à la GTB afin de pouvoir agir sur la température de départ des groupes.</li> </ul>
<b>Comptage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Remplacement des compteurs de frigories pour chaque départ d'eau glacée.</li> <li>Mise en place d'un compteur de frigories par ventilo-convecteur pour la zone administrative et d'un compteur de frigorie par aile pour les zones de recherche.</li> <li>Mise en place d'un compteur électrique par groupe froid.</li> </ul>

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 (régulateur)	4 930 €
2 – Fournitures (régulateur de pression différentielle, vannes 3 voies)	43 600 €
3 – Installation	42 180 €
4 – Programmation et mise en service	13 300 €
<i>Total:</i>	<b>104 020 €</b>

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	43 707 €	81%	35 232 €	104 020 €	<b>12</b>

### 5.5.5 Mise en conformité pour passage en classe B

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

<b>Régulation de la température de l'eau glacée du réseau de distribution</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de vanne 3 voies pour les départs froids vers les ventilo-convecteurs et vers le réseau UCD.</li> <li>Programmation d'une température de départ de consigne à partir de la température ambiante (loi d'eau).</li> </ul>
<b>Commande des pompes de distribution dans les réseaux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de pompe à débit variable pour les départs non équipés (départs CTA et ventilo-convecteurs du groupe froid C).</li> </ul>
<b>Equilibrage hydronique du système de distribution de froid</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de régulateur de pression différentielle pour chaque ventilo-convecteur.</li> </ul>
<b>Régulation par intermittence de l'émission et/ou de la distribution</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programmation d'une régulation automatique avec optimisation des mises en marches/arrêts des équipements.</li> </ul>
<b>Régulation de générateurs pour le refroidissement (le but est une T° départ eau réfrigérée la plus élevée possible)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place d'un régulateur pour chaque groupe froid et raccordement du groupe froid à la GTB afin de pouvoir agir sur la température de départ des groupes en fonction de la température extérieure.</li> </ul>
<b>Ordre de priorité des différents générateurs si plusieurs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programmation d'une cascade en fonction des rendements et des caractéristiques des groupes froids afin de maximiser leur rendement.</li> </ul>
<b>Régulation du fonctionnement du stockage de l'énergie thermique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programmation du stockage froid basé sur les prédictions de charges.</li> </ul>
<b>Comptage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Remplacement des compteurs de frigories pour chaque départ d'eau glacée.</li> <li>Mise en place d'un compteur de frigorie par ventilo-convecteur pour la zone administrative et d'un compteur de frigorie par aile pour les zones de recherche.</li> <li>Mise en place d'un compteur électrique par groupe froid.</li> </ul>

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	4 910 €
2 – Fournitures (régulateur de pression différentielle, vannes 3 voies, pompes à débit variable)	170 080 €
3 – Installation	129 400 €
4 – Programmation et mise en service	16 960 €
<i>Total :</i>	<b>321 360 €</b>

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	43 707 €	59%	25 825 €	304 602 €	<b>17</b>

### 5.5.7 Mise en conformité pour passage en classe A

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

<b>Régulation de la température de l'eau glacée du réseau de distribution</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de vanne 3 voies pour les départs froids vers les ventilo-convecteurs et vers le réseau UCD.</li> <li>Programmation d'une température de départ de consigne à partir de la température ambiante (loi d'eau).</li> </ul>
<b>Commande des pompes de distribution dans les réseaux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de pompe à débit variable pour les départs non équipés.</li> </ul>
<b>Equilibrage hydronique du système de distribution de froid</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de régulateur de pression différentielle pour chaque ventilo-convecteur.</li> </ul>
<b>Régulation par intermittence de l'émission et/ou de la distribution</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programmation d'une régulation automatique en fonction de la charge.</li> </ul>
<b>Régulation de générateurs pour le refroidissement (le but est une T° départ eau réfrigérée la plus élevée possible)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place d'un régulateur pour chaque groupe froid et raccordement du groupe froid à la GTB afin de pouvoir agir sur la température de départ des groupes en fonction de la température extérieure et du circuit le plus demandeur.</li> </ul>
<b>Ordre de priorité des différents générateurs si plusieurs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programmation d'une cascade en fonction des prédictions de charges.</li> </ul>
<b>Régulation du fonctionnement du stockage de l'énergie thermique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programmation du stockage froid basé sur les prédictions de charges.</li> </ul>
<b>Comptage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Remplacement des compteurs de frigories pour chaque départ d'eau glacée.</li> <li>Mise en place d'un compteur de frigorie par ventilo-convecteur pour la zone administrative et d'un compteur de frigorie par aile pour la zone de recherche.</li> <li>Mise en place d'un compteur électrique par groupe froid.</li> </ul>

