

Ecole Nationale des ponts et chaussées
Institut national de l'information géographique et forestière



MARCHE 202602

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES

Objet du marché :

TRAVAUX DE MODERNISATION DE LA GESTION TECHNIQUE DES BATIMENTS
CARNOT-CASSINI & CORIOLIS SITUES AU 6-8 RUE BLAISE PASCAL, 77420 CHAMPS SUR MARNE



Maître d'ouvrage

École nationale des ponts et chaussées (ENPC)

6 & 8, avenue Blaise Pascal, Cité Descartes - Champs-sur-Marne
77455 Marne-la-Vallée Cedex 2

Agissant pour son propre compte et celui de l'**Institut national de l'information géographique et forestière (IGN)**

73 avenue de Paris

94160 Saint-Mandé

Agissant pour le compte de l'Ecole Nationale des Sciences Géographiques (ENSG) (dénommée également Géodata Paris),

Maître d'œuvre

Enerjéa

77 rue Marcel Dassault

92100 BOULOGNE BILLANCOURT

SOMMAIRE

1. PRESENTATION DU PROJET	5
1.1. OBJET DU MARCHE.....	5
1.2. LIEU D'EXECUTION	5
1.3. PERIMETRE DU MARCHE.....	7
1.4. OBJECTIFS ET FINALITES DES TRAVAUX	8
1.5. ORGANISATION DU MARCHE DE TRAVAUX	9
1.5.1. Allotissement.....	9
1.5.2. Planning – Phasage.....	10
1.5.3. Documents à remettre à la maîtrise d'ouvrage.....	11
1.5.4. Démarches et autorisations (Références P2 et PC2 dans DPGF).....	11
2. PRESCRIPTIONS GENERALES	12
2.1 REGLEMENTATION DES MARCHES.....	12
2.1.1 Réglementations générales applicables aux travaux.....	12
2.1.2. Réglementations concernant la sécurité et la santé des ouvriers	12
2.1.3. Réglementations techniques.....	13
2.2 RESPECT DES PLANS ET DU CCTP	16
2.2.1. Nature et étendue des travaux	16
2.2.2. Caractéristiques des plans et devis	16
2.2.3. Connaissance des lieux.....	17
2.2.4. Vérification des cotes	17
2.2.5 Plans d'exécution, études techniques, échantillons (Références P4 et PC4 dans DPGF)	17
2.2.6 Qualité et provenance des matériaux.....	18
2.2.7. Contrôles et essais (Références P5 et PC5 dans DPGF)	18
2.2.8. Dossier technique de récolement (Références P5 et PC5 dans DPGF)	19
2.2.9. Dossier des ouvrages exécutés (liste non exhaustive) (Références P5 et PC5 dans DPGF).....	19
2.2.10. Réception	20
2.2.10.1 Réception des travaux.....	20
2.2.10.2 Formations des utilisateurs (Références F1 et FC1 dans DPGF).....	22
2.2.11. Conditions de garantie et assurance.....	22
3. ORGANISATION DU CHANTIER.....	23
3.1. INSTALLATIONS DE CHANTIER (REFERENCES P1 ET PC1 DANS DPGF).....	23
3.1.1. Equipements, entretien et consommables de la base vie	23
3.1.2. Protection des existants – Isolement du chantier (Références P3 et PC3 dans DPGF).....	23
3.1.3. Clôtures de chantier (Références P3 et PC3 dans DPGF).....	24
3.1.4. Panneaux et signalétique de chantier (Références P3 et PC3 dans DPGF)	24
3.1.5. Travaux en hauteur.....	24
3.1.6. Branchements de chantier (Références P1)	24
3.2. INTERVENTION EN SITE OCCUPE (REFERENCES P3 ET PC3 DANS DPGF)	24
3.2.1. Consignes générales.....	25
3.2.2. Bruits de chantier	25
3.2.3. Contraintes liées à la lutte contre le COVID 19	25
3.2.4. Demandes d'accès et parking	26
3.2.5. Permis feu	26
3.2.6. Horaires décalés.....	26
3.3. ORGANISATION DES TRAVAUX	26
3.3.1. Etudes techniques (Références P4 et PC4 dans DPGF).....	27
3.3.2. Pilotage du chantier	27
3.3.3. Approvisionnement des matériaux et évacuation des gravats (Références P6 et PC6 dans DPGF)	27
3.3.3.1. Approvisionnements	27
3.3.3.2. Gestion des gravats.....	27

3.3.3.3. Consignations.....	27
3.3.4. Déchets de chantier (Références P6 et PC6 dans DPGF).....	27
3.3.5. Nettoyage (Références P6 et PC6 dans DPGF).....	28
3.3.5.1. Nettoyage au cours des travaux.....	28
3.3.5.2. Nettoyage en fin de travaux.....	29
3.3.6. Thermographie infrarouge (Références EL5 et ELC5 dans DPGF).....	29
3.3.7. Réunions de chantier (Références P1 et PC1 dans DPGF).....	29
3.3.8. Contraintes d'intervention sur site.....	29
4. DESCRIPTION DES OUVRAGES.....	30
4.1. DESCRIPTION GENERALE DES BATIMENTS ET DES INSTALLATIONS EXISTANTES	30
4.2. EQUIPEMENTS DU BATIMENT CARNOT-CASSINI	33
4.2.1. Chauffage.....	33
4.2.1.1. Etat existant	33
4.2.1.2. Descriptif des travaux	34
4.2.2. Refroidissement	35
4.2.2.1. Etat existant	35
4.2.2.2. Descriptif des travaux	36
4.2.3. Ventilation.....	36
4.2.3.1. Etat existant	36
4.2.3.2. Descriptif des travaux	36
4.2.4. Eclairage.....	37
4.2.4.1. Etat existant	37
4.2.4.2. Descriptif des travaux	37
4.2.5. Comptage et suivi des consommations.....	38
4.2.5.1. Etat existant	38
4.2.5.2. Descriptif des travaux	38
4.2.6. Détection/Supervision.....	38
4.2.6.1. Descriptif des travaux	38
4.3. EQUIPEMENTS DU BATIMENT CORIOLIS	39
4.3.1. Chauffage.....	40
4.3.1.1. Etat existant	40
4.3.1.2. Descriptif des travaux	40
4.3.2. Refroidissement	41
4.3.2.1. Etat existant	41
4.3.2.2. Descriptif des travaux	41
4.3.3. Ventilation.....	41
4.3.3.1. Etat existant	41
4.3.3.2. Descriptif des travaux	42
4.3.4. Eclairage.....	43
4.3.4.1. Etat existant	43
4.3.4.2. Descriptif des travaux	43
4.3.5. Comptage et suivi des consommations.....	43
4.3.5.1. Etat existant	43
4.3.5.2. Descriptif des travaux	44
4.3.6. Détection/Supervision.....	44
4.3.6.1. Descriptif des travaux	44
4.4. EXPLOITATION	45
4.4.1. Conformité décret BACS.....	45
4.4.2. Travaux d'électricité.....	45
4.4.3. Editique	45
4.5. ARCHITECTURE RESEAUX	47
4.6. SUPERVISION.....	49
ANNEXES AU CCTP :	51
ANNEXE 01 : ANALYSE FONCTIONNELLE DE LA GTB AVEC EXEMPLES DE VUES GRAPHIQUES ATTENDUES	
ANNEXE 02 : PLAN DE COMPTAGE PAR ENERGIE	
ANNEXE 03 : LISTE DES POINTS GTB	
ANNEXE 04 : SYNOPTIQUE D'ARCHITECTURE SOUHAITEE	

ANNEXE 05 : DOE

ANNEXE 06 : INVENTAIRE DES EQUIPEMENTS

ANNEXE 07 : DOE GTB CARNOT

ANNEXE 08 : DOE GTB CORIOLIS

ANNEXE 09 : PLANS DES BATIMENTS

ANNEXE 10 : DOE CVC CFO CARNOT

ANNEXE 11 : DOE CVC CFO CORIOLIS

ANNEXE 12 : DOE LOCALISATION ECLAIRAGE A REMPLACER CARNOT

ANNEXE 13 : ZONAGE ET LISTING DES EQUIPEMENTS

1. PRESENTATION DU PROJET

1.1. Objet du marché

Le présent Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) concerne les travaux de modernisation de la gestion technique des bâtiments Carnot-Cassini et Coriolis de l'École nationale des ponts et chaussées (ENPC) et de l'École nationale des sciences géographiques (ENSG) à Champs-sur-Marne, avec les exigences du décret BACS (Building Automation and Control Systems).

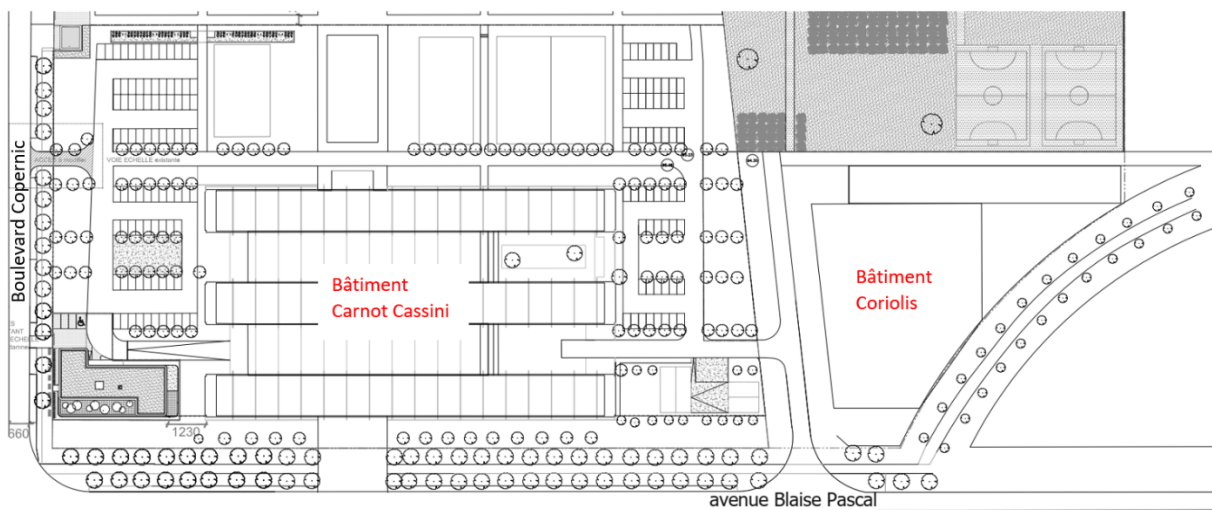
Les prestations à réaliser portent sur la modernisation de la GTB existante en place dans chacun des bâtiments concernés, afin de répondre aux exigences fonctionnelles minimales définies par la réglementation.

Le système GTB devra permettre le pilotage centralisé et automatisé des systèmes techniques (chauffage, refroidissement, ventilation, éclairage, comptage énergétique), conformément aux standards actuels de performance, de cybersécurité et d'interopérabilité.

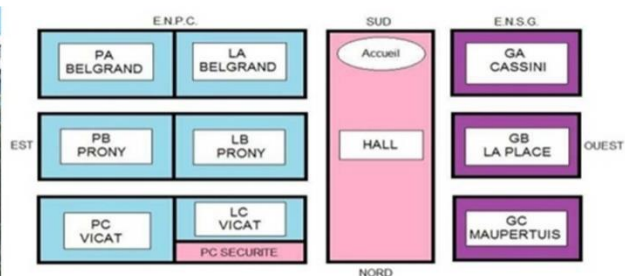
1.2. Lieu d'exécution

Les prestations objet du marché sont à exécuter sur 2 bâtiments situés au 6/8 avenue Blaise Pascal – Cité Descartes – à 77420 Champs-sur-Marne.

Le bâtiment Carnot-Cassini est propriété de l'Etat. L'Etat met l'immeuble à la disposition de l'Ecole nationale des sciences géographiques (ENSG) et de l'Ecole nationale des ponts et chaussées (ENPC), lesquelles ont des statuts d'Etablissements Publics, sous tutelle du Ministère de la Transition Ecologique.



DONNÉES BATIMENT CARNOT	VALEUR / DESCRIPTION
Surface du bâtiment	29 300 m² SUB
Nombre de niveaux	6 ou 7
Mise en service GTB	1997 Johnson Controls / TREND 945
Type / Catégorie	R avec activités de type L et N / ERP 2ème catégorie
Bâtiment classé aux Monuments Historiques	Non
Bâtiment « remarquable » au PLU	Oui
Effectifs déclarés	1432
Année de construction	1994



Le bâtiment Coriolis est propriété de l'Etat. L'Etat met l'immeuble à la disposition de l'Ecole nationale des ponts et chaussées (ENPC).

DONNÉES BATIMENT CORIOLIS	VALEUR / DESCRIPTION
Surface du bâtiment	4053 m² SUB
Nombre de niveaux	7
Mise en service GTB	KNX Legrand
Type / Catégorie	R avec activités de type L, W et PS/ ERP 2ème catégorie
Bâtiment classé aux Monuments Historiques	Non
Effectifs déclarés	1030
Année de construction	2013



1.3 Périmètre du marché

Ce marché inclut :

- La mise à niveau des installations GTB existantes pour répondre aux fonctions minimales du décret BACS ;
- La garantie d'une interopérabilité de tous les systèmes techniques à travers l'emploi de protocoles ouverts (BACnet, Modbus, KNX...) et la mise en œuvre de mesures de cybersécurité adaptées ;
- La fourniture d'une interface de supervision ergonomique, accessible aux exploitants techniques, avec visualisation des états de fonctionnement, alertes, historiques de consommation, et tableaux de bord ;
- L'installation de systèmes techniques tels que :
 - Le remplacement d'automates
 - L'installation de vannes et de servomoteurs
- La formation des utilisateurs à l'exploitation de la GTB modernisée, ainsi que la remise de toute la documentation technique et réglementaire associée.

Les travaux devront être réalisés en site occupé, dans le respect des activités pédagogiques, scientifiques et administratives de l'établissement. Le titulaire devra organiser son intervention pour garantir la continuité de service (Plan de continuité d'activité pendant les travaux (PC VUE et TREND 963), la sécurité des usagers et la non-perturbation du fonctionnement quotidien des bâtiments.

L'ENPC et l'ENSG sont parmi les plus anciens et prestigieux établissements d'enseignement supérieur français.

Elles forment des ingénieurs et chercheurs de haut niveau dans les domaines de l'infrastructure, de l'aménagement du territoire, de l'environnement, du transport, de l'énergie, des technologies des systèmes d'information, de la géodésie et métrologie dimensionnelle, de la télédétection, de la photogrammétrie, de l'information forestière, de l'instrumentation métrologique innovante et des SIG, cartographie et analyse spatiale.

Les deux écoles sont rattachées au ministère de la Transition écologique et dispose de plusieurs implantations, dont une commune située dans le bâtiment Carnot-Cassini sur le campus de la Cité Descartes à Champs-sur-Marne (77).

Le bâtiment Coriolis accueille exclusivement les activités de formation et de recherche de l'ENPC.

Le bâtiment Carnot-Cassini est chauffé par un réseau urbain et le bâtiment Coriolis est chauffé en géothermie. Ils disposent de systèmes de ventilation mécanique, d'unités de rafraîchissement localisées, d'un éclairage standard et d'un système GTB existant partiellement exploité et peu interopérable.

Conformément au décret BACS, les bâtiments tertiaires équipés de systèmes techniques (chauffage, ventilation, climatisation) dont la puissance utile cumulée dépasse 290 kW doivent, avant le 1er janvier 2025, être dotés d'un système d'automatisation et de contrôle garantissant :

- La supervision technique des installations,
- L'analyse et l'historisation des consommations par usage,
- L'adaptation automatique aux besoins réels des usagers,
- La détection des anomalies ou dérives,
- L'interopérabilité avec des protocoles ouverts,
- La mise à disposition d'un accès local ou distant aux fonctions de supervision.

La GTB actuelle, bien que partiellement opérationnelle, ne remplit pas l'ensemble de ces fonctions de manière systématique ou homogène.

Le présent marché vise donc à adapter et étendre les capacités de la GTB, à travers une modernisation ciblée et conforme aux prescriptions du décret.

La mission s'inscrit également dans la stratégie de transition énergétique et de pilotage énergétique intelligent portée par l'ENPC et l'ENSG, soucieuses d'optimiser leurs usages, de réduire leur empreinte carbone, et de s'inscrire dans une démarche d'exemplarité environnementale.

1.4 Objectifs et finalités des travaux

Les travaux de mise en conformité des bâtiments Carnot-Cassini et Coriolis avec le décret BACS poursuivent plusieurs objectifs stratégiques, techniques et réglementaires :

Assurer la conformité réglementaire

Adapter les installations techniques à la réglementation en vigueur, notamment les articles du décret BACS et leurs arrêtés d'application. L'objectif est de doter les bâtiments d'un système GTB assurant la supervision, l'automatisation, le contrôle actif des installations, et le suivi énergétique, conformément à la classe minimale B définie par la norme NF EN ISO 52120-1.

Optimiser la performance énergétique

Améliorer l'efficacité des installations techniques (chauffage, ventilation, rafraîchissement, éclairage) par une régulation affinée, une programmation horaire, et l'adaptation dynamique des consignes en fonction des usages et de l'occupation réelle des locaux. Cette approche vise à réduire les consommations, limiter les pertes, et maîtriser les coûts d'exploitation.

Renforcer la supervision et le suivi énergétique

Mettre en place une supervision centralisée capable d'historiser, d'analyser et de valoriser les données de consommation, par usage (chauffage, électricité, ventilation, éclairage) et par zone fonctionnelle. Ces données devront être exploitables pour le pilotage, l'optimisation énergétique et la réponse aux obligations du décret tertiaire.

Garantir l'interopérabilité des systèmes

Assurer l'intégration des équipements existants et nouveaux au sein d'un environnement GTB cohérent, reposant sur des protocoles ouverts. L'objectif est d'offrir une architecture souple, évolutive, et compatible avec les exigences futures (maintenance prédictive, extension fonctionnelle (nouveaux usages, nouveaux points de mesure par exemple), pilotage multi-sites...).

Renforcer la cybersécurité

Sécuriser les systèmes d'automatisation contre les risques de cyberattaques et de malveillance. Cela implique la mise en œuvre de bonnes pratiques : cloisonnement réseau, chiffrement, gestion des droits d'accès, journalisation des événements, mises à jour logicielles sécurisées.