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 (régulateur)	4 910 €
2 - Fournitures (pompes double à débit variable, vanne 3 voies régulateur de pression différentielle)	170 080 €
3 - Installation	131 860 €
4 - Programmation et mise en service	17 950 €
<i>Total:</i>	<b>324 800 €</b>

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	43 707 €	52%	22 763 €	291 284 €	14

## 5.6 Système de supervision

### 5.6.1 Description des installations

Le site est équipé d'une supervision SAUTER Vision Center qui permet de piloter le chauffage, la ventilation et le refroidissement du site. La supervision dispose d'une indication centralisée des alarmes et permet de tracer des fonctions et graphes d'analyse.

### 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"> <li>Adaptation à partir de pièces réparties pour l'éclairage</li> <li>Adaptation à partir d'une pièce centrale pour les autres usages.</li> </ul>
Gestion des temps de fonctionnement	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réglage individuel avec un programme horaire défini et des phases de préconditionnement fixes.</li> </ul>
Détection des défauts de systèmes techniques du bâtiment et aide au diagnostic de ces études	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Avec indication centralisée des défauts détectés et des alarmes.</li> </ul>
Compte-rendu des informations concernant la consommation énergétique et les conditions intérieures	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Avec fonctions d'analyse et de tendances et détermination de la consommation.</li> </ul>



### 5.6.3 Mise en conformité pour passage en classe B

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

<b>Gestion des points de consigne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptation de l'éclairage à partir d'une pièce centrale (chiffré dans la partie éclairage).</li> </ul>
<b>Gestion des temps de fonctionnement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place d'un réglage individuel d'après un horaire prédéfini, à partir d'une pièce centrale et comprenant des phases de préconditionnement variables.</li> </ul>
<b>Détection des défauts de systèmes techniques du bâtiment et aide au diagnostic de ces études</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place d'alarmes et de fonctions de diagnostic des défauts.</li> </ul>

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

### 5.6.4 Mise en conformité pour passage en classe A

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

<b>Gestion des points de consigne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptation à partir d'une pièce centrale avec rétroaction fréquente des entrées des utilisateurs.</li> </ul>
<b>Gestion des temps de fonctionnement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place d'un réglage individuel d'après un horaire prédéfini, à partir d'une pièce centrale et comprenant des phases de préconditionnement variables.</li> </ul>
<b>Détection des défauts de systèmes techniques du bâtiment et aide au diagnostic de ces études</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place d'alarmes et de fonctions de diagnostic des défauts.</li> </ul>
<b>Compte-rendu des informations concernant la consommation énergétique et les conditions intérieures</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place de fonctions d'analyse et d'évaluation de la performance du bâtiment avec un étalonnage de l'environnement intérieur et de l'énergie.</li> </ul>

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 l'éclairage et les prises de courant pour chaque aile de chaque niveau. Chacun de ces sous-compteurs se trouve dans les TD de l'aile en question.

Un sous-compteur électrique est également présent pour chaque local technique.

Enfin, des compteurs thermiques sont également présents afin de sous-compter les calories et les frigories pour chaque départ chaud et chaque départ froid.



*Sous-compteurs électriques dans un TD*



*Sous-compteur électrique pour local technique en toiture*



*Compteur de frigorie sur départ d'eau glacée*



*Compteur gaz*




### 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.

Compteurs électriques :

BÂTIMENT	Compteur général électrique : 	TGBT	
		Sous-compteurs 1 : (un compteur par TD)	Eclairage (modifié pour zone de recherche) 
		Sous-compteurs 2 : (un compteur par TD)	Prise de courant (modifié pour zone de recherche) 
		Sous-compteurs 3 : (un compteur par TD)	Eclairage – Zone Administrative 
		Sous-compteurs 4 : (un compteur par TD)	Prise de courant – Zone administrative 
		Sous-compteur 5 :	Eclairage - Cafétéria 
		Sous-compteur 6 :	Prise de courant - Cafétéria 
		Sous-compteur 7 :	Eclairage extérieur 
		Sous-compteurs 8 :	Serveurs 1 à 8 
		Sous-compteurs 9 :	Unité de climatisation 1 à 3 
		Sous-compteur 10 :	Ballon ECS 
		Sous-compteur 11 :	Local groupe froid/CTA 1 
		Sous-compteur 12 :	Local groupe froid/CTA 2 
		Sous-compteur 13 :	Local chaufferie 
		Sous-compteur 14 :	CTA en toiture-terrasse – C208 
		Sous-compteurs 15 :	Pompes de circulation – Départs eau glacée 