Améliorer le confort des usagers

Offrir des conditions optimales de confort thermique et visuel, via une régulation adaptée aux besoins réels, tout en garantissant une exploitation intuitive pour les gestionnaires techniques.

Le système devra également prendre en compte les spécificités des espaces pédagogiques, notamment en période d'occupation variable.

Préparer le bâtiment aux évolutions futures

Permettre l'extension ou l'évolution des systèmes dans une logique de long terme, en intégrant dès à présent les bases d'une architecture modulaire et ouverte (intégration possible de capteurs QAI, gestion dynamique de l'occupation, scénarios d'usage, etc.).

1.5 Organisation du marché de travaux

1.5.1. Caractéristiques du marché

Ces travaux seront traités en un marché unique avec une entreprise générale ou un groupement conjoint ou solidaire d'entreprises. Un mandataire sera désigné pour assurer la coordination globale et la communication avec la maîtrise d'ouvrage.

Compte tenu de la spécificité et de l'indivisibilité technique de certaines des prestations à réaliser le marché peut être exécuté par un **groupement conjoint**, chaque membre étant responsable de ses prestations. En cas de groupement conjoint, le mandataire est solidaire de chacun des membres du groupement au titre de ses obligations contractuelles à l'égard du pouvoir adjudicateur pour l'exécution des prestations.

A défaut d'une répartition claire et détaillée des prestations, le candidat attributaire est tenu de modifier la forme du groupement dans le cadre d'une mise au point avant la notification du marché, afin que le **groupement devienne solidaire**.

Cette organisation permettra d'assurer une meilleure gestion des interfaces, une responsabilité unique en cas de défaillance, et une exécution cohérente des prestations techniques.

Le présent marché est majoritairement de type « à prix global forfaitaire ».

Le marché à « prix global forfaitaire » est celui où les prestations demandées à l'entrepreneur sont parfaitement définies par le maître d'ouvrage, et où le prix global est fixé par l'entrepreneur à l'avance. Le soumissionnaire doit des installations complètement terminées, et ceci, dans les moindres détails, exécutées suivant les règles de l'art.

Le présent document a pour objet de renseigner les entrepreneurs sur la nature et l'importance des travaux à réaliser.

Le soumissionnaire devra signaler le cas échéant, les omissions, imprécisions, contradictions ou erreur de quantification qu'il pourrait relever dans les documents écrits et plans techniques du dossier d'appel d'offres, et demander les éclaircissements nécessaires.

Une omission n'aura pas pour effet de soustraire l'entrepreneur à l'obligation d'exécution des ouvrages en état de fonctionnement, tels qu'ils sont dessinés ou écrits, pour le montant forfaitaire du marché.

De même, l'entrepreneur ne pourra se prévaloir d'une erreur ou omission susceptible d'être relevée dans les documents du marché, pour refuser l'exécution des travaux nécessaires au complet achèvement des ouvrages ou prétendre à un supplément de prix.

Le dossier de consultation définit d'une manière précise l'objet du marché et les caractéristiques des travaux à prévoir.

Le prix global forfaitaire indiqué par l'entrepreneur doit correspondre à des travaux livrés entièrement terminés.

Prestations à la charge des entreprises :

Dans le cadre de l'exécution de son marché, l'entrepreneur devra produire implicitement :

- toutes ses installations de chantier
- la fourniture, le transport et la mise en œuvre de tous les matériaux, produits et composants de construction nécessaires à la réalisation parfaite et complète de tous les ouvrages de son marché
- l'établissement des plans d'installation de chantier
- tous les échafaudages, engins ou dispositifs de levage nécessaires à la réalisation des travaux le cas échéant
- tous les percements, saignées, rebouchage, scellements, raccords et autres dans les conditions précisées dans les documents contractuels
- la fixation par tous moyens de ses ouvrages
- l'enlèvement des gravas de ses travaux et les nettoyages après travaux
- la main d'œuvre et la fourniture nécessaires pour toutes les reprises, finitions, vérifications, réglages de ses ouvrages en fin de travaux et après la réception
- la mise à jour ou l'établissement de tous les plans à remettre au maître d'ouvrage à la réception des Travaux
- la remise de toutes les instructions et modes d'emploi écrits concernant le fonctionnement et l'entretien des installations et équipements
- les incidences consécutives aux travaux en heures supplémentaires, heures de nuits, ... nécessaires pour respecter les délais d'exécution,
- et tous les autres frais et prestations nécessaires à la réalisation parfaite et complète des travaux.

Le présent marché comprend une partie forfaitaire ainsi qu'une partie exécutée par bons de commande, conformément aux dispositions réglementaires applicables. La partie à bons de commande couvrira les besoins non quantifiables au moment de la consultation, sur la base des prix unitaires fournis.

1.5.2. Planning – Phasage

Le délai prévisionnel d'exécution du marché est de neuf mois dont un mois de préparation et six mois de travaux et 2 mois de mise en service et d'essais. Les travaux prévus au présent dossier peuvent être réalisés en horaires décalés et avec un phasage permettant la continuité de service de l'établissement.

Il sera compris dans le délai de préparation d'un mois le repérage des installations techniques, les sondages, la réalisation des études d'exécution et la mise en place des installations de chantier.

Les entrepreneurs devront remettre au maître d'œuvre, durant cette période de préparation du chantier, leur projet de planning. Sur la base de ces documents, le maître d'œuvre établira le planning contractuel après approbation de la maîtrise d'ouvrage.

Le phasage prévu est le suivant :

- Phase de préparation (4 semaines)
 - Validation des études d'exécution.

- Approvisionnement des équipements.
- Organisation logistique et mise en sécurité du chantier.
- Phase d'installation (24 semaines)
 - Pose des équipements (contacteurs, compteurs, coffrets électriques)
Le « relamping » du bâtiment Coriolis doit être priorisé
 - Réalisation des câblages et raccordements.
 - Configuration initiale de la GTB
- Phase de mise en service et tests (8 semaines)
 - Programmation et intégration des nouveaux équipements dans la GTB
 - Réalisation des tests fonctionnels (éclairage, suivi des consommations, alertes).
 - Formation des utilisateurs.

1.5.3. Documents à remettre à la maîtrise d'ouvrage

Avant le commencement des travaux :

- Les plans d'exécution et les plans d'atelier de chantier relatifs à la technique d'exécution tels que : plans d'installation, schémas de fabrication, schémas de câblage, plans relatifs aux incidences et interventions techniques spéciales, propres à l'entreprise.
- Le plan d'installation de chantier
- La liste des déchets induits par la réalisation de ses ouvrages.
- Le mode opératoire pour l'évacuation ou la destruction de ceux-ci.

Avant la réception des travaux :

- Les plans des ouvrages exécutés
- Les autocontrôles et les essais
- Les schémas de fonctionnement des installations (schémas de principe),
- Les instructions claires et précises de conduite et d'entretien du matériel et des installations, en langue française, et adresses des fournisseurs du matériel mis en œuvre,
- Toutes indications utiles à la bonne marche de chaque appareil,
- Les étiquettes signalétiques sur les appareils le cas échéant
- Le schéma de principe affiché, la notice de fonctionnement.
- Les documentations des matériels installés (FDS, fiches techniques...).

1.5.4. Démarches et autorisations (Références P2 et PC2 dans DPGF)

Il appartiendra à l'entrepreneur d'effectuer, en temps utile, toutes démarches et toutes demandes auprès des services publics, services locaux ou autres, pour obtenir toutes autorisations, instructions, accords nécessaires à la réalisation des travaux.

Les soumissionnaires ont toute latitude de proposer les solutions de leur choix qui leur sembleraient mieux adaptées à la construction ou au résultat recherché.

L'entrepreneur doit intervenir sur le chantier en liaison avec les entrepreneurs des autres corps d'état intéressés pour effectuer les travaux, sans porter atteinte à la stabilité, à la sécurité des personnes, à la

sécurité des ouvrages, en particulier lorsqu'il s'agit d'effectuer des saignées ou des percements dans les éléments porteurs.

2. PRESCRIPTIONS GENERALES

2.1 Réglementation des marchés

2.1.1 Réglementations générales applicables aux travaux

L'entrepreneur est toujours tenu de respecter, dans l'exécution de ses travaux ainsi que pour les installations et l'organisation du chantier, toutes les lois et textes réglementaires dans la mesure où ils concernent ses travaux, dont notamment les suivantes :

- Code Civil
- Code de la construction et de l'habitation
- Code du travail
- Règlement national d'urbanisme
- Règlement sanitaire départemental et/ou national
- REEF
- Réglementations sécurité incendie
- Textes relatifs à la sécurité et à la protection de la santé sur les chantiers
- Réglementations acoustiques dont NRA
- Législation concernant les conditions de travail et l'emploi de la main d'œuvre
- Textes relatifs à la protection et à la sauvegarde de l'environnement
- Textes concernant la limitation des bruits de chantier
- Textes concernant les déchets de chantier
- Règlements municipaux et/ou de police relatifs à la signalisation et à la sécurité de la circulation aux abords du chantier
- Et tous autres textes réglementaires et législatifs ayant trait à la construction, à l'urbanisme, à la sécurité, etc.

2.1.2. Réglementations concernant la sécurité et la santé des ouvriers

Sécurité et protection de la santé sur les chantiers :

Les chantiers sont soumis, en matière de sécurité et de protection de la santé, aux dispositions législatives en vigueur à ce sujet.

Un coordonnateur CSPS a été désigné pour cette opération.

Les entrepreneurs seront contractuellement tenus de prendre toutes dispositions qui s'imposent et de répondre à toutes les demandes du coordonnateur concernant l'intégration de la sécurité et l'organisation de la coordination en matière de sécurité et de protection de la santé sur les chantiers.

Tous les frais en découlant pour les entrepreneurs sont contractuellement réputés compris dans le montant de leur marché. A ce sujet, il est rappelé l'autorité du coordonnateur sur le chantier : en cas de non-respect des règles définies au présent CCTP, à l'avis d'appel à concurrence et au dossier de Consultation ne mettant pas en cause la vie d'autrui, le coordonnateur pourra mettre en demeure

l'entreprise de remédier aux manques constatés, et une copie sera transmise au maître d'ouvrage et au maître d'œuvre.

Dans le cas de non mise en conformité dans le délai énoncé ci-dessus, le coordonnateur en informera le maître d'ouvrage par écrit qui statuera sur l'arrêt ou non de l'entreprise.

En cas de risque grave et immédiat, le coordonnateur aura autorité pour arrêter une entreprise si les règles de sécurité définies dans le présent CCTP, mettant en cause directement la vie des ouvriers, des usagers de la route ou des riverains, ne sont pas respectées.

Le coordonnateur disposera alors d'un délai de vingt-quatre heures pour donner son autorisation de reprise des travaux après examen des mesures qui auront été prises par l'entreprise en cause.

Le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et les organismes associés seront tenus informés, par mail, de tout arrêt des travaux, précisant la date, l'heure et les raisons de cet arrêt.

Une mention de cet arrêt devra figurer dans le registre journal.

Sécurité des ouvriers contre les chutes :

L'entrepreneur doit prendre toutes les dispositions nécessaires pour assurer, dans tous les cas, la protection contre les chutes du personnel qui est amené à travailler ou à circuler sur la toiture, conformément à la réglementation en vigueur :

- décret n°65-48 du 8 janvier 1965 concernant l'exécution des dispositions du livre II du Code du travail – titre III
- DTU n°43-3 – annexe B

2.1.3. Réglementations techniques

Normes et règlements

Les installations, matériaux et calculs devront être réalisés conformément aux règles de l'art, documents techniques unifiés, arrêtés, normes et décrets en vigueur à la date de la signature du marché et plus particulièrement aux :

- Décret n°2020-887 du 20 juillet 2020, relatif aux systèmes d'automatisation et de contrôle des bâtiments non résidentiels ;
- Décret n°2023-259 du 7 avril 2023, modifiant et précisant les modalités d'application du décret BACS ;
- Articles R.131-26 à R.131-28 du Code de la construction et de l'habitation (CCH) ;
- Norme NF EN ISO 52120-1 : 2022 – « Performance énergétique des bâtiments – Impact des automatismes, régulations et GTB » ;
- Directive européenne (UE) 2018/844, modifiant la directive 2010/31/UE ;

L'installation sera en outre conforme :

- Au décret du 01.10.1987 concernant l'hygiène des locaux de travail.
- Des avis techniques formulés par les organismes officiels centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), service technique des assurances constructions (stac), etc....,
- Des classements, des homologations et des agréments, en particulier en ce qui concerne le comportement au feu.

Protection contre l'incendie :

Pour tous les matériaux et produits concernés par la réglementation Sécurité Incendie, l'entrepreneur devra assurer et garantir une mise en œuvre répondant strictement aux conditions et prescriptions stipulées dans le PV d'essai au feu du matériau ou produit concerné et se conformer au :

- Code de la construction et de l'habitation articles R.123- à R123-55.
- Code du travail R.232-12.
- Règlement de sécurité incendie du 25 juin 1980 dans l'établissement recevant du public, y compris tous les arrêtés modifiants ou complétant le règlement de sécurité dans les établissements recevant du public, L'établissement est classé en type R et L de 5ème, avec en particulier l'arrêté du 19 novembre 2001 portant approbation de dispositions modifiant et complétant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public,

Les réglementations techniques qui régissent la plus grande partie des travaux, produits et procédés utilisés dans les travaux de bâtiment sont les suivantes :

Pour les travaux, produits et procédés traditionnels :

- les documents techniques unifiés (DTU)
- les normes
- les règles ou recommandations professionnelles

Pour les produits et procédés non traditionnels ou innovants, non couverts par les réglementations ci-dessus :

- Avis techniques
- Agréments techniques européens
- Procédures ATEX
- Produits certifiés
- Cahiers des charges de mise en oeuvre établis par les fabricants
- Procédure d'avis de chantier

Documents techniques unifiés – DTU-CCTG

DTU : applicables aux marchés privés

CCTG : DTU approuvés par décret pour les marchés publics

Il n'existe pas d'obligation légale générale de respect des DTU/CCTG, mais l'obligation contractuelle de respect de ces documents est pratiquement systématique dans les marchés.

Obligations par les assureurs

L'association française des assureurs construction (AFAC) a défini qu'étaient couverts dans le cadre du contrat de responsabilité décennale en risque normal : un ouvrage traditionnel réalisé par une entreprise qualifiée dans le cadre des spécifications des DTU ou autres documents reconnus par l'AFAC.

Règles professionnelles

Certains organismes professionnels ont édité des règles professionnelles ou des recommandations professionnelles qui définissent et précisent, en l'absence de DTU, les règles de l'art et les modalités d'exécution de leur domaine.

Le respect de ces règles ou recommandations n'a pas de caractère obligatoire, sauf mention expresse dans les documents particuliers du marché.

Avis techniques

Les matériaux, équipements ou procédés de construction nouveaux, non couverts par les DTU et normes, peuvent faire l'objet de procédure d'Avis Technique avec certificat de suivi et de marquage.

Pour tous les matériaux, équipements ou procédés de construction faisant l'objet d'une procédure d'Avis Technique, les assureurs ne prennent en garantie que ceux titulaires de cet Avis Technique.

Agréments techniques européens

Mêmes principes que pour les Avis Techniques. L'entrepreneur devra également s'assurer auprès de sa compagnie d'assurance des conditions de prise en garantie.

Procédure ATEx

Dans le cas d'un matériau, équipement ou procédé de construction nouveau ne faisant pas l'objet d'une procédure d'Avis technique, l'obtention d'un Avis Technique exigé par les assureurs doit être demandée par l'entrepreneur.

Le délai d'obtention de cet Avis Technique étant très long, l'entrepreneur pourra faire appel à une autre procédure dite procédure ATEx (appréciation technique d'expérimentation).

Cette procédure ATEx aboutit dans un délai de 2 mois environ à compter la présentation du dossier auprès du CSTB.

Produits certifiés :

De nombreux produits, matériaux et équipements sont titulaires de « certificats de qualification », ces produits, matériaux et équipements sont alors dits « certifiés ».

Ces produits certifiés comportent un marquage clairement visible avec le sigle correspondant NF – CTB – ATG – QUALIF – CEKAL – ACERFEU, ..., et CE.

Ces marques de qualité sont exigées pour les marchés publics, dans tous les cas.

Autres obligations

Le maître d'ouvrage peut imposer à l'entrepreneur d'autres obligations, entre autres :

- le respect d'un cahier des charges de mise en œuvre par le fabricant,
- la procédure d'urgence d'agrément d'un matériau ou procédé de construction nouveau, dite avis de chantier.

Réglementation technique européenne

Directive concernant les produits de construction

Directive 89/106/CEE – Produits de constructions (décret n°92.467 du 8 juillet 1992 modifié par le décret n°95-1051 du 20 septembre 1995)

La directive impose 6 exigences essentielles auxquelles doivent répondre les ouvrages dans lesquels ces produits de construction sont incorporés :

- 1- résistance mécanique et stabilité
- 2- sécurité en cas d'incendie
- 3- hygiène, santé et environnement
- 4- sécurité d'utilisation
- 5- protection contre le bruit
- 6- économie d'énergie et isolation thermique

La directive crée une marque de conformité « CE » qui doit être apposée sur les produits.

Circulaire du 15 octobre 1996, qui présente les règles de construction établies par le Comité de normalisation européen.

Divers

Connaissance des réglementations et des documents contractuels. Chaque entrepreneur est contractuellement réputé parfaitement connaître les réglementations et les documents contractuels applicables aux travaux de son marché.

Ordre de préséance

Dans le cas éventuel de divergences ou discordances implicites ou explicites entre les spécifications du CCTP et les clauses et prescriptions des DTU et des normes, il est précisé l'ordre de préséance décroissante suivant :

- Acte d'Engagement (AE)
- Le présent Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) et toutes ses annexes
- Décomposition des Prix Global et Forfaitaire (DPGF)
- Bordereau des prix unitaires (BPU)
- Cahier des Clauses Administratives Particulières (CCAP)
- Planning d'exécution des travaux
- Mémoire technique
- Acte de sous-traitance et ses avenants

2.2 Respect des plans et du CCTP

2.2.1. Nature et étendue des travaux

Les travaux comprendront la totalité des ouvrages nécessaires à leur parfait achèvement propre à leur destination et leur usage.

L'objectif principal de ce CCTP est de permettre une gestion énergétique intelligente et évolutive, capable d'adapter dynamiquement les consignes selon les usages réels, d'historiser les données de consommation, de prévenir les dérives de fonctionnement, et de garantir la conformité réglementaire avant le 1er janvier 2027.

Il est contractuellement convenu que, moyennant le prix porté sur l'acte d'engagement servant de base au marché, chaque entrepreneur devra l'intégralité des travaux nécessaires au complet et parfait achèvement des ouvrages, en conformité avec les plans et avec la réglementation et les normes contractuellement réputées connues.

L'entrepreneur participant à l'opération est contractuellement réputé avoir parfaite connaissance de l'ensemble des documents constituant le présent marché.

En cas de divergences implicites ou explicites entre ces documents, la décision sera du ressort du maître d'œuvre.

2.2.2. Caractéristiques des plans et devis

Les entrepreneurs devront prévoir tous les travaux indispensables dans l'ordre général et par analogie, étant entendu qu'ils doivent assurer le complet et le parfait achèvement des travaux prévus dans le marché et ce, sans qu'ils puissent prétendre à aucune majoration du prix global et forfaitaire en raison d'omission aux plans ou au descriptif.

Les entrepreneurs s'étant rendu compte des travaux à effectuer et de leur importance et nature, après visite sur site, ils sont réputés avoir suppléé par leurs connaissances professionnelles aux détails qui pourraient être omis sur les plans ou dans le présent CCTP.

Ce document et les plans DCE n'ont pour objet que de définir le programme des installations à réaliser et ne doivent pas être considérés comme limitatifs.

2.2.3. Connaissance des lieux

Les entrepreneurs sont instamment priés, avant la remise de leur offre, de se rendre sur place et d'examiner les lieux avec attention, afin d'avoir une parfaite connaissance de l'opération.

Les entrepreneurs doivent :

- Avoir pris connaissance de tous les plans et documents utiles à la réalisation des travaux, des lieux et terrains et de tous éléments généraux et locaux en relation avec l'exécution des travaux.
- Avoir apprécié toutes les conditions d'exécution des ouvrages et s'être parfaitement et totalement rendus compte de leur nature, de leur importance et de leur particularité.
- Avoir pris connaissance de toutes les conditions physiques et de toutes sujétions relatives aux lieux des travaux, aux accès et aux abords, à la topographie, à la nature des terrains, à l'organisation et au fonctionnement du chantier (moyens de communication et de transport, lieu de stockage des matériaux, ressources en main d'œuvre, énergie électrique, eau, etc....).
- Avoir contrôlé toutes les indications des plans, s'être entourés de tous renseignements complémentaires éventuels auprès du maître d'œuvre, du maître d'ouvrage et des services publics.
- Avoir pris tous renseignements concernant d'éventuelles servitudes ou obligations

Aucune réclamation ne sera admise par le maître d'œuvre après la consultation concernant une non-conformité éventuelle entre les travaux à exécuter et les données définies au présent dossier.

2.2.4. Vérification des cotes

Les entrepreneurs seront tenus de vérifier les cotes et altimétries portées aux plans et dessins, de s'assurer de leur concordance sur place et ce, avant tout commencement des travaux. Aucune cote ne devra être prise à l'échelle sur les dessins et, en cas de doute, les entrepreneurs en référeront immédiatement à l'architecte. Aucune modification de cote ne sera portée sans autorisation écrite de l'architecte. Cette disposition s'applique pour toutes les prescriptions du projet.

L'entrepreneur qui ne se serait pas conformé à ces prescriptions sera responsable de toute erreur relevée sur place et supportera toutes les conséquences de toute nature qui pourraient en résulter, y compris la réfection complète des ouvrages concernés quel que soit le degré d'avancement des travaux.

2.2.5 Plans d'exécution, études techniques, échantillons (Références P4 et PC4 dans DPGF)

Les entrepreneurs devront fournir, dans le cadre des prévisions d'exécution et avant réalisation des ouvrages, les plans, les détails d'exécution, les notes de calcul, les schémas, les échantillons ou surfaces témoins, ainsi que tous les autres éléments utiles à l'appréciation de leurs prestations.

Tous ces documents, études ou échantillons sont considérés comme inclus dans l'offre de l'entrepreneur et ne feront l'objet d'aucun supplément de prix.

Les entrepreneurs devront remettre au maître d'œuvre, dans le mois qui suit la notification du marché, une notice technique comprenant les procès-verbaux d'essais des matériaux à mettre en œuvre et les plans d'exécution de ses ouvrages.

2.2.6 Qualité et provenance des matériaux

Tous les matériaux et matériels seront neufs et de la qualité indiquée. Les matériaux et matériels, quels qu'ils soient, ne devront en aucun cas présenter de défauts susceptibles d'altérer l'aspect des ouvrages ou de compromettre l'usage des installations.

Dans le cadre des prescriptions du présent document, le maître d'œuvre aura toujours le droit de désigner la nature et la provenance des matériaux et matériels qu'il désire voir employer, et d'accepter ou de refuser ceux qui lui sont proposés.

Avant le montage, toutes précautions devront être prises pour le stockage des matériels, afin de ne pas altérer leurs qualités. Avant tout début des travaux, l'entrepreneur devra, sur simple demande, présenter au maître d'œuvre pour acceptation, un échantillon des différents matériaux et matériels qu'il envisage de mettre en œuvre.

Pour tous les matériaux soumis à avis technique, l'entrepreneur ne pourra mettre en œuvre que des matériaux et produits fabriqués titulaires d'un avis technique.

Pour les produits ayant fait l'objet d'une certification par un organisme certificateur, l'entrepreneur ne pourra mettre en œuvre que des produits titulaires d'un certificat de qualification.

Pour certains matériels et produits, le choix du concepteur ne peut être défini d'une manière précise sans faire référence à un matériel ou produit d'un modèle d'une marque. Les marques et modèles devront être indiqués avec la mention « ou techniquement équivalent ».

L'entrepreneur étant responsable de la fourniture des matériaux et de leur mise en œuvre, il conserve le droit de refuser l'emploi de matériaux ou composants préconisés par le maître d'œuvre s'il juge ne pas pouvoir en prendre la responsabilité.

Il devra alors justifier son refus par écrit avec toutes justifications à l'appui.

Pour tous les matériaux et produits fabriqués soumis à un avis technique du CSTB, l'entrepreneur ne pourra mettre en œuvre que des matériaux titulaires de cet avis technique et il devra toujours être en mesure, à la demande du maître d'œuvre, d'en apporter la preuve.

L'entrepreneur sera également tenu de produire à toute demande du maître d'œuvre, les procès-verbaux d'essais ou d'analyses des matériaux établis par des organismes qualifiés.

A défaut de production de ces procès-verbaux, le maître d'œuvre pourra prescrire des essais ou analyses sur prélèvements, qui seront entièrement à la charge de l'entrepreneur.

2.2.7. Contrôles et essais (Références P5 et PC5 dans DPGF)

Les études spécifiques établies par l'entrepreneur seront soumises à l'approbation du bureau de contrôle.

Les entrepreneurs devront faire connaître les moyens en personnel et en matériel qu'ils envisagent de mettre en œuvre pour procéder aux vérifications techniques et faire parvenir systématiquement tous les documents, certificats et procès-verbaux d'essais qu'ils établiront à cet effet.

Les essais et vérifications seront à la charge de l'entreprise et inclus forfaitairement dans l'offre.

Le maître d'ouvrage et l'architecte auront la faculté de faire exécuter par l'entrepreneur concerné ou par un bureau spécialisé tous essais de toute nature en compléments de ceux prévus ou non, dans les cas suivants :

- Si les ouvrages exécutés leur semblent douteux,
- S'ils jugent les essais prescrits mal exécutés, douteux, peu fiables ou s'ils ont été réalisés par un bureau non agréé.

Ces essais complémentaires seront réglés comme suit :

- Par l'entrepreneur défaillant s'ils sont négatifs,
- Par le maître d'ouvrage s'ils sont positifs.

En cas d'essais négatifs, tous les essais complémentaires nécessaires pour l'obligation de résultat seront exclusivement à la charge de l'entreprise. Les essais complémentaires ou contradictoires engagés volontairement par l'entreprise ne donneront lieu à aucun supplément de prix.

Cet article est également applicable aux ouvrages refusés par le bureau de contrôle ou autres services compétents engagés dans l'opération.

Contrôle des installations

L'entrepreneur remettra trois semaines avant l'exécution de ses travaux, pour contrôle technique et approbation, un dossier en trois exemplaires, comprenant :

- Les plans d'exécution des ouvrages, schémas et notes de calculs,
- Les marques et types du matériel installé.

Le non-respect de cette clause pourra entraîner :

- Le démontage des installations non acceptables aux frais et à la charge de l'entreprise y compris les incidences sur les autres lots,
- Le remontage des installations conformément aux remarques formulées après contrôle, aux frais et à la charge de l'entreprise, y compris les incidences sur les autres lots.

2.2.8. Dossier technique de récolement (Références P5 et PC5 dans DPGF)

Pour l'ensemble des ouvrages exécutés et des installations techniques, les entrepreneurs devront produire à la réception, un dossier de récolement complet, en un exemplaire papier et une version numérique sur une clé USB, comprenant :

- Les plans des travaux exécutés,
- Les fiches techniques des matériaux,
- Les PV et avis techniques demandés par le bureau de contrôle,
- Les certificats de garantie spécifiques des matériels,
- Les notices de mode d'emploi et d'entretien.

Les plans seront à remettre en format DWG (version 2023) et en PDF.

NOTA : La réception sans réserve ne sera pas prononcée en l'absence de fourniture du dossier de récolement.

2.2.9. Dossier des ouvrages exécutés (liste non exhaustive) (Références P5 et PC5 dans DPGF)

15 jours avant les opérations préalables à la réception des travaux, l'entreprise devra remettre les documents suivants :

- Schémas techniques d'installation
 - Plans des câblages réalisés (électriques et communication).
 - Synoptiques des installations GTB, incluant les connexions entre les différents systèmes (éclairage, suivi des consommations, refroidissement).
 - Schémas des tableaux électriques modifiés ou ajoutés.
- Analyses fonctionnelles
 - Description des scénarios de régulation et de supervision implémentés.
 - Documentation des consignes de pilotage pour chaque usage (éclairage, suivi énergétique).
 - Schéma des flux de communication entre les équipements et la GTB
- Rapports de tests et validations
 - Compte rendu des tests de conformité (fonctionnels, connectivité, sécurité).
 - Procès-verbaux de réception provisoire et définitive.
 - Historique des tests de communication et d'intégration réalisés sur site.
- Documentation d'exploitation (DOE)
 - Manuel d'utilisation des interfaces GTB (pages de supervision créées pour l'éclairage, suivi des consommations).
 - Guide de maintenance préventive et curative des équipements intégrés (contacteurs, passerelles, compteurs).
 - Sauvegarde des configurations logicielles et des scénarios implémentés dans la GTB.
 - Liste des coordonnées des intervenants pour assistance ou dépannage.

Ces documents seront transmis en format numérique et papier, et validés par la maîtrise d'ouvrage avant la clôture du projet.

2.2.10. Réception

La réception sera prononcée dès l'entier achèvement des travaux et, s'il y a lieu, après réfection ou parachèvement des ouvrages qui auraient donné lieu à des observations.

Lors de la réception, les entreprises devront produire les pièces de récolement, l'avis du contrôleur sur l'estimation de l'ouvrage, les certificats de conformité, etc.

Le maître d'œuvre rédigera le procès-verbal de réception des ouvrages et les listes de réserves qui seront signés par le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et les entreprises.

Les entreprises disposeront, à compter de la date de la réception, de **30 jours** calendaires pour exécuter ou terminer les travaux omis ou incomplets et remédier aux imperfections ou malfaçons. Passé ce délai, le maître d'ouvrage aura le droit de faire procéder à l'exécution des travaux par tous moyens de son choix aux frais, risques et périls de l'entreprise défaillante moyennant une mise en demeure préalable ou toute autre formalité.

2.2.10.1 Réception des travaux

Tests de conformité

Les tests de conformité visent à garantir que tous les équipements installés et intégrés répondent aux exigences fonctionnelles et techniques définies dans ce CCTP. Les vérifications suivantes devront être effectuées :

- Conformité matérielle : Vérification de la bonne installation des équipements (contacteurs, compteurs, passerelles, modules de communication) selon les plans et schémas validés.
- Connectivité : Validation de la communication entre les équipements et la GTB Tridium Niagara ou équivalent tels que Desigo Optic, Honeywell, Schneider, ... (compatibilité DALI pour l'éclairage, Modbus, BACnet IP, Modbus IP, RS485, M-Bus, KNX IP, KNX TP pour les bus terrains et OPC-UA, MQTT, BACnet IP pour les bus des niveaux hauts).
- Tests fonctionnels par usage
 - Éclairage : Vérification du fonctionnement des commandes horaires, du contrôle manuel par zone, et du retour d'état des luminaires.
 - Suivi des consommations : Validation des données collectées par les compteurs, de leur visualisation en temps réel et des alertes configurées pour les dérives.
 - Refroidissement : Vérification de l'intégration du split mural via la passerelle et du retour d'informations dans la supervision.
- Sécurité : Validation des mesures de cybersécurité, incluant l'accès sécurisé, le chiffrement des communications, et la segmentation réseau.

Les tests seront documentés et validés par un procès-verbal signé par la maîtrise d'ouvrage et l'équipe chargée des travaux.

Validation des installations

La réception des installations sera réalisée en plusieurs étapes :

- Réception provisoire
 - Réalisation d'un contrôle complet de l'installation.
 - Remise des documents techniques associés (plans, schémas de câblage, documentation utilisateur).
 - Vérification des interfaces utilisateur sur la GTB, incluant les pages de supervision pour l'éclairage et le suivi énergétique.
 - Signature d'un procès-verbal provisoire listant les éventuelles réserves.
- Période d'observation
 - Une période de fonctionnement d'un mois sera nécessaire pour observer les performances des systèmes et identifier d'éventuels ajustements.
 - Pendant cette période, l'entreprise devra intervenir pour corriger les éventuelles anomalies signalées.
- Réception définitive
 - Une fois les réserves levées, la réception définitive sera prononcée avec validation des performances attendues.
 - Fourniture d'un rapport final incluant :
 - Les résultats des tests fonctionnels.
 - Les sauvegardes des configurations GTB.
 - Les manuels d'utilisation et de maintenance.
 - Une attestation de formation des utilisateurs.

Ces étapes devront garantir que l'installation est conforme aux exigences du décret BACS et pleinement opérationnelle pour la gestion technique des bâtiments Carnot-Cassini et Coriolis.

L'ensemble des vérifications, essais et rapports sera à la charge de l'entreprise.

2.2.10.2 Formations des utilisateurs (Références F1 et FC1 dans DPGF)

Plusieurs formations seront réalisées à la livraison du bâtiment :

- Une formation pour les gestionnaires des bâtiments et l'exploitant.
- Une ou plusieurs formations pour les agents de sécurité du site (sessions de 5 agents) à coordonner avec l'entreprise de gardiennage.

2.2.11. Conditions de garantie et assurance

Tous les travaux compris dans le marché seront soumis aux garanties « bâtiments » telles qu'elles sont définies par les articles 1792-1 à 6 du Code civil, loi du 4 janvier 1978.

- Garantie de parfait achèvement d'une durée d'UN an à compter de la réception (art. 1792-6)
Cette garantie couvre :
 - Les réparations des désordres signalés dans le procès-verbal de réception ou durant l'année suivant la réception.
 - Les ajustements nécessaires pour atteindre les performances spécifiées dans le CCTP.Les interventions devront être effectuées dans les délais impartis sans frais supplémentaires pour la maîtrise d'ouvrage.

- Garantie de bon fonctionnement d'une durée de DEUX ans à compter de la réception (art. 1792-3)
Cette garantie biennale inclut :
 - Les éléments dissociables des systèmes techniques (contacteurs, modules, passerelles, etc.) ;
 - La réparation ou le remplacement des équipements défectueux, sauf en cas de mauvaise utilisation ou d'usure normale.

L'entreprise devra également fournir un support technique rapide pour toute anomalie signalée pendant cette période.

- Garantie décennale conformément à l'article 1792 du Code Civil qui stipule que tout constructeur d'un ouvrage est responsable de plein droit, envers le maître d'ouvrage des dommages, même résultant d'un vice du sol, qui compromettent la solidité de l'ouvrage ou qui, l'affectant dans l'un de ses éléments constitutifs ou l'un de ses éléments d'équipements, le rendent impropre à sa destination.

Ces garanties visent à assurer la pérennité des installations et la satisfaction de la maîtrise d'ouvrage.

3. ORGANISATION DU CHANTIER

3.1. Installations de chantier (Références P1 et PC1 dans DPGF)

3.1.1. Equipements, entretien et consommables de la base vie

Les coûts des installations et prestations demandées dans ce chapitre, ainsi que celles qui seront demandées par le CSPS sont réputés inclus dans le prix global et forfaitaire du marché, à l'exception de la base-vie qui est déjà sur site.

Le maître d'ouvrage dispose de locaux et de sanitaires y compris les équipements nécessaires à son personnel (casiers de vestiaires, réfrigérateur, micro-onde, etc...) pouvant être mis à disposition des entreprises extérieures. Si des équipements demandés par le CSPS sont manquants, l'entreprise devra les prévoir.

Il sera fait un état des lieux des locaux en début et fin de chantier. L'entreprise devra les rendre dans le même état.

Elle devra l'entretien hebdomadaire minimum des locaux pendant la totalité de la durée du chantier ainsi que la mise à disposition des consommables (papier hygiénique, savon, etc ...) et produits ménagers.

Si le maître d'ouvrage constate que le bungalow n'est pas entretenu correctement, une réfaction de 100 € HT/mois sera effectuée sur la facture mensuelle du mandataire (en cas de groupement) ou du titulaire après établissement d'une fiche anomalie.

3.1.2. Protection des existants – Isolement du chantier (Références P3 et PC3 dans DPGF)

L'entrepreneur titulaire du présent marché devra assurer la protection des ouvrages existants et l'isolement des zones de chantier et des zones en activité afin d'éviter la propagation des poussières, du bruit et d'en interdire le passage d'une zone à l'autre, par tout moyen approprié (polyane, cloisons provisoires, panneau "Chantier interdit au public"...).

Lors de la réalisation de ses prestations, chaque entreprise devra prévoir tous les moyens nécessaires afin d'assurer la protection des ouvrages existants. Elle devra leur remise en état sans prétendre à un paiement si elle est responsable d'une dégradation.

Rappel : Le chantier devra être parfaitement calfeutré par tout moyen approprié (polyane, cloisons provisoires...) pour limiter la propagation de poussières.

Seront inclus dans le prix global et forfaitaire, la dépose et l'enlèvement de ces installations en fin d'intervention et les raccords sur les murs, sols et plafonds suite aux dégâts ayant été engendrés par ces manipulations (prévoir le remplacement et repose d'éléments de faux plafond, raccords de peinture, dépose de BES si nécessaire...).

L'exécution, de travaux supplémentaires qui risquent de causer des détériorations ou des salissures aux ouvrages finis déjà en place devra s'effectuer en prenant toutes dispositions et précautions utiles pour assurer la protection de ces ouvrages finis.

Faute par lui de se conformer à cette prescription, l'entrepreneur responsable en assumera les conséquences.

3.1.3. Clôtures de chantier (Références P3 et PC3 dans DPGF)

L'entrepreneur titulaire du présent marché devra la fourniture, le montage, l'entretien pendant toute la durée du chantier, le démontage et le repli à la fin du chantier, de toutes les clôtures et protections nécessaires ou demandées par le maître d'œuvre et/ou le CSPS (stockages extérieurs, bennes par exemple).

3.1.4. Panneaux et signalétique de chantier (Références P3 et PC3 dans DPGF)

L'entrepreneur titulaire du présent marché devra la fourniture et la pose des différents panneaux de chantier type "Chantier interdit au public" et affiches d'informations.

3.1.5. Travaux en hauteur

Chaque entreprise (titulaire et sous-traitants) devra prévoir tous les moyens d'accès et de levage nécessaires à l'exécution de ses prestations en hauteur, de manière à garantir la sécurité des salariés et permettre l'exécution de ces travaux dans des conditions ergonomiques.

Les entrepreneurs doivent mettre à disposition de leurs personnels les équipements de travail en adéquation avec les travaux à réaliser. Ils doivent être stables et résister aux charges et surcharges auxquelles ils peuvent être soumis.

Ces équipements peuvent être des échafaudages MDS, des plateformes de travail individuelles roulantes, des plateformes élévatrices mobiles de personnes ou tout autre équipement de travail d'efficacité au moins équivalente.

Seront inclus dans le prix global et forfaitaire, la location du matériel, le transport, le montage, le démontage et remontage selon nécessités du chantier, le repli du matériel une fois la prestation terminée.

L'entrepreneur devra fournir une attestation de conformité de son installation et la faire contrôler par le coordinateur SPS.

3.1.6. Branchements de chantier (Références P1)

Les entreprises pourront utiliser les alimentations en eau et électricité existantes du site, sous réserve d'une consommation raisonnable.

La mise en place d'un compteur d'eau sera à la charge de l'entreprise titulaire du présent marché.

Un compteur d'électricité est déjà présent sur site pour le bungalow.

Pour ces 2 compteurs, des relevés des index seront réalisés en début de chantier puis tous les 15 jours et seront indiqués dans le compte-rendu de chantier.

Si la maîtrise d'œuvre ou la maîtrise d'ouvrage constate que les consommations sont trop importantes, une réfaction de 10 € HT pour 1m³ d'eau et 10 €HT pour 1 kWh d'électricité sera appliquée après établissement d'une fiche anomalie, si ces surplus de consommations ne sont pas justifiés.

3.2. Intervention en site occupé (Références P3 et PC3 dans DPGF)

Les entrepreneurs doivent tenir compte des contraintes décrites ci-dessous dans leurs offres de prix.

3.2.1. Consignes générales

Les travaux seront exécutés dans un établissement en activité.

De ce fait, les travaux devront être exécutés avec toutes les précautions nécessaires afin d'éviter au maximum les nuisances sonores et autres nuisances occasionnées par les travaux, notamment de dégagement des poussières lors des travaux.

La discipline des entreprises devra être constante :

- Les échanges entre le personnel des entreprises et les usagers et salariés du site devront être évités,
- Les encadrants, chefs de chantier et chefs d'équipes devront pratiquer couramment la langue française,
- La présentation et le comportement des ouvriers devront être irréprochables,
- Chaque ouvrier, compagnon et encadrant devra porter sa carte PRO-BPT, ainsi qu'un vêtement ou un accessoire permettant d'identifier son entreprise (t-shirt, polaire, gilet de sécurité avec le nom ou le logo de l'entreprise par exemple),
- Le chantier devra être propre et bien tenu.
- Aucun stockage ne pourra être effectué dans les circulations et les interventions devront toutes être balisées.

Une défaillance constatée par le maître d'œuvre, le maître d'ouvrage ou le CSPS devra être corrigée sans délai sous peine d'application des pénalités.

3.2.2. Bruits de chantier

Respect de la législation et ses réglementations

La limitation des bruits de chantier devra être traitée par les entrepreneurs dans le strict respect de la législation et de la réglementation en vigueur à ce sujet et notamment la loi n° 92-1444 du 31 décembre 1992, dite « loi bruit », avec ses décrets et arrêtés d'application parus à la lutte contre le bruit.

Obligation de résultat :

Dans le cadre contractuel de leurs marchés, les entrepreneurs seront tenus à une obligation de résultat. Ils devront prendre toutes dispositions nécessaires concernant les bruits de chantier, pour que les niveaux de bruits aériens émis restent dans les limites fixées par la réglementation.

Le maître d'ouvrage ne devra en aucun cas être inquiété en cas de dépassement des limites réglementaires, en cas d'infractions, les entrepreneurs devront immédiatement prendre les dispositions nécessaires.

Coûts des dispositions à prendre pour respecter les différentes réglementations en matière de bruits de chantier :

Ces coûts restent à la charge de chaque entreprise ; ils sont implicitement compris dans le prix du marché.

3.2.3. Contraintes liées à la lutte contre le COVID 19

Vis-à-vis des tiers, du personnel des autres entreprises et entre collègues, les ouvriers, compagnons et encadrants de chaque entreprise devront appliquer les mesures de lutte contre le COVID 19 suivant les prescriptions du guide édité par l'OPPBTP et les recommandations gouvernementales, ainsi que les consignes du CSPS.

3.2.4. Demandes d'accès et parking

Le conducteur de travaux de l'entreprise titulaire du présent marché devra demander au moins 48 h à l'avance les autorisations d'accès pour les livraisons.

L'accès des véhicules au parking visiteurs du site sera autorisé dans la limite des places disponibles, côté ENSG.

Hors parking, le stationnement du véhicule sera limité au temps de chargement et/ou déchargement ou au temps d'intervention pour les véhicules ateliers.

L'entreprise supportera les interruptions de travail nécessitées par les besoins de fonctionnement de l'établissement et prendra en charge toutes les mesures qui lui seront demandées pour ne pas gêner les services : procédures de livraisons, etc...

3.2.5. Permis feu

Avant tous travaux par point chaud, le titulaire du présent lot devra demander au Maître d'Ouvrage la délivrance d'un permis feu. Ce permis feu sera établi au moins 24 heures à l'avance et suivant le document délivré par la C.N.P.P. Sa validité sera journalière.

- Les travaux par points chauds comprendront notamment :
- Les travaux avec présence d'une flamme (soudage au chalumeau, oxycoupage, lampe à souder, etc.),
- Les travaux avec formation d'étincelles ou projection de métal en fusion (meulage,
- Tronçonnage, découpage, soudage et brasage au chalumeau, oxycoupage, soudage à l'arc, etc.),
- Les travaux entraînant une élévation de température d'un objet (meulage, tronçonnage, découpage, soudage, décapage thermique, brûlage, façonnage à chaud de conduits en matière plastique, perçage, pistolet de scellement, etc.).

Le titulaire du présent lot devra appliquer toutes les instructions impératives de sécurité avant, pendant et après le travail

3.2.6. Horaires décalés

S'il en a la nécessité, le maître d'ouvrage se réserve la possibilité de demander certaines interventions en horaires décalés ou le samedi, dans la mesure du raisonnable.

Il pourra être demandé de décaler ou d'interrompre certains travaux jugés trop bruyants s'ils gênent une activité exceptionnelle de l'établissement (examens, évènement, tournage, etc...).

Ceci ne fera pas l'objet de supplément de prix, les entreprises devant tenir compte de cette contrainte dans leur offre.

Aucun travaux ne sera autorisé pendant la période des examens entre mi-juin et mi-juillet des 2 écoles. Les dates précises seront transmises aux entreprises au moins 1 mois à l'avance. Cette période sera neutralisée dans le planning des travaux.

3.3. Organisation des travaux

Les coûts des prestations demandées dans ce chapitre sont réputés inclus dans le prix global et forfaitaire du marché.

3.3.1. Etudes techniques (Références P4 et PC4 dans DPGF)

L'ensemble des travaux prévus devra faire l'objet, avant toute exécution, d'études techniques et de plans d'exécution détaillés réalisés par un bureau d'étude ayant les qualifications requises, à la charge de l'entrepreneur titulaire du présent marché.

Si celui-ci déclare disposer des compétences requises en interne, il devra alors les justifier.

Ces documents devront être fournis au maître d'œuvre et au contrôleur technique pour approbation. Les délais de remise des documents, le calendrier et les modalités de validation de ceux-ci seront mis au point pendant la période préparatoire. Il sera demandé au minimum :

- Les fiches techniques des matériaux,
- Les PV et avis techniques demandés par le maître d'œuvre et/ou le contrôleur technique,
- Les plans d'exécution,
- Tous les documents nécessaires à la bonne compréhension des ouvrages avant leur exécution, demandés par le maître d'œuvre et/ou le contrôleur technique.

3.3.2. Pilotage du chantier

L'ordonnancement, le pilotage et la coordination des études et travaux entre les différents co-traitants et sous-traitants intervenants pour l'exécution du présent marché seront assurés par l'entreprise mandataire qui sera tenue de désigner la personne physique en charge de l'exécution de cette mission dès la notification du marché, afin qu'elle soit identifiée pour la conduite de la période de préparation.

3.3.3. Approvisionnement des matériaux et évacuation des gravats (Références P6 et PC6 dans DPGF)

3.3.3.1. Approvisionnements

Les approvisionnements des matériaux se feront au fur et à mesure de l'avancement du chantier.

Le stockage du matériel des entreprises et des matériaux de construction se fera sous l'entière responsabilité des entreprises dans les zones ou locaux autorisés par le maître d'ouvrage.

3.3.3.2. Gestion des gravats

Chaque entreprise devra l'évacuation en décharge publique des gravats produits par ses travaux. Dans une démarche environnementale, ceux-ci devront être triés. Il sera prévu une zone de tri sélectif et un emplacement pour les bennes.

Les entreprises se conformeront aux directives du maître d'œuvre qui pourra, en cas de défaut d'exécution et après mise en demeure non suivie d'effet sous 48 heures, faire intervenir une entreprise de son choix aux frais exclusifs de l'entreprise défaillante.

3.3.3.3. Consignations

Les demandes de consignation et déconsignation sont à prévoir au minimum 48 heures avant les interventions liées aux travaux.

3.3.4. Déchets de chantier (Références P6 et PC6 dans DPGF)

Respect de la législation et de la réglementation :

Les déchets de chantier de bâtiment devront être gérés et traités par les entrepreneurs dans le cadre de la législation en vigueur à ce sujet, et notamment :

- loi n° 75-633 du 15 juillet 1975 modifiée, relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux,
- loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement,
- loi n° 92-646 du 13 juillet 1992 modifiée, relative à l'élimination des déchets ainsi qu'aux installations classées pour la protection de l'environnement. Loi complétant et modifiant les 2 précédentes,
- loi n° 95-101 du 2 février 1995 relative aux renforcements de la protection de l'environnement,
- circulaire du 15 février 2000 sur la gestion des déchets, applicable au 1er juillet 2002,
- charte départementale pour l'élimination et la valorisation des déchets du 13 septembre 2005.

Tri des déchets sur les chantiers :

Devront obligatoirement être triés sur le chantier les déchets suivants :

- les déchets dangereux,
- les déchets inertes,
- les emballages.

Les déchets ménagers et assimilés pourront être triés ou non sur le chantier.

Enlèvement des déchets :

Les déchets et emballages ne devront en aucun cas être laissés aux abords du bâtiment, ils seront traités et évacués, conformément à la réglementation en vigueur à ce sujet, et notamment :

- les déchets classés « dangereux » seront évacués en centre d'enfouissement de classe 1,
- les déchets inertes, en classe 3.

En ce qui concerne les emballages :

- les emballages ayant contenu des produits classés « dangereux » seront évacués à un centre d'enfouissement de classe 1,
- les autres emballages devront obligatoirement être valorisés.

Imputation des frais de gestion, de traitement et d'élimination des déchets :

Tous les frais et coûts de la gestion sur chantier, des traitements de valorisation et/ou d'élimination des déchets de chantier sont à la charge des entrepreneurs participant au chantier.

3.3.5. Nettoyage (Références P6 et PC6 dans DPGF)

3.3.5.1. Nettoyage au cours des travaux

Toute entreprise intervenante devra assurer le nettoyage général du chantier et de ses abords ainsi que celui des installations de chantier et, à ce titre, notamment :

- L'évacuation complète des emballages au fur et à mesure de l'exécution des travaux,
- Le nettoyage des lieux dans lesquels elle intervient et l'évacuation des gravois et déchets correspondants,
- L'entretien courant des zones de stockage et des locaux pouvant être mis à disposition par le maître d'ouvrage,
- Le nettoyage courant des abords du chantier, y compris pour les entreprises employant des engins de circulation susceptibles de salir les chaussées de boues.
- L'évacuation des déchets alimentaires, bouteilles, emballages, etc.... qui devront être enlevés quotidiennement et, en aucun cas, stockés sur le chantier ou jetés dans une benne,
- La protection des ouvrages jusqu'à la réception (particulièrement les ouvrages "finis").

Les entreprises se conformeront aux directives du maître d'œuvre qui pourra, en cas de défaut d'exécution et après mise en demeure non suivie d'effet sous 48 heures, faire intervenir une entreprise de son choix aux frais exclusifs de l'entreprise défaillante.

3.3.5.2. Nettoyage en fin de travaux

L'entrepreneur titulaire du marché devra assurer le nettoyage de finition des ouvrages, avant les Opérations Préalables à la Réception des travaux (OPR).

Les nettoyages seront répétés en fonction des aléas du chantier, compte tenu notamment des interventions de révisions et réglages divers.

En tout état de cause, il est exigé que les locaux soient livrés en parfait état lors de la réception et mise en service, même si cela conduit à effectuer des nettoyages répétés compte tenu des interventions.

Il devra aussi être prévu le nettoyage des abords après le repliement des installations de chantier, y compris la remise en état d'ouvrages dégradés (voirie, abords, murs, cloisons, faux-plafonds...).

NOTA : Les produits employés et les procédés mis en œuvre devront être appropriés pour ne pas altérer les matières et les parements.

3.3.6. Thermographie infrarouge (Références EL5 et ELC5 dans DPGF)

À la réception de fin de chantier, le titulaire du présent lot réalisera une thermographie infrarouge de chacun des nouveaux tableaux électriques divisionnaires où il est intervenu, aux heures normales d'exploitation de l'établissement.

Le prestataire de la thermographie reste au choix du titulaire du présent lot, mais la fourniture du rapport est obligatoire pour l'acceptation de la réception.

Dans le cas d'anomalies, le présent lot reprendra ses installations et leurs connexions

3.3.7. Réunions de chantier (Références P1 et PC1 dans DPGF)

Les rendez-vous de chantier auront lieu de façon hebdomadaire à jours et heures fixes. Le maître d'œuvre informera l'entrepreneur avant le démarrage du chantier.

L'entrepreneur sera obligatoirement tenu de participer à ces réunions ou d'y être valablement représentés.

Un compte-rendu de chantier sera établi et diffusé à l'issue de chaque réunion.

3.3.8. Contraintes d'intervention sur site

Pour limiter les perturbations des activités au sein des bâtiments Carnot-Cassini et Coriolis, les contraintes suivantes devront être respectées :

- **Interventions en horaires adaptés** : Les travaux devront être réalisés hors des périodes de forte occupation des espaces (horaires de bureau décalés ou interventions nocturnes si nécessaire).
- **Sécurisation des zones de travail** : Mise en place de balisages et protections pour garantir la sécurité des occupants et des intervenants.
- **Maintien des services essentiels** : Les systèmes critiques (chauffage, ventilation) devront rester opérationnels pendant toute la durée des travaux.
- **Coordination avec les utilisateurs** : Un planning détaillé devra être communiqué à la maîtrise d'ouvrage et aux occupants pour anticiper les éventuelles interruptions temporaires.

Ces modalités permettront de garantir une exécution fluide et sécurisée des travaux tout en minimisant l'impact sur les activités du bâtiment.

Accès au chantier :

L'entrepreneur aura à sa charge exclusive le nettoyage et la remise en état éventuelle des chaussées et accès, y compris les frais afférents.

Une aire de stockage des matériels et matériaux, de livraison, pourra être déterminée sur place, le cas échéant. L'aire de chantier sera maintenue dans un bon état de propreté.

4. DESCRIPTION DES OUVRAGES

4.1. Description générale des bâtiments et des installations existantes

Les bâtiments Coriolis et Carnot-Cassini sont situés sur le campus de la cité Descartes à Champs-sur-Marne (77).

Ces infrastructures tertiaires à usage pédagogique, scientifique et administratif accueillent étudiants, enseignants-chercheurs et personnels de l'école dans le cadre de leurs activités quotidiennes.

Usage des bâtiments :

- Les deux bâtiments sont à usage exclusivement tertiaire.
- Le bâtiment Coriolis regroupe plusieurs laboratoires de recherche, une halle d'essais lourds, des salles de cours, des bureaux et des locaux techniques.
- Le bâtiment Carnot accueille principalement des salles d'enseignement, des bureaux administratifs, des espaces étudiants, des laboratoires de recherche ainsi que des zones de circulation partagées.

Ces espaces fonctionnels sont caractérisés par une occupation variable selon les périodes horaires et les calendriers des formations d'enseignement, ce qui justifie une gestion dynamique de l'énergie par zone fonctionnelle.

Bâtiment Carnot :

- RDC : un hall de 1673m² constitué d'éléments verriers, relie les ailes des bâtiments.
4 grands espaces sont attenant au hall :
 - côté ENPC : grande ruche (ancienne restauration) et bibliothèque ENPC « la Source »
 - côté ENSG : salle photogrammétrie et bibliothèque ENSG « CDOS »
 - 1 amphithéâtre Navier de 102 places
 - 1 Makerspace
- Sous-sol (1^{er} niveau) :
 - 1 salle polyvalente (468m²)
 - 2 amphithéâtres :
 - Amphithéâtre Picard de 128m² (ENSG)
 - Amphithéâtre Cauchy de 288m² (ENPC)
 - Locaux techniques

- Laboratoires
 - Local ménage
 - Réserves
 - Locaux archives
 - Sanitaires
 - Vestiaires
 - Local reprographie
 - Local logistique
 - Locaux des prestataires extérieurs
 - 1 parking de 15 places (dont 2 emplacements réservés à la charge des véhicules électriques)
- Sous-sol partiel (2^{ème} niveau) :
- Accès au bas de l'amphithéâtre Cauchy
 - Locaux techniques
- Ailes des bâtiments (RDC à R+4) :
- Côté ENPC : aile Belgrand, Prony, Vicat
 - Côté ENSG : aile Cassini, Laplace, Maupertuis
- bureaux
 - laboratoires
 - salles de réunion
 - sous-répartiteurs et locaux techniques
 - salles serveurs
 - salles informatiques
 - salles de cours
 - sanitaires
 - locaux de rangement, reprographie
 - locaux des élèves
 - salles de détente

Bâtiment Coriolis :

L'établissement regroupe 3 pôles d'activité :

- pôle enseignement : concentré dans le bâtiment sud « aile Fresnel » (niveau R+1 à R+3)
- pôle recherche : concentré dans le bâtiment nord « aile Becquerel » (niveau RDC à R+5) avec une halle d'essai « halle Freyssinet » de 400m² au RDC
- pôle amphithéâtres : Amphithéâtre Caquot et Amphithéâtre Clugnet de 200m² chacun pouvant être décroissonné en 1 amphithéâtre de 400m²
- Ailes Becquerel (RDC à R+5) :
- Open space
 - Bureaux
 - Salles de réunion
 - Local reprographie

- Local « machines » (local serveurs)
- Sanitaires
- Locaux entretien
- RDC : bureaux, salles techniques, 1 salle de réalité virtuelle

➤ Ailes Fresnel (RDC à R+4) :

- Open space DSchool au R+3 avec 1 espace informatique, 1 local « machines », 1 local réserve
- Salles de cours
- Local reprographie
- Sanitaires
- 1 local appareteur

R+4 non accessible au public : local onduleur panneaux photovoltaïques, combles de 110m²

Ces 2 ailes sont reliées par un hall central de 118m² au RDC

Sous-sol :

- Un parc de stationnement de 37 places équipés de 12 points de charge électriques ALFEN. Les 9 prises domestiques d'origine de recharge des véhicules électriques ont été consignées.
NOTA : le parking extérieur de l'ENPC dispose également de 7 points de charge relié à un cube constitué d'anciennes batteries de véhicules. Ce dernier est relié au TGBT du bâtiment Coriolis.

Les systèmes techniques sont répartis selon les fonctions par bâtiment, avec certains équipements mutualisés au niveau du site.

Systèmes techniques existants :

Les bâtiments disposent d'une GTB existante, permettant la régulation et la supervision partielle des équipements techniques (principalement les CTA et les circuits de chauffage).

Cependant, plusieurs équipements restent non supervisés (notamment l'éclairage, le refroidissement local ou certains sous-comptages).

La GTB actuelle n'atteint pas le niveau fonctionnel requis par le décret BACS et nécessite une mise à niveau complète, tant en termes d'équipements que de fonctionnalités de supervision.

Les GTB actuelles fonctionnent sur les configurations suivantes :

Bâtiment Coriolis :

- L'éclairage est contrôlé par des capteurs LEGRAND
- Pour le chauffage, refroidissement et la ventilation, le protocole est géré par une GTC TREND 963

Bâtiment Carnot-Cassini :

- L'éclairage est contrôlé par des capteurs Johnson Control

- Le chauffage, ventilation, climatisation est géré par une GTC PC VUE

Seules les architectures ouvertes et communicantes de type TREND pourront être réutilisées. Il conviendra au titulaire de lister les équipements existants qui pourront être ré-utilisés (pour les automates en particulier).

4.2. Equipements du bâtiment Carnot-Cassini

Afin de permettre l'établissement d'un plan de comptage détaillé par énergie (Annexe 2), nous vous fournissons ci-dessous la synthèse de l'audit GTB qui a été réalisé en 2024 sur les bâtiments Carnot-Cassini et Coriolis.

4.2.1. Chauffage

4.2.1.1 Etat existant

Le chauffage du bâtiment Carnot-Cassini est assuré par le réseau de chaleur urbain des villes de Champs-sur-Marne et de Noisiel, géré par Géomarne (contrat de délégation de service public avec la communauté d'agglomération Paris Vallée de la Marne d'une durée de 25 ans). Le bâtiment est équipé d'une sous-station hydraulique avec un échangeur à plaques.

En complément, deux chaudières à gaz assurent une continuité de service en cas de dysfonctionnement du réseau de chaleur. Les chaudières gaz ont été rétrocédées à Géomarne qui gère leur exploitation.

La chaleur fournie par le réseau primaire est transférée via un échangeur thermique à plaques d'une capacité de 1700 kW, au réseau secondaire du bâtiment. Ce réseau secondaire distribue l'énergie thermique aux différentes zones du bâtiment à travers six sous-stations (une sous-station par aile) :

- Sous-station Belgrand
- Sous-station Cassini
- Sous-station Vicat
- Sous-station Maupertuis
- Sous-station Prony
- Sous-station Laplace

Les pompes de distribution primaire sont des modèles à vitesse variable (marque WILO). Cependant, les réglages actuels ne permettent pas de maintenir une pression suffisante (~2 bars en départ). Les circulateurs WILO sont reliés à un système de contrôle manuel.

Les locaux Bâtiment Carnot-Cassini sont chauffés à travers :

- Un plancher chauffant au RDC du hall et des 4 grands espaces attenants excepté la salle Photogrammètrie qui ne possède pas de plancher chauffant
Le plancher chauffant du Hall d'accueil est constitué de tubes intégrés dans le sol, dans lesquels circule l'eau chaude fournie par le RCU
La chaleur est diffusée de manière homogène par conduction (chauffage du sol) et rayonnement (transfert de chaleur vers l'air ambiant).
Les planchers chauffants du hall d'entrée fonctionnent en circuit fermé.
La température de l'eau est régulée par des vannes mélangeuses.
- Des thermostats ambiants sont installés pour assurer un contrôle précis dans chaque zone couverte, cependant, le réglage de ces thermostats est manuel et non centralisé via la GTB.

La régulation s'effectue au moyen de :

- **Sondes extérieures** qui mesurent la température extérieure pour ajuster la température de l'eau en fonction d'une loi d'eau prédéfinie
- **Vannes mélangeuses** qui contrôlent la température de l'eau pour garantir qu'elle ne dépasse pas les seuils recommandés
- **Débitmètres individuels** présents dans le collecteur, ils assurent un équilibrage hydraulique en ajustant les débits d'eau vers chaque circuit du plancher chauffant.
- **50 Ventilo-convecteurs muraux** pour certains bureaux et salles de réunion, avec thermostats intégrés et équipés d'un échangeur de chaleur avec un ventilateur qui souffle de l'air pour diffuser la chaleur plus rapidement. Ces ventilo-convecteurs sont connectés à la GTB Trend, mais la gestion reste principalement locale (**Référence C3 dans DPGF**)
- **Environ 250 radiateurs à eau** équipés de têtes thermostatiques à sondes déportées aux étages pour les bureaux, salles de réunion et laboratoires. Les têtes thermostatiques sont non communicantes et réglées manuellement et certaines sont situées dans les allèges de la structure
- **Des batteries de chauffage** intégrées dans les Centrales de Traitement d'Air (CTA) pour la ventilation.

4.2.1.2. Descriptif des travaux

*ce chiffre est fourni à titre indicatif et ne dispense pas l'entreprise d'effectuer ses propres relevés sur site lors de la visite

- Installer les vannes, capteurs et servomoteurs communicants sur chaque départ de nourrice pour lesquelles on dénombre 5 coffrets *, équiper les planchers chauffants de capteurs d'ambiance communicants incluant la connexion des vannes mélangeuses et installer des capteurs communicants sur tous les départs et retours des circuits secondaires pour suivre en temps réel les performances du réseau (**Référence C1 dans DPGF**)
- Remplacement des têtes thermostatiques des radiateurs à eau chaude par des têtes communicantes et compatibles avec la GTB (**Référence C2 dans DPGF**). Il est compté 1145 radiateurs *.
Une adaptation de la carcasse/corps des radiateurs situés dans les circulations semble nécessaire pour installer les têtes.
- Installer des thermostats connectés et régulateurs capables de piloter les vannes sur les 50 ventilo-convecteurs (**Référence C3 dans DPGF**)
- Vérification et calibrage des débits de l'échangeur thermique du RCU (**référence C4 dans DPGF**)
- Mise en place de régulateurs de pression différentielle sur les circuits secondaires pour une répartition homogène de la chaleur (**Référence C5 dans DPGF**)
- Réaliser un équilibrage hydraulique des radiateurs pour uniformiser la température dans toutes les zones desservies (**Référence C6 dans DPGF**)
- Installer des sondes de température et de CO² et actionneurs dans toutes les zones fonctionnelles (**Référence C7 dans DPGF**)
- Installation de compteurs calorifiques pour le suivi du réseau de chaleur par zone fonctionnelle (**Référence C8 dans DPGF**)
- Installation d'une régulation optimisée sur les ballons ECS et intégration à la GTB (**Référence C9 dans DPGF**)
- Remplacement des bouteilles de mélange par des équipements adaptés tels que des Bypass régulés (**Références tranches optionnelles O1 à O3 dans DPGF**)
- Installer des passerelles de communication dans les sous-stations (**Références tranches optionnelles O1 à O3 dans DPGF**)

- Remplacer les automates défectueux des sous-stations par des automates compatibles avec le protocole ModBus, BACnet par exemple (**Références tranches optionnelles O1 à O3 dans DPGF**)
- Installer des sondes communicantes dans les sous-stations (Référence **tranches optionnelles O1 à O3 dans DPGF**)

4.2.2. Refroidissement

4.2.2.1 Etat existant

Le refroidissement est très limité et réservé à certains locaux techniques (ex. salles serveurs). Certains locaux type labo sont maintenus à T° constante et rafraîchi avec batterie froide CTA, les régies amphithéâtre sont rafraîchies avec des cassettes, les magasins archives sont rafraîchis avec des armoires clim et certaines salles et bureaux sont rafraîchies avec des ventilo-convecteur.

La production de froid du bâtiment Carnot-Cassini repose sur :

- 3 groupes froids (GF) CARRIER. Ces équipements assurent la fourniture d'eau glacée nécessaire au refroidissement du bâtiment.

Ils opèrent selon un schéma de fonctionnement en cascade, ce qui signifie qu'ils s'activent ou se désactivent en fonction des besoins de refroidissement.

La température de consigne varie selon les saisons et est ajustée manuellement :

En été : Eau glacée à 6°C pour une température extérieure de 25°C.

En hiver ou à mi-saison : Eau glacée à 10,5°C pour 8°C extérieurs.

Une loi d'eau n'est pas encore en place pour automatiser cet ajustement. Les réglages sont réalisés manuellement en fonction des saisons.

Les pompes associées aux GF ne sont pas variables et fonctionnent de manière rigide, augmentant inutilement la consommation énergétique. Un changement de la cascade des groupes froids est effectué toutes les trois semaines.

- Quelques systèmes locaux type PAC air/air à vitesse fixe pour des zones ponctuelles. Ces équipements fonctionnent de manière autonome, sans retour d'information dans la GTB existante.
- 50 Ventilo-convecteurs (VC) (également appelés "cassettes") pour les bureaux et salles de réunion ;
- Climatiseurs mobiles dans certaines zones mal desservies par le réseau d'eau glacée ;
- 16 armoires de climatisation. Aucune supervision énergétique ou alerte de défaut n'est actuellement en place (absence de loi d'eau).

Le bâtiment Carnot-Cassini est équipé d'une GTB Trend qui reprend les principales installations, y compris les groupes froids, les ventilo-convecteurs, et les armoires climatiques.

Cependant, la régulation est fragmentée, ce qui entraîne des dysfonctionnements :

- Une double supervision est en place (Java et PC Vue), sans responsabilités claires sur le périmètre de chaque solution ;
- Les paramètres des groupes froids, des PAC, et des ventilo-convecteurs ne communiquent pas efficacement entre eux, ce qui empêche une gestion centralisée et optimisée.

Les ventilo-convecteurs sont équipés de thermostats locaux et de sondes d'ambiance, mais ces derniers ne sont pas communicants avec la GTB et sont réglés manuellement.

Le PID (Proportional Integral Derivative) sur certaines vannes (ex. sous-station Prony) est mal réglé, entraînant des fluctuations importantes dans les températures et les débits d'eau.

Les pompes de distribution associées aux groupes froids ne sont pas variables et fonctionnent toujours à pleine puissance.

4.2.2.2. Descriptif des travaux

- Installer des passerelles de communication (**Référence R1 dans DPGF**)
- Installer des pompes variables pour moduler le débit en fonction de la demande et ajuster les réglages des pompes associées aux groupes Froid pour garantir une circulation suffisante sur toute la ligne (**Référence R2 dans DPGF**)
- Supprimer l'utilisation des climatiseurs mobiles

4.2.3. Ventilation

4.2.3.1. Etat existant

- La ventilation du bâtiment Carnot-Cassini est assurée par un ensemble de 6 Centrales de Traitement d'Air (CTA) pour le Hall et 35 CTA pour le reste du bâtiment, chacune dédiée à une aile ou une sous-zone du bâtiment.
- Ces CTA sont situées dans les locaux techniques et alimentent les différents espaces via un réseau de gaines de ventilation. Elles assurent à la fois le renouvellement d'air et le traitement thermique (chauffage ou rafraîchissement via des batteries chaudes reliées au RCU ou froides alimentées par le circuit d'eau glacée.
- Certaines CTA sont équipées pour réguler l'hygrométrie
- Dans les grands espaces comme le hall, l'air est diffusé via des buses de soufflage aériennes qui concernent également la ruche, la bibliothèque ENPC, le centre de documentation ENSG et la salle photogrammétrie.
- Dans les bureaux et salles, des diffuseurs muraux ou des grilles d'insufflation sont utilisés.
- Certains espaces, notamment en bout de réseau, souffrent de déséquilibres de distribution, entraînant des variations de confort (températures insuffisantes ou excès d'air).
- Les ventilateurs des CTA ne sont pas toujours équipés de moteurs à vitesse variable, ce qui limite leur capacité d'ajustement en fonction des charges réelles.
- Une pression insuffisante est observée dans certaines parties du réseau, possiblement due à un mauvais réglage ou un déséquilibre des clapets de régulation.
- Les CTA sont connectées à la GTB Trend, qui permet une supervision partielle :
 - Contrôle des débits d'air.
 - Surveillance des températures d'air soufflé et extrait.
- Gestion des horaires de fonctionnement. Cependant, certaines fonctions critiques, comme l'ajustement dynamique des débits en fonction des besoins réels (via des capteurs de qualité d'air ou d'occupation), ne sont pas pleinement exploitées.
- Les batteries chaudes et froides des CTA sont régulées en fonction d'une consigne de température d'air soufflée (généralement 18°C pour les espaces communs).
- Une loi d'eau est appliquée manuellement pour ajuster les températures de l'eau chaude ou froide circulant dans les batteries, mais cette régulation n'est pas centralisée.
- Les ventilateurs des CTA fonctionnent souvent à vitesse fixe ou selon des réglages manuels.
- Les clapets de régulation des gaines sont réglés pour équilibrer les débits, mais les ajustements ne sont pas automatisés.
- Les automates de certaines CTA sont anciens ou défectueux, entraînant des incohérences dans la supervision GTB
- Peu de capteurs de qualité d'air (CO₂, hygrométrie) ou de pression statique sont installés

4.2.3.2. Descriptif des travaux

*** Les chiffres sont fournis à titre indicatifs et ne dispensent pas l'entreprise d'effectuer ses propres relevés sur site lors de la visite**

- . Installer des automates absents sur 3 CTA*. Si besoin identifier et remplacer les autres automates défectueux sur les CTA par des automates compatibles avec les protocoles ModBus, BACnet par exemple **(Référence V1 dans DPGF)**.
- Remplacer les servomoteurs des registres des CTA **(référence V2 dans DPGF)**
- Installer des variateurs de fréquence sur les ventilateurs des CTAs (¼ des CTA semblent concernées soit 10 CTA***(Référence V3 dans DPGF)**
- Installer des clapets motorisés et communicants dans les gaines pour équilibrer les débits **(Référence V4 dans DPGF)**
- Installer des capteurs communicants de qualité d'air dans toutes les zones fonctionnelles **(Référence V5 dans DPGF)**
- Intégrer des capteurs de pression statique pour l'équilibrage des débits **(Référence V6 dans DPGF)**
 - Réduire les débits d'air dans les zones peu occupées.

4.2.4. Eclairage

4.2.4.1. Etat existant

L'éclairage du bâtiment Carnot-Cassini repose essentiellement sur des interrupteurs manuels classiques et est principalement géré de manière locale, sans connexion à un système centralisé de gestion technique du bâtiment (GTB), ni programmation horaire, ni gestion par zone).

Les espaces sont équipés de luminaires classiques avec des actionneurs simples pour leur contrôle.

L'éclairage est activé ou désactivé à l'aide d'interrupteurs manuels ou d'horloges programmables locales dans certaines zones, des capteurs de présence prennent le relai lorsque l'interrupteur est en mode actif. Les capteurs zigbee permettent de régler les plafonniers localement.

Les horloges fonctionnent indépendamment, sans synchronisation ni supervision centralisée. Néanmoins une horloge paramétrée sur la GTC actuelle régit l'éclairage. Les groupes et le nombre de zone de la GTC contrôlant l'éclairage sur Carnot peuvent être trouvés dans le DOE CARNOT dossier « programmation k system ».

L'éclairage n'est pas adapté en fonction de l'occupation des espaces ou de la luminosité naturelle, malgré les détecteurs infrarouges existants

Aucun retour d'état ni extinction automatique n'est possible, même en dehors des horaires d'occupation.

Les luminaires fluorescents existent encore dans certaines salles du bâtiment Carnot-Cassini

L'absence de connexion à la GTB empêche un suivi énergétique précis

4.2.4.2. Descriptif des travaux

- Installer une zone de luminosité extérieure **(Référence EC1 dans DPGF)**
- Remplacer tous les automates de gestion de l'éclairage hors service **(Référence EC2 dans DPGF)**
- Installer des capteurs de présence et de luminosité **(Référence EC3, EC4, EC5 et EC6 dans DPGF)** dans chaque zone fonctionnelle avec éclairage naturel. Les capteurs de luminosités ne seront pas installés dans les locaux aveugles (sanitaires, amphithéâtres).
- Installer des capteurs d'occupation dans chaque zone fonctionnelle **(Références tranches optionnelles O4, O5, O6 dans DPGF)**
- Installer des luminaires compatibles avec les protocoles standardisés (es : DALI, KNX) et opter pour des luminaires LED dimmables, y compris dans les parkings et dans les sous-stations **(Référence tranches optionnelles O7 du DPGF)**. Le remplacement des luminaires des pièces nécessitant une rénovation du support (faux plafonds vétustes), tels que les laboratoires et quelques bureaux ne sont pas inclus dans le présent projet.

Localisation : voir à l'annexe 12 « LOCALISATION ÉCLAIRAGES À REMPLACER CARNOT »

- Installer des luminaires compatibles avec les protocoles standardisés (es : DALI, KNX) et opter pour des luminaires LED dimmables dans le centre de documentation ENSG (**Référence tranche optionnelle O8 dans DPGF**).

Localisation : voir à l'annexe 12 « LOCALISATION ÉCLAIRAGES À REMPLACER CARNOT »

4.2.5. Comptage et suivi des consommations

4.2.5.1. Etat existant

Le suivi énergétique est actuellement fragmentaire :

- Présence de sous-comptages électriques sur certaines colonnes générales ;
- Absence de comptage détaillé par usage ou par zone (ex. éclairage, ventilation, climatisation) ;
- Absence de comptage d'eau chaude sanitaire ou de ventilation
- Pas de sous comptage remonté vers la GTB
- Un compteur calorifique est installé sur le réseau primaire pour mesurer l'énergie thermique fournie par le RCU au bâtiment. Les relevés de consommations du RCU sont effectués via une télérelève connectée au système Ubigreen.
- Les consommations globales électriques sont mesurées via le tableau général basse tension (TGBT), mais il n'y a pas de suivi détaillé par zone ou usage spécifique.
- La consommation énergétique des groupes froids n'est pas spécifiquement suivie. Leur fonctionnement repose sur des mesures indirectes au niveau des départs.
- Il n'existe pas de sous-comptage dédié à l'éclairage. Les consommations liées sont incluses dans les mesures globales électriques
- Pas de suivi différencié pour des postes spécifiques comme le chauffage, la ventilation, le refroidissement, ou l'éclairage.
- Absence de remontée centralisée des données sur la GTB, rendant la supervision et l'analyse des consommations laborieuses

4.2.5.2. Descriptif des travaux

Pour atteindre la conformité au décret BACS, les prestations devront inclure :

- L'ajout de comptages et sous comptages communicants par usage et par zone fonctionnelle et garantir que les sous-comptages sont communicants et compatibles avec la GTB en place (**Référence CO1 dans DPGF**)
- Installation de module pour la lecture de données impulsionnelles des compteurs existants et garantir la compatibilité avec la GTB (**Référence CO2 dans DPGF**)

4.2.6. Détection/Supervision

4.2.6.1. Descriptif des travaux

- Raccorder la station principale et les sous-stations à la GTB via passerelles compatibles Desigo (Modbus TCP ou RTU). (**Référence D1 dans DPGF**)
- Programmer la GTB avec visualisation en temps réel pour une mise en conformité avec le décret BACS (**Référence D2 dans DPGF**)
- Créer et fournir une interface de supervision ergonomique accessible aux exploitants techniques avec tableaux de consommation énergétique et tableaux de bord par zones fonctionnelles pour visualiser les données de consommation, détecter les dérives et anomalies, ajouter des alarmes, ajuster les consignes et harmoniser les outils pour simplifier la maintenance (**Référence D2-1 dans DPGF**).
- Superviser les pompes WILO (**Référence D2-2 dans DPGF**) et les pompes sur stations secondaires éventuellement (**Référence Tranches Optionnelles O1 à O3 dans DPGF**) qui doivent être intégrées dans la GTB

- Créer des boucles de régulation basées sur des algorithmes prédictifs d'ajustement des consignes et développer des scénarii de régulation prédictive pour anticiper les variations de température **(Référence D2-3 dans DPGF)**
- Mettre en place une régulation automatique basée sur des algorithmes pour optimiser la consommation **(Référence D2-3 dans DfPGF)**
- Automatiser l'ajustement des paramètres sur les équipements d'émission **(Référence D2-4 dans DPGF)**
- Mettre en place une loi d'eau dynamique **(Référence D2-5 dans DPGF)**
- Connecter les groupes froids, les CTA et tous les ventilo-convecteurs à la GTB avec scénarii d'asservissement pour un contrôle centralisé **(Référence D2-6 dans DPGF)**
- Installer et intégrer les armoires de climatisation et les cassettes froides dans la GTB **(Référence R1, D2-7 dans DPGF)** moyennant des passerelles de communication
- Ajuster les réglages des pompes pour garantir une circulation suffisante sur toute la ligne **(Référence D2-8)**
- Implémenter une gestion du refroidissement par zone fonctionnelle **(Référence D2-9 dans DPGF)**
- Implémenter un asservissement entre les pompes de distribution et les demandes en froid **(Référence D2-10 dans DPGF)**
- Réajuster les consignes des salles informatiques (passage à 20°C) **(Référence D2-11 dans DPGF)**
- Implémenter une régulation centralisée des CTA en connectant les batteries chaudes des CTA à la GTB et ajuster les plages horaires de fonctionnement des CTA selon l'occupation des espaces **(Référence D2-12 dans DPGF)**
- Connecter tous les luminaires et capteurs de présence et de luminosité à la GTB existante pour un pilotage global et mettre en place des Scénarii d'éclairage dynamiques par zone **(Référence D2-13 dans DPGF)**
- Permettre une gestion manuelle ou semi-automatisée via des interfaces connectées à la GTB **(Référence D2-14 dans DPGF)**
- Raccorder les chaudières à gaz à la GTB (ModBus ou BACnet) **(Référence D2-15 dans DPGF)**
- Connecter tous les nouveaux sous compteurs à la GTB et remonter les données de comptage dans la GTB avec historisation et exploitation via tableaux de bord. La granularité des comptages doit être précisée par zone fonctionnelle **(Référence D2-16 dans DPGF)**
- Implémenter une gestion du refroidissement par zone fonctionnelle en fonction de leur occupation réelle **(Référence tranche optionnelle O9 dans DPGF)**
- Former les utilisateurs à l'exploitation de la GTB modernisée, et remettre toute la documentation technique et réglementaire associée **(Référence F1 dans DPGF)**.
- Opérer la maintenance globale GTB du bâtiment dans le temps, sur une période d'1 an à compter de la réception des travaux, y compris remplacement ou reprogrammation si équipement et/ou système défaillant ou non-conforme aux besoins **(Référence M1 dans DPGF)**

4.3. Equipements du bâtiment Coriolis

Le bâtiment Coriolis est plus récent mais également stratégique pour l'ENPC, accueillant des laboratoires, des salles de cours, des salles de réunion, des amphithéâtres et des bureaux. Contrairement au bâtiment Carnot-Cassini, Coriolis ne dispose actuellement d'aucune GTB centralisée (Seuls les CTA et planchers chauffants se pilotent depuis la supervision).

Les régulations des systèmes techniques sont locales et isolées

L'objectif principal est donc d'intégrer l'ensemble des systèmes techniques existants, tels que les pompes à chaleur, les groupes froids et les centrales de traitement d'air, dans un système centralisé et connecté, tout en rationalisant les équipements obsolètes pour améliorer la performance énergétique.

4.3.1. Chauffage

4.3.1.1. Etat existant

- Le bâtiment Coriolis est alimenté par 28 sondes géothermiques reliées à une pompe à chaleur (réversible) qui permet de couvrir l'ensemble des besoins thermiques du bâtiment.
- La PAC fonctionne en mode chauffage, en captant des calories dans l'air ou l'eau pour les redistribuer sous forme de chaleur. Elle assure une température de départ adaptée aux différents émetteurs de chaleur du bâtiment.
- Température de départ typique : entre 40°C et 60°C.
- Le réseau de distribution de chaleur du bâtiment Coriolis est conçu pour transporter l'eau chaude produite par la PAC vers les différents émetteurs de chaleur.
- Le réseau est équipé de pompes pour assurer le débit d'eau chaude nécessaire à l'alimentation des différents émetteurs.
- Les pompes actuelles sont à vitesse fixe, ce qui limite leur capacité d'adaptation en fonction des variations de demande.
- La PAC est régulée de manière locale et n'est pas connectée à une GTB centralisée
- Le groupe froid fonctionne de manière indépendante, sans communication avec la PAC, ce qui entraîne un manque de coordination et une surconsommation énergétique.

L'eau chaude est distribuée via un réseau secondaire qui alimente les différentes zones fonctionnelles (bureaux, salles de réunion, espaces communs).

Une pression insuffisante est observée dans certaines zones, notamment en bout de réseau, ce qui réduit la performance des émetteurs.

Le réseau ne dispose pas d'un équilibrage hydraulique optimisé, entraînant des pertes de chaleur et des déséquilibres thermiques.

Les locaux Bâtiments Coriolis sont chauffés à travers :

- des planchers chauffants régulés localement
- Des batteries de chauffage intégrées dans les Centrales de Traitement d'Air (CTA) pour la ventilation.
- Le chauffage de la halle « Freyssinet » est indépendant : les radiants gaz existants vont être remplacés par une PAC reliée à un ventilo-convecteur. La diffusion de la chaleur se fera par l'intermédiaire d'une gaine percée.

La GTB actuelle permet une régulation partielle des températures de départ/retour et un pilotage horaire par zone. Cependant, certains circuits secondaires ne sont pas pilotés individuellement en particulier certaines boucles plancher reprenant plusieurs bureaux, et les consignes ne sont pas toujours ajustées dynamiquement à l'occupation. La remontée des défauts ou des dérives n'est pas systématisée.

4.3.1.2. Descriptif des travaux

- Installer un automate gérant l'ensemble du local CVC et asservissement (**Référence CC1 dans DPGF**)
- Installer des vannes d'équilibrage et de servomoteurs communicants sur chaque départ de nourrice (**Référence CC2 dans DPGF**)
- Ajouter des sondes de température et CO2 et actionneurs dans toutes les zones (**Référence CC3 dans DPGF**)
- Installer une passerelle de communication pour intégrer la PAC à la GTB (**Référence CC4 dans DPGF**)
- Mettre en place des régulateurs de pression différentiels (**Référence CC5 dans DPGF**)
- Remplacer les pompes actuelles par des pompes à vitesse variable pour moduler le débit (**Référence CC6 dans DPGF**)
- Installation de compteurs calorifiques pour le suivi du réseau de chaleur par zone fonctionnelle (**Référence CC7 dans DPGF**)

La mise à niveau doit permettre une exploitation complète et sécurisée du système de chauffage, en intégrant toutes les sources de production et en assurant une régulation fine et dynamique selon les usages réels du bâtiment.

4.3.2. Refroidissement

4.3.2.1. Etat existant

La production de froid du bâtiment Coriolis repose principalement sur :

- Une pompe à chaleur (PAC) réversible
- Un groupe froid Menerga plus une cassette dans la régie de l'amphithéâtre Caquot. Un ventilateur souffle de l'air sur cet échangeur, diffusant ainsi l'air refroidi dans les pièces.
- Une unité de climatisation autonome de type split dans le local serveur de Coriolis ;

La PAC fonctionne en mode froid pour capter la chaleur à l'intérieur du bâtiment et la rejeter à l'extérieur. La PAC produit de l'eau glacée pour alimenter les équipements d'émission de froid, avec une température de départ typique de 6 à 10°C, ajustée manuellement en fonction des besoins.

Le groupe froid (GF) est activé en fonction des besoins en froid.

Les températures d'eau glacée varient selon les saisons :

En été : Température de départ de 6°C pour une température extérieure de 25°C.

À mi-saison ou en hiver : Température de départ de 10,5°C pour 8°C extérieurs.

Néanmoins il est constaté la situation suivante :

- Il n'y a pas de loi d'eau pour automatiser les réglages des températures de départ.
- les pompes associées au groupe froid ne sont pas variables, ce qui entraîne une consommation énergétique excessive.
- Le GF est géré manuellement et n'est pas connecté à un système centralisé.
- Des climatiseurs mobiles sont utilisés en appoint dans certaines zones où la performance des Ventilo-Convecteurs est insuffisante, notamment en bout de ligne et augmentent la consommation énergétique globale.
- Certaines zones souffrent de déséquilibres thermiques
- Une supervision locale est en place, mais elle est limitée à la régulation autonome des équipements :
- Le groupe froid et la PAC ne communiquent pas entre eux ni avec une GTB centralisée et est activé par des consignes fixes, sans prise en compte des données en temps réel (occupation, charge thermique, conditions extérieures).
- Les réglages des températures sont effectués manuellement, ce qui réduit l'efficacité globale du système.
- Une loi d'eau n'est pas encore mise en œuvre, obligeant à des ajustements manuels des températures d'eau glacée en fonction des saisons.

4.3.2.2. Descriptif des travaux

- Installer un automate sur le groupe froid (**Référence RC1 dans DPGF**)
- Intégrer des capteurs de température (aller/retour) sur le réseau eau glacée (**Référence RC2 dans DPGF**)
- Réduire la température de l'eau glacée en été et l'augmenter à mi-saison ou en hiver
- Installer des vannes d'équilibrage communicantes pour garantir une répartition homogène de l'eau glacée (**Référence RC3 dans DPGF**)

4.3.3. Ventilation

4.3.3.1. Etat existant

La ventilation du bâtiment Coriolis est assurée par trois Centrales de Traitement d'Air (CTA).

Chaque CTA couvre une zone spécifique, comme les bureaux, les salles de réunion, et les espaces communs.

Les 3 CTA sont positionnées dans des locaux techniques distincts.

Le conditionnement thermique des CTA s'effectue via des batteries chaudes et froides.

Les batteries chaudes sont alimentées par la pompe à chaleur (PAC) ou le groupe froid en mode chauffage.

Les batteries froides utilisent l'eau glacée produite par le groupe froid en mode refroidissement.

Les CTA fonctionnent de manière indépendante et sont régulées localement sans intégration à une GTB centralisée.

Une partie des équipements ne permet pas d'ajuster les débits ou les températures de manière dynamique, ce qui limite l'efficacité énergétique et le confort des occupants.

La plupart des automates sont obsolètes.

Les CTA sont dotées de :

- Récupérateurs de chaleur ;
- Variateurs de vitesse sur ventilateurs ;
- Fonctions free cooling et antigel.

L'air conditionné produit par les CTA est distribué dans l'ensemble du bâtiment via un réseau de gaines. Ce réseau alimente les bureaux, salles de réunion, espaces communs et couloirs.

Des grilles d'insufflation sont utilisées pour diffuser l'air conditionné dans les bureaux et salles de réunion.

Les espaces communs, comme les couloirs, sont ventilés par des bouches de soufflage murales.

Chaque CTA est associée à une zone spécifique, ce qui facilite la gestion de la ventilation en fonction des besoins des espaces concernés.

Un déséquilibre des débits est observé dans certaines zones, notamment en bout de ligne, causant un inconfort thermique ou une mauvaise qualité de l'air.

Les clapets de régulation ne sont pas automatisés, ce qui complique l'ajustement dynamique des flux d'air. Le réseau de gaines n'est pas entièrement équipé de capteurs de pression, limitant la possibilité de surveiller et ajuster les performances du système.

Les CTA sont actuellement régulées de manière locale avec des consignes fixes pour les températures de soufflage (ex. 18°C pour les espaces communs).

Les ventilateurs des CTA fonctionnent à vitesse constante, ce qui empêche une modulation en fonction de la demande réelle.

Les batteries chaudes et froides sont régulées manuellement, sans prise en compte dynamique des variations de charge thermique ou de la qualité de l'air.

Les débits d'air sont équilibrés manuellement via des clapets.

L'absence de capteurs de qualité d'air (ex. CO₂, humidité) empêche une régulation adaptée en fonction de l'occupation des espaces.

L'absence d'intégration à une GTB empêche une supervision centralisée et un pilotage coordonné des équipements.

Les réglages manuels des débits et des températures entraînent une surconsommation énergétique et des problèmes de confort pour les occupants.

4.3.3.2. Descriptif des travaux

- Remplacer les automates par des modèles compatibles (Trend iQ4e) interopérables (**Références VC1 dans DPGF**)
- Installer des clapets motorisés communicants dans les gaines de ventilation (**Référence VC2 dans DPGF**)
- Installer des sondes communicantes pour mesurer en continu la température (**Référence VC3 dans DPGF**)
- Ajouter des capteurs de pression statiques et de qualité d'air (CO₂, humidité) (**Référence VC4 dans DPGF**)

4.3.4. Eclairage

4.3.4.1. Etat existant

L'éclairage du bâtiment Coriolis utilise principalement des luminaires classiques avec une communication limitée via des protocoles tels que KNX et DALI.

Les luminaires sont commandés par des horloges programmables locales ou des interrupteurs manuels dans certaines zones.

Certaines zones, notamment les espaces communs, bénéficient d'une programmation horaire pour l'éclairage. Cependant, ces programmations fonctionnent de manière isolée, sans centralisation ni supervision globale.

Les modules de gestion des horloges, notamment les anciens modules Legrand, rencontrent des dysfonctionnements fréquents, entraînant une mauvaise gestion des horaires d'éclairage.

L'intensité lumineuse n'est pas ajustée en fonction de la luminosité naturelle ou de l'occupation des espaces, entraînant des surconsommations énergétiques.

L'éclairage n'est pas connecté à la GTB, ce qui empêche une gestion globale et un suivi énergétique précis. Bien que certains luminaires soient compatibles avec les protocoles DALI ou KNX, leur communication et leur intégration sont limitées, ne répondant pas aux exigences d'une supervision centralisée.

4.3.4.2. Descriptif des travaux

- Installer un module de communication KNX (**Référence ECC1 dans DPGF**)
- Ajouter des capteurs de présence et de luminosité pour déclencher l'extinction automatique dans chaque zone fonctionnelle (**Référence ECC2, ECC3 et ECC4**). Les capteurs de luminosités ne seront pas installés dans les locaux aveugles (sanitaires, amphithéâtres).
- Remplacer les luminaires existants par des modèles connectés compatibles avec les protocoles standards et dimmables (DALI ou KNX) (**Références tranches optionnelles OC1 dans DPGF**)
- Installer des capteurs d'occupation dans les salles de cours (y compris amphithéâtres) et les salles de réunion (**Références tranches optionnelles OC2 et OC3 dans DPGF**)
- S'assurer que le système d'éclairage est interopérable avec d'autres systèmes en utilisant des protocoles ouverts et compatibles avec les standards de la GTB

4.3.5. Comptage et suivi des consommations

4.3.5.1. Etat existant

Le TGBT intègre un suivi détaillé des consommations avec un sous-comptage précis :

- Départs vers les tableaux divisionnaires (TD) par zone
- Comptage calorifique des CTA et GF
- Suivi des consommations des bornes IRVE (pour véhicules électriques).

Les consommations de la PAC sont suivies via des compteurs calorifiques, mais les données ne sont pas intégrées à une supervision centralisée.

Le groupe froid dispose de compteurs énergétiques, mais ces relevés sont souvent effectués manuellement.

Les consommations liées à l'éclairage ne sont pas spécifiquement suivies.

Elles sont agrégées dans les relevés des tableaux électriques.

Pas de segmentation fonctionnelle des consommations énergétiques par zone

Absence de centralisation complète des données, bien que la supervision partielle via Java et PC Vue soit en place.

4.3.5.2. Descriptif des travaux

- Installation de modules pour la lecture de données impulsionnelles des compteurs existants et garantir la compatibilité avec la GTB (**Référence COC1 dans DPGF**)
- Ajouter des sous-comptages pour le chauffage et la PAC, pour le refroidissement et le groupe froid, pour la ventilation CTA et pour l'éclairage. Garantir que les sous-comptages sont communicants et compatibles avec la GTB en place (**Référence COC2 dans DPGF**)

4.3.6. Détection/Supervision

4.3.6.1. Descriptif des travaux

- Remplacer les outils JAVA / PC VUE par une plateforme unique interopérable avec programmation de l'ensemble du bâtiment pour une mise en conformité avec le décret BACS (**Référence DC1 dans DPGF**)
- Automatiser la régulation de la température de départ en fonction des données collectées, de l'occupation et des besoins (**Référence DC1-1 dans DPGF**)
- Ajouter un dispositif d'asservissement entre la PAC et le groupe froid pour coordonner leur fonctionnement en priorisant la PAC. Intégrer les splits et les PAC autonomes dans la supervision (y compris la PAC Halle d'essai). Créer une supervision intégrée pour les PAC et groupes froids avec visualisation en cascade, états, alarmes, et notifications par e-mail et/ou sms en cas de criticité aigüe. Automatiser les réglages des températures de départ des groupe froids et des PAC (**Référence DC1-2 dans DPGF**).
- Regrouper toutes les données de régulation sur une GTB pour un pilotage central avec scénarii prédictifs, pilotage des plages horaires à distance par type de zone et mettre en œuvre des tableaux de bord, retour d'états et alertes sur anomalies et défauts par zone fonctionnelle (**Référence DC1-3 dans DPGF**)
- Mettre en œuvre un paramétrage critique (températures, défauts, états ventilateurs) à remonter intégralement en supervision, assurer la complétude de la supervision des circuits secondaires avec états de fonctionnement regroupés et mettre en place des indicateurs clés de performance (KPI) pour évaluer les consommations par usage et par zone fonctionnelle (**Référence DC1-3 dans DPGF**)
- Regrouper toutes les CTA sur la plateforme GTB pour les visualiser avec synoptiques, alarmes, consignes, historiques (**Référence DC1-3 dans DPGF**)
- Développer des scénarii d'éclairage modulables en fonction des activités et s'assurer que leur modification soit facilitée et accessible pour le mainteneur et synchroniser les horaires d'éclairage (**Référence DC1-3 dans DPGF**)
- Réduire les débits d'air dans les zones peu occupées
- Implémenter une loi d'eau dynamique et automatique pour ajuster les températures (**Référence DC1-4 dans DPGF**)
- Ajouter des boucles d'asservissement entre les pompes et la PAC (**Référence DC1-5 dans DPGF**)
- Ajouter des vannes motorisées pilotées par la GTB pour les zones non régulées (**Référence DC1-6 dans DPGF**)
- Instaurer une régulation modulable par zone fonctionnelle (EFA) selon les périodes et la présence réelle, intégrant également les ballons d'eau chaude (**Références DC1-7 dans DPGF**)
- Intégrer les batteries chaudes et froides des CTA à la GTB (**Référence DC1-8 dans DPGF**)
- Optimiser la distribution d'eau glacée pour éliminer les climatiseurs mobiles en intégrant tous les équipements de refroidissement à la GTB (**Référence DC1-9 dans DPGF**)
- Supprimer les horloges locales et reprendre les scénarii via la GTB (**Référence DC1-10 dans DPGF**)
- Connecter l'ensemble des luminaires et capteurs de présence et de luminosité à la GTB et optimiser les réglages (**Référence DC1-11 dans DPGF**)
- Remonter les données de comptage dans la GTB avec historisation et exploitation via tableaux de bord. La granularité des comptages doit être précisée par zone fonctionnelle (**Référence DC1-12 dans DPGF**)

- Opérer la maintenance globale GTB du bâtiment dans le temps, sur une période d'1 an à compter de la réception des travaux, y compris remplacement ou reprogrammation si équipement et/ou système défaillant ou non-conforme aux besoins (**Référence M1 dans DPGF**).
- Former les utilisateurs à l'exploitation de la GTB modernisée, et remettre toute la documentation technique et réglementaire associée (**Référence FC1 dans DPGF**).

4.4. Exploitation

4.4.1. Conformité décret BACS

Le suivi énergétique est actuellement fragmentaire :

- Présence de sous-comptages électriques sur certaines colonnes générales ;
- Absence de comptage détaillé par usage ou par zone (ex. éclairage, ventilation, climatisation) ;
- Absence de comptage d'eau chaude sanitaire ou de ventilation
- Pas de sous comptage remonté vers la GTB

Pour atteindre la conformité au décret BACS, les prestations devront inclure :

- Installer des compteurs électriques certifiés MID communicants par usage significatif (ventilation, éclairage, chauffage, refroidissement, IRVE, salles serveurs, etc...) (**Références EL6 et ELC6 dans DPGF**)
Equipements recommandés : Socomec Diris, Schneider PowerLogic, Siemens Powermeter, compatibles Modbus mais d'autres éventuelles configurations équivalentes peuvent être proposées
- Effectuer les raccordements via passerelles compatibles Desigo (Modbus TCP ou RTU) (**Références R1, CC4 et tranches optionnelles O1 à O3, dans DPGF**).
- Programmer la GTB avec visualisation en temps réel (**Référence D2 et DC1 dans DPGF**)
- Etablir des tableaux de bord par zone fonctionnelle avec détection des dérives (**Référence D2-1 et DC1-3 dans DPGF**)

4.4.2. Travaux d'électricité

Des travaux d'électricité sont à prévoir, tels que :

- Mettre en place des chemins de câbles, tirage et les raccorder en conformité avec les normes NFC15-100 (**Référence EL1 et ELC1 dans DPGF**)
- Concevoir et poser des coffrets électriques pour intégrer les nouveaux équipements (**Référence EL2 et ELC2 dans DPGF**)
- Etiqueter les câbles et circuits (**Référence EL3 et ELC3 dans DPGF**)
- Créer des circuits électriques pour alimenter les nouveaux équipements (câbles FR-N1X1G1) (**Référence EL4 et ELC4 dans DPGF**)
- Réaliser la thermographie infrarouge des tableaux électriques (**Référence EL5 et ELC5 dans DPGF**)

L'ensemble des automates intégrera le support des alarmes, des historiques et des calendriers. Des commandes pourront être gérées localement au besoin à partir d'un écran tactile de taille 10 Pouces par locaux techniques et par bâtiment, indépendamment du fonctionnement de la GTB.

Ces écrans seront placés en façade des coffrets électriques dans les locaux techniques et dans les gaines techniques d'étage à proximité des switches.

4.4.3. Editique

Il n'existe pas à l'heure actuelle de rapport d'exploitation et de tableaux de bord globaux reprenant l'ensemble des consommations et des alertes pour dysfonctionnement

Pour atteindre la conformité au décret BACS, le rapport énergétique devra fournir :

- Le Bilan énergétique du bâtiment

- Des diagnostics de dysfonctionnement
- Un auto-diagnostic de consommation énergétique
- Des synthèses graphiques

Des écrans d'état par source de consommation devront être disponibles :

Ecrans CHAUFFAGE

- Synoptique interactif par bâtiment et zone fonctionnelle (bureaux, laboratoires, salles de cours).
- Visualisation en temps réel :
 - Températures de départ/retour par boucle.
 - État des circulateurs, chaudières, vannes motorisées.
- Consignes appliquées et régimes de fonctionnement (normal, réduit, arrêté).
 - Commandes manuelles :
 - Marche/arrêt des circuits secondaires.
 - Modification des consignes par zone.
 - Alertes et alarmes :
 - Défaut de chaudière, perte de boucle, surconsommation.
 - Historique & tendances :
 - Températures, états de fonctionnement et anomalies sur 12 mois glissants.

Écrans REFROIDISSEMENT

- Coriolis : supervision des PAC et groupes froids en cascade.
- Carnot : supervision des splits/climatiseurs (éventuellement via passerelles).
- Affichage synoptique :
 - Schéma des circuits eau glacée (Coriolis), états des PAC, groupes froids.
 - État ON/OFF des unités, températures d'entrée/sortie, pressostats, etc.
- Commandes :
 - Pilotage manuel et horaire des équipements.
 - Scénarios de fonctionnement selon saison ou température extérieure.
- Suivi des consommations électriques spécifiques à la production de froid.

Ecrans VENTILATION

- CTA Carnot et Coriolis : affichage complet du fonctionnement.
- Éléments visualisés :
 - Débits d'air, températures soufflage/reprise, état des ventilateurs, taux d'encrassement des filtres.
 - Fonctionnement du free cooling, position volets, régulations antigel.
- Commandes :
 - Modification des plages horaires.
 - Forçage local ou distant des débits.
- Asservissements visibles :
 - Présence dans les salles.
 - Qualité d'air intérieur (CO₂, humidité si capteurs présents).
- Alarmes :
 - Filtres colmatés, température anormale, ventilateurs en défaut.

Ecrans ECLAIRAGE

- Vue par zone fonctionnelle (salles de cours, bureaux, circulations).
- Affichage :

- État des luminaires (ON/OFF, variation d'intensité si dimmables).
- Présence ou absence détectée.
- Niveau de luminosité naturel (capteurs si présents).
- Commandes :
 - Programmation horaire.
 - Commande manuelle par zone.
- Alertes :
 - Défautes sur luminaires, absence de réponse, défaillance de capteur

Ecrans COMPTAGE ENERGETIQUE

- Tableaux de bord dynamiques :
 - Visualisation temps réel des consommations par usage : chauffage, éclairage, ventilation, PAC, etc.
 - Affichage par zone fonctionnelle (ex. labo, salle de cours...).
- Données disponibles :
 - Puissance instantanée (kW), énergie cumulée (kWh), historiques à pas horaire.
- Alertes :
 - Détection de dérive de consommation.
 - Comparaison aux valeurs de référence ou seuils personnalisés.
- Exports :
 - CSV/Excel pour usage externe (Décret Tertiaire, reporting environnemental, etc.).

Ecrans MAINTENANCE / ALARMES

- Journal d'événements :
 - Registre horodaté des anomalies, pannes, et interventions.
- Tableau des alarmes :
 - Filtrage par gravité, usage, zone.
 - Accusé de réception, archivage, traçabilité.
- Suivi des communications :
 - Détection d'équipements non répondants (modbus, BACnet).
 - Vérification de passerelles, automates, etc.

Ecrans ADMINISTRATION & ACCES

- Gestion des utilisateurs :
 - Profils différenciés : maintenance, exploitation, admin.
 - Droits spécifiques par écran ou commande.
- Connexion :
 - Accès local et distant via navigateur sécurisé (HTTPS).
 - Historique des connexions et actions utilisateurs.

4.5. Architecture réseaux

Réseau informatique

Les Baies de brassage existantes peuvent être réutilisées.

Elles sont présentes a chaque étage.

L'équipe informatique du maître d'ouvrage mettra à disposition du titulaire des ports dans les baies de brassage et mettra en place un VLAN pour la GTB.

Elle mettra également à disposition une machine virtuelle pour l'hébergement du logiciel de supervision GTB

Un calibrage avec l'IT du maître d'ouvrage devra être opéré pour faire un plan d'adressage IP complet. Le nombre d'écrans à installer sur les coffrets sera déterminé en accord avec l'IT du maître d'ouvrage qui se chargera de leur mise en réseau.

Le maître d'ouvrage prévoit l'approvisionnement d'un poste client Windows 11 pro qui permettra d'accéder au serveur de supervision pour gérer les écrans de supervision.

Les écrans existants servant au mainteneur du site, pourront être repris mais les unités centrales seront changées et upgradées par le maître d'ouvrage.

Interopérabilité et cybersécurité

Protocoles de communication

Pour garantir une supervision centralisée et une communication fluide entre les équipements et la GTB, les protocoles suivants devront être mis en place :

- **Utilisation de protocoles ouverts** : Les équipements devront être compatibles avec des standards tels que BACnet IP, Modbus TCP/IP, et KNX, afin d'assurer une intégration homogène.
- **Passerelles de communication** : Des passerelles seront installées pour convertir les protocoles non conformes (ex. LoRaWAN ou Zigbee) en Modbus ou BACnet, afin de garantir leur compatibilité avec la GTB Tridium Niagara.
- **Interopérabilité évolutive** : Tous les nouveaux équipements devront pouvoir s'intégrer à l'infrastructure existante tout en permettant une montée en version future de la GTB.

Mesures de sécurité

Afin de protéger les données et les systèmes techniques contre les risques de cyberattaques, les mesures suivantes devront être mises en œuvre :

- **Chiffrement des communications** : Mise en place de protocoles sécurisés (ex. HTTPS, MQTTS) pour toutes les communications entre les équipements et la GTB.
- **Segmentations réseau** : Séparation des réseaux GTB et bureautiques via des VLAN pour limiter les risques de propagation des attaques. Les équipements informatiques nécessaires seront fournis par la DSI (switchs, répartiteurs, serveurs et postes de travail), mais doivent être définis dans les besoins.
Intégrer un plan de localisation et d'identification des répartiteurs en indiquant leurs adresses IP
Prévoir un protocole de fermeture complète du réseau et de ré-ouverture pour faciliter les montées de version
- **Accès sécurisé**
 - Authentification des utilisateurs via des identifiants uniques et un mot de passe fort.
 - Utilisation d'une authentification multifactorielle (MFA) pour les connexions distantes.
- **Journalisation et surveillance**
 - Mise en place d'un journal des événements pour suivre les connexions et activités anormales.
 - Surveillance réseau via des outils de détection d'intrusion (IDS).
- **Plan de reprise d'activité (PRA)** : Prévoir un système de sauvegarde des données critiques (paramètres GTB, historiques de consommation) avec des points de restauration réguliers. Prévoir et détailler le mode de fonctionnement « dégradé » en cas de non-fonctionnement normal de la GTB
- **Conformité aux normes ANSSI** : Les mesures devront respecter les recommandations de l'Agence Nationale de la Sécurité des Systèmes d'Information pour les systèmes critiques.

Références recommandées : Utilisation de passerelles Modbus (ex. Schneider Link150, HMS Anybus) pour assurer la communication entre équipements et GTB Les bâtiments

4.6. Supervision

Les bâtiments disposent d'une GTB existante, dont la technologie est détaillée en annexe (voir DOE), permettant une supervision partielle des CTA et du chauffage.

Elle ne couvre pas les usages complets du décret BACS.

La stratégie et la méthodologie visant à sécuriser la complétude et la migration des données existantes vers la nouvelle configuration GTB proposée devra être détaillée (alarmes, points de mesure et garantie de réversibilité).

Les limitations actuelles incluent :

- Absence de visualisation unifiée des installations ;
- Manque d'alarmes configurées ou de seuils sur les consommations et les défauts techniques ;
- Interface utilisateur non ergonomique, peu utilisée par les équipes de maintenance.

La mise à niveau de la GTB devra s'accompagner d'un travail complet de programmation de la supervision, afin d'assurer une exploitation fluide, ergonomique et conforme aux attentes fonctionnelles et réglementaires (**Référence D2 et DC1 dans DPGF**).

De même la mise à niveau de la GTB doit intégrer la maintenance de la GTB globale pour les deux bâtiments, dans le temps (**Référence M1 et MC1 dans DPGF**)

Les travaux viseront à :

- Créer des interfaces de supervision dédiées par poste technique (chauffage, refroidissement, ventilation, éclairage, comptage, ...) (**Référence D2-1 et DC1-3 dans DPGF**)
- Mettre en place un Synoptique interactif par zone et système (**Référence D2-1 et DC1-3 dans DPGF**)
- Étendre la supervision aux systèmes non couverts (éclairage, refroidissement, comptage) (**Référence D2-1 et DC1-3 dans DPGF**)
- Unifier l'interface utilisateur, avec des synoptiques clairs, des tableaux de bord et des alertes paramétrables (seuils de température, consommations, taux de CO², dysfonctionnements) (**Référence D2-1 et DC1-3 dans DPGF**)
- Journalisation des événements pour traçabilité des anomalies (**Référence D2-1 et DC1-3 dans DPGF**)
- Structuration hiérarchique des accès utilisateurs et gestion des droits d'accès selon profil (**Référence D2-1 et DC1-3 dans DPGF**)
- Accès local ou distant sécurisé via une interface web ou applicative (**Référence D2-1 et DC1-3 dans DPGF**)
- Permettre un accès distant sécurisé, en lien avec les exigences de cybersécurité (**Référence D2-1 et DC1-3 dans DPGF**)
- Programmer des scénarii de fonctionnement automatique (gestion horaire par zone, asservissement à la présence, modulation dynamique des consignes selon la température extérieure, ...) (**Référence D2-1 et DC1-3 dans DPGF**)
- Historisation des données sur une période glissante d'au moins 12 mois avec export CSV/excel (**Référence D2-1 et DC1-3 dans DPGF**)

- Préparation à l'interopérabilité avec des systèmes externes (plateformes de suivi énergétique, décret tertiaire, maintenance assistée par ordinateur, ...). Des liens automatisés avec la GTB devront être disponibles via des APIs sécurisées pour permettre l'intégration de systèmes tiers tels que OPERAT par exemple **(Référence D2-1 et DC1-3 dans DPGF)**

Cette programmation devra être réalisée dans le respect des normes de lisibilité, de cohérence graphique, et de facilité d'usage pour les exploitants. Le système devra être entièrement documenté, testé en usine, puis validé en phase de réception sur site.

Le système disposera d'une fonction de bilan (Références D2-1 et DC1-3) portant sur tous les comptages et sous comptages gérés par la GTB **(Références CO1, CO2 dans DPGF)**.

La prestation prévoit la reprise et l'historisation des données de comptage.

La fonction de bilan facilitera l'exploitation du bâtiment et assurera un suivi des consommations électriques en proposant à l'exploitant un tableau de bord synthétique et facile d'accès.

Elle permettra notamment de visualiser sous forme de tableaux, de courbes et d'histogramme les principaux postes de consommations électriques et de calculer les coûts énergétiques de ces postes, de visualiser le fonctionnement des équipements raccordés en temps réel et d'être alertés de tout non-fonctionnement ou anomalie **(voir les quelques tableaux et graphiques fournis en annexe N°1 à titre d'exemple)**

Concernant le chauffage et la climatisation, la fonction de bilan établira les principaux ratios de consommations en Euros et kWh en fonction des DJU et des m² et permettra ainsi de repérer d'éventuelles dérives.

Toutes les fonctions devront avoir un système de contrôle de son bon fonctionnement :

- Pour une fonction chauffage, le système contrôle si les températures atteintes sont bien dans des limites fixées.
- Pour une fonction comptage d'énergie, le système contrôle si le compteur s'incrémente bien d'un minimum pendant une durée donnée.

Ce « check-up » des fonctions permettra d'avertir en temps réel l'exploitant des anomalies cachées de l'installation, au-delà des alarmes techniques qui sont prévues.

La supervision devra intégrer différents écrans (écran état, écran programme, programmation événement hors programmation journalière, écran de commande, écran paramètre (standard et avancé), écran historique, écran commande groupée, écran contrôle système, écran optimisation, etc..., qui revient au titulaire de détailler dans son offre.

La supervision devra à minima fournir les vues suivantes :

- 1 vue par étage,
- 1 vue par production chauffage et eau glacée,
- 1 vue par Centrale de traitement d'air,
- 1 vue pour le système de comptages électriques,
- 1 vue pour le système de comptages frigories et calories,
- 1 vue des équipements PAC et ventilo-convecteur.

Le paramétrage du « niveau de confort » s'effectuera via un écran d'optimisation :

Le calcul sera basé sur l'analyse des écarts pondérés entre d'une part la consigne confort et la température ambiante et d'autre part la consigne confort et la température extérieure.

Le paramètre "Niveau d'anticipation" permettra d'influencer les facteurs de pondération.

L'issue du calcul fournira la valeur estimée du délai nécessaire à la remontée en température.

Si ce temps séparant l'utilisateur de la prochaine plage de confort dépasse le délai maximum attendu, le chauffage ou la climatisation sera relancé.

Le système devra assurer les points suivants :

Le délai maximum d'une relance n'excédera en aucun cas 4 heures.

Lors d'une phase de relance, le rapport cyclique sera forcé à 100%.

Il faut prévoir qu'une condition extérieure puisse venir fausser temporairement l'algorithme d'optimisation, par exemple Heures de pointes EDF.

Annexes au CCTP :

Annexe 01 : Analyse fonctionnelle de la GTB avec exemples de vues graphiques attendues

Les schémas d'architecture technique existante et attendue sont joints dans un fichier séparé de ce CCTP et peuvent être consultés par le soumissionnaire.

Analyse fonctionnelle

Structure Générale à Respecter

- Décrire le périmètre exact des équipements et fonctions supervisées.
- Expliquer les objectifs fonctionnels (sécurité, confort, énergie, traçabilité...).
- Détailler les logiques de fonctionnement (conditions de marche/arrêt, modes auto/manuel, priorités).
- Lister les variables importantes, les points de mesure/commande et leur usage.
- Présenter l'interface opérateur (visualisation, alarmes, forçages, consignes...).
- Détailler la gestion des alarmes, historiques, traçabilité.
- Mentionner l'interopérabilité éventuelle avec d'autres systèmes ou protocoles.

Gestion des alarmes techniques

- Liste des alarmes surveillées (exemples : défaut énergie, défaut incendie, défaut CVC...)
- Mode de remontée des alarmes (contact sec, module d'entrée TOR, supervision, etc.)
- Détail sur le traitement de l'alarme (affichage, acquittement, historique, notification)
- Priorisation des alarmes (critique, majeur, mineur)
- Procédures d'acquiescement et d'historisation
- Lien avec la gestion des accès ou la sécurité du site.

Gestion états et mesures

- Description des états surveillés (ON/OFF, ouvert/fermé, défaut, etc.)
- Liste des mesures collectées (température, hygrométrie, pression, CO₂, etc.)
- Emplacement des capteurs et interfaces
- Fréquence de remontée, horodatage, historisation
- Utilisation des mesures pour pilotage (boucles de régulation, alarmes, tableaux de bord)
- Modalités d'affichage et de reporting pour l'exploitant.

Gestion des compteurs à impulsion

- Liste et localisation des compteurs à impulsion (eau, gaz, électricité...)
- Schéma de raccordement des impulsions (type de contact, nombre d'impulsions/unité)
- Mode de collecte et traitement des impulsions (interface automate, supervision...)
- Variables enregistrées (index, puissance, volume, débit...)
- Historisation, export des données, transmission vers des outils tiers (GMAO, énergie)
- Gestion des défauts de télé-relève.

Gestion des compteurs électriques

- Liste et description des compteurs électriques (modèle, type, emplacement)
- Variables remontées (index, puissances, intensités, tensions, etc.)
- Protocoles utilisés (Modbus, M-bus, etc.)
- Interface d'acquisition et affichage (supervision, tableaux de bord...)
- Historisation des consommations et courbes de charge
- Alarmes sur dépassement de seuils, défauts de communication.

Gestion des centrales d'air

- Liste et désignation des centrales traitées
- Description des fonctions : ventilation, filtration, chauffage, refroidissement, humidification
- Points de mesure et de commande (température, débit, pression, etc.)
- Modes de fonctionnement (auto, manuel, horaires, asservissements...)
- Conditions de marche/arrêt (horloge, défaut, consignes)
- Gestion de la qualité d'air (CO₂, hygrométrie)
- Visualisation, commandes, retours d'état sur supervision
- Alarmes associées (filtres, défaut ventilateur, surchauffe, etc.).

Gestion des extracteurs

- Liste des extracteurs (désignation, zones concernées)
- Logique de marche/arrêt (horaires, présence, asservissement à des seuils...)
- Commande locale et/ou à distance (supervision, bouton local...)
- Surveillance des défauts (thermique, surcharge, etc.)
- Visualisation des états sur supervision
- Gestion de la maintenance préventive (heures de fonctionnement, alertes).

Gestion des groupes froids et aéro-réfrigérants

- Description des groupes froids et de leur rôle
- Variables surveillées (températures, pressions, puissances...)
- Modes de fonctionnement (automatique, été/hiver, délestage...)
- Gestion des asservissements (température ambiante, consignes...)
- Sécurité et priorités (anti-court cycle, défauts...)
- Points d'alerte (défauts de groupe, surconsommation...)
- Historisation des défauts et valeurs clés.

Gestion des chaudières

- Liste et désignation des chaudières
- Logique de fonctionnement (cascade, relève, priorités...)
- Algorithmes de régulation (courbe de chauffe, température extérieure, etc.)
- Consignes programmables, modes de marche (Auto, Manuel, Arrêt)
- Surveillance des défauts sécurité (manque d'eau, surchauffe, défaut brûleur...)
- Permutation automatique/programmée des chaudières (optimisation durée de vie)
- Visualisation et pilotage via supervision.

Gestion des distributions eau glacée et eau chaude

- Description du réseau de distribution (eau glacée, eau chaude)
- Points de régulation (vanne 2 voies, 3 voies, pompes...)
- Capteurs (température départ/retour, débit, pression...)
- Conditions de marche/arrêt des pompes (priorités, alternances...)
- Modes d'exploitation (chauffage, refroidissement, économie...)
- Gestion des alarmes (défaut pompe, surpression, etc.)
- Visualisation et pilotage (supervision, commandes locales).

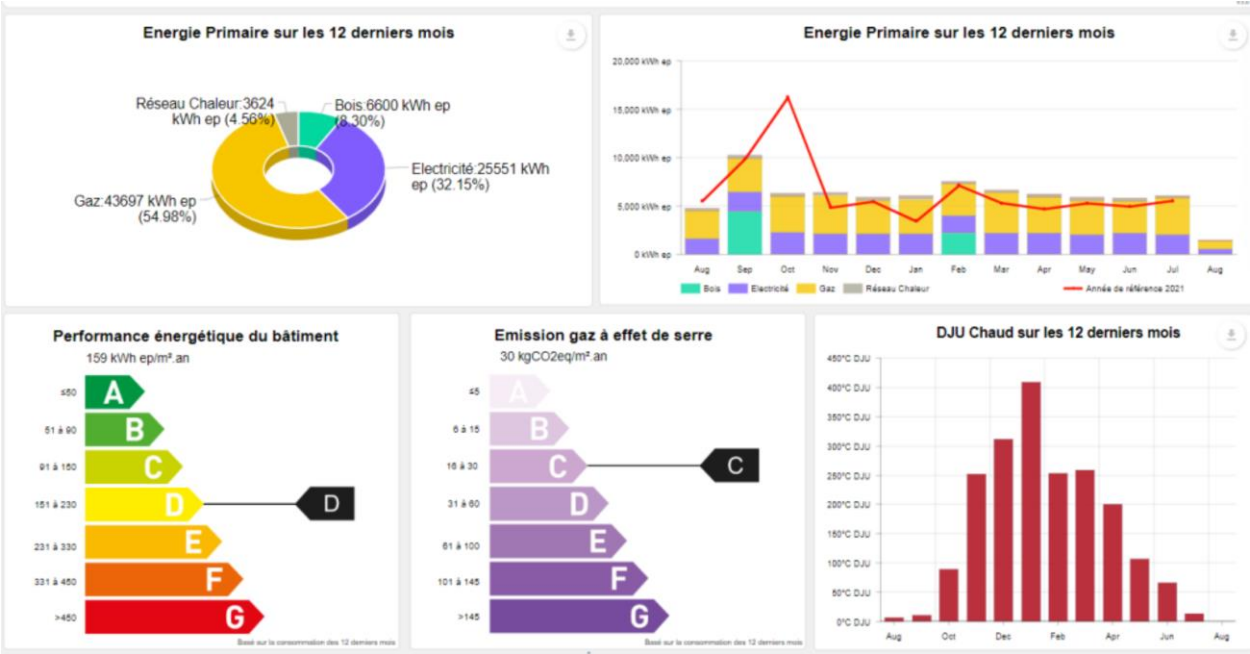
Gestion des Pompes à chaleur

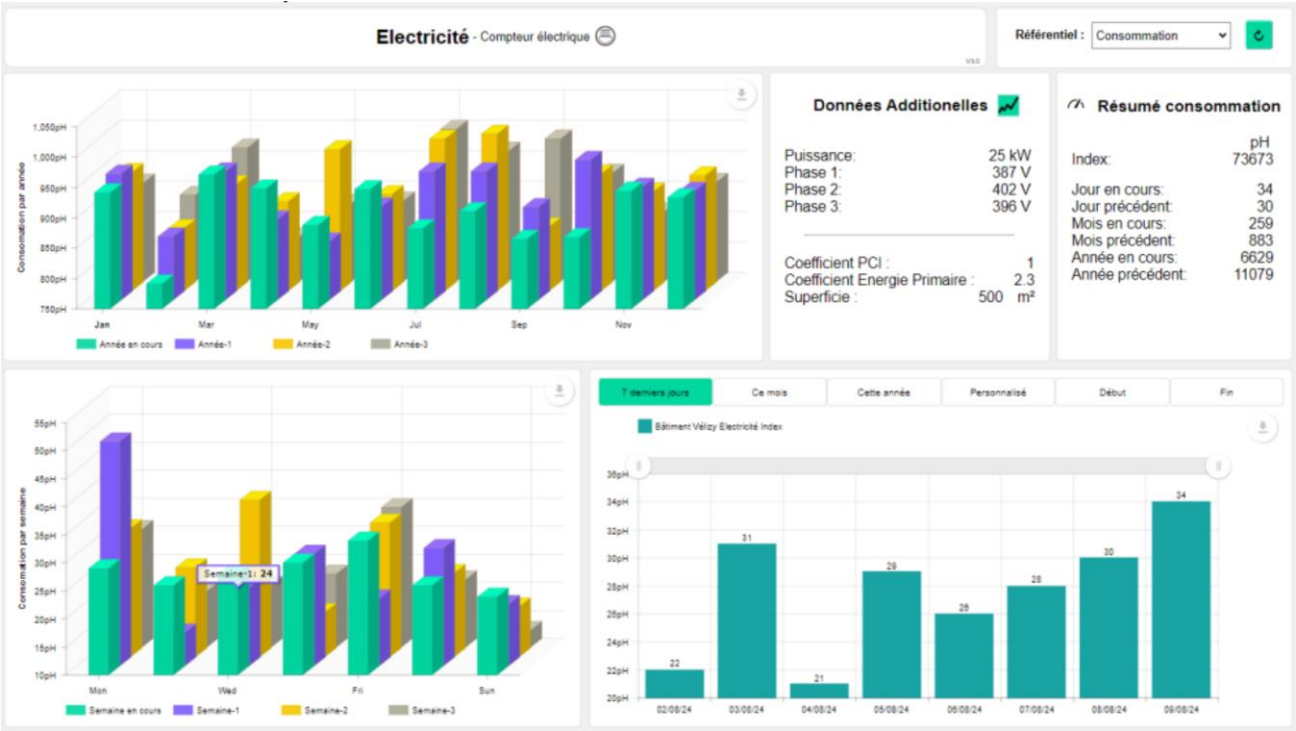
- Présentation des PAC (type, zones desservies)
- Modes de fonctionnement (chauffage, refroidissement, auto...)
- Points de consigne (température, puissance, etc.)
- Priorités et scénarios d'exploitation
- Interface de commande et remontée d'état
- Alarmes et sécurités spécifiques PAC (défaut pression, manque fluide...)
- Historisation et rapports de consommation/performance.

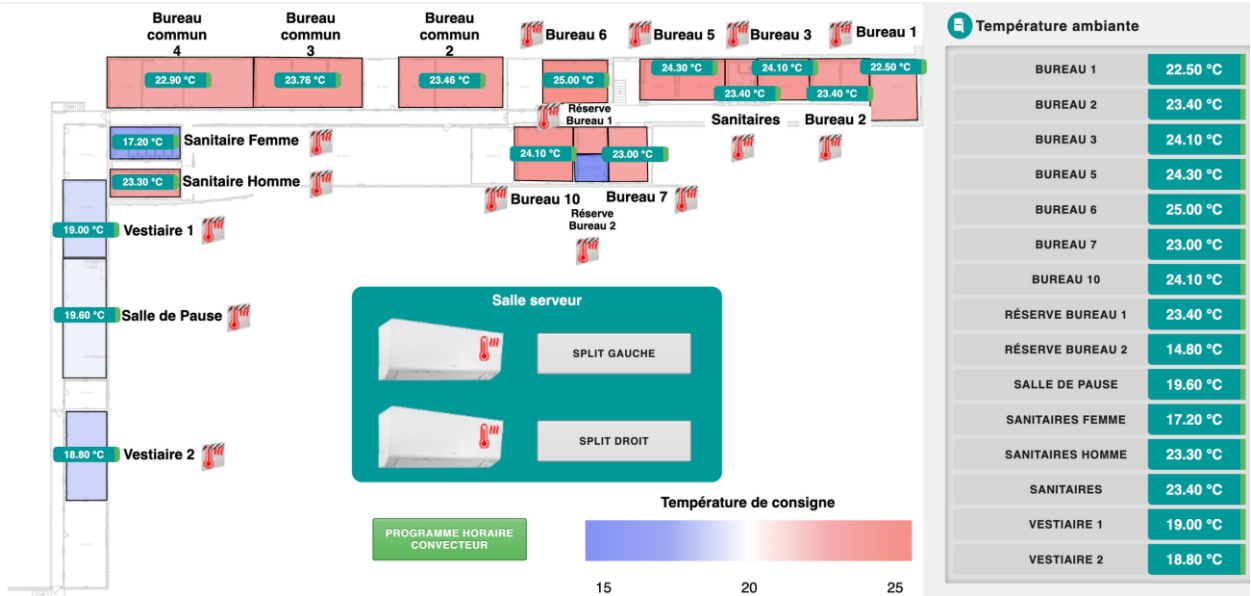