		Sous-compteurs 16 :	Pompes de circulation – Départs chauffage	e
		Sous-compteurs 17 : (un compteur par équipement)	Groupe froid 1 et 2	S
		Sous-compteurs 18 : (un compteur par équipement)	CTA double-flux	S
		Sous-compteurs 19 : (un compteur par équipement)	Chaudières	S
		Sous-compteurs 20 : (un compteur par TD)	Ventilo-convecteurs	S

Compteurs thermiques :

Chauffage	Gaz 	Chaudières – Primaire		
		Départ 1	Vers CTA	e
		Départ 2	Vers ventilo-convecteurs et radiateurs	e
		Départ 3	Vers plancher chauffant	e
		Compteurs calories : (un par équipement pour les locaux administratifs)	Ventilo-convecteurs	S
		Batteries hydrauliques des CTA double-flux		
		Compteurs calories : (un par équipement)	CTA – Batteries chaudes	S
		Compteurs frigories : (un par équipement)	CTA – Batteries froides	S
Refroidissement	Bâtiment	Groupes froids 1 et 2 – Primaire (un par équipement)		
		Départ 1	Vers UCD	e
		Départ 2	Vers Ventilo-convecteurs	e
		Départ 3	Vers CTA	e

		Compteurs frigories : (un par équipement pour les locaux administratifs)	Ventilo-convecteurs	(S)
		Armoires de climatisation des locaux serveurs (un par équipement)		(S)

Le comptage soumis au décret BACS a été chiffré précédemment pour chaque poste de consommation. Seul le chiffrage de la mise en place de sous-compteurs pour les autres usages sont chiffrés ici, soit 21 compteurs.

Système de refroidissement/rafraîchissement	Coût (€HT)
1 - Matériel de GTB	1 050,00 €
2 - Fournitures (pompes double à débit variable, sondes de température, régulateurs de pressions différentielles)	3 780,00 €
3 - Installation	5 470,00 €
4 - Programmation et mise en service	2 500,00 €
<i>Total:</i>	<b>12 800,00 €</b>

## 5.8 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 <sup>1</sup>	ROI (années)
Système de chauffage	101 414 €	90%	91 335 €	123 800 €	12
Système de refroidissement	43 707 €	81%	35 232 €	104 020 €	12
Système de ventilation	36 983 €	98%	36 084 €	23 180 €	26
Système d'éclairage	40 345 €	100%	40 345 €	21 840 €	-
Système d'eau chaude sanitaire	6 724 €	90%	6 058 €	23 414 €	35
<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>229 173 €</b>	<b>91%</b>	<b>209 053 €</b>	<b>296 254 €</b>	<b>15</b>
Comptage pour contrôle total du site	-	100%	-	12 800 €	-
<b>TOTAL</b>	<b>229 173 €</b>	<b>91%</b>	<b>209 053 €</b>	<b>309 054 €</b>	<b>15</b>

<sup>1</sup> Le passage en classe C ne permet pas d'obtenir des CEE

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	101 414 €	79%	80 170 €	191 097 €	9
Système de refroidissement	43 707 €	59%	25 825 €	304 602 €	17
Système de ventilation	36 983 €	91%	33 566 €	32 505 €	10
Système d'éclairage	40 345 €	100%	40 345 €	246 990 €	0
Système d'eau chaude sanitaire	6 724 €	72%	4 846 €	40 426 €	22
<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>229 173 €</b>	<b>81%</b>	<b>184 753 €</b>	<b>815 621 €</b>	<b>18</b>
Comptage hors décret pour contrôle total du site	-	100%	-	12 800 €	-
<b>TOTAL</b>	<b>229 173 €</b>	<b>81%</b>	<b>184 753 €</b>	<b>828 421 €</b>	<b>19</b>

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	101 414 €	75%	75 983 €	533 226 €	21
Système de refroidissement	43 707 €	52%	22 763 €	291 284 €	14
Système de ventilation	36 983 €	82%	30 210 €	37 166 €	5
Système d'éclairage	40 345 €	100%	40 345 €	246 990 €	-
Système d'eau chaude sanitaire	6 724 €	72%	4 846 €	40 426 €	22
<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>229 173 €</b>	<b>76%</b>	<b>174 147 €</b>	<b>1 149 093 €</b>	<b>21</b>
Comptage pour contrôle total du site	-	100%	-	12 800 €	-



TOTAL	229 173 €	76%	174 147 €	1 161 893 €	21
-------	-----------	-----	-----------	-------------	----

## 6 ANNEXES

6.1 Annexe n°1\_Fichier d'évaluation de classe GTB\_INRIA Grenoble

6.2 Annexe n°2\_Guide du Décret BACS\_INRIA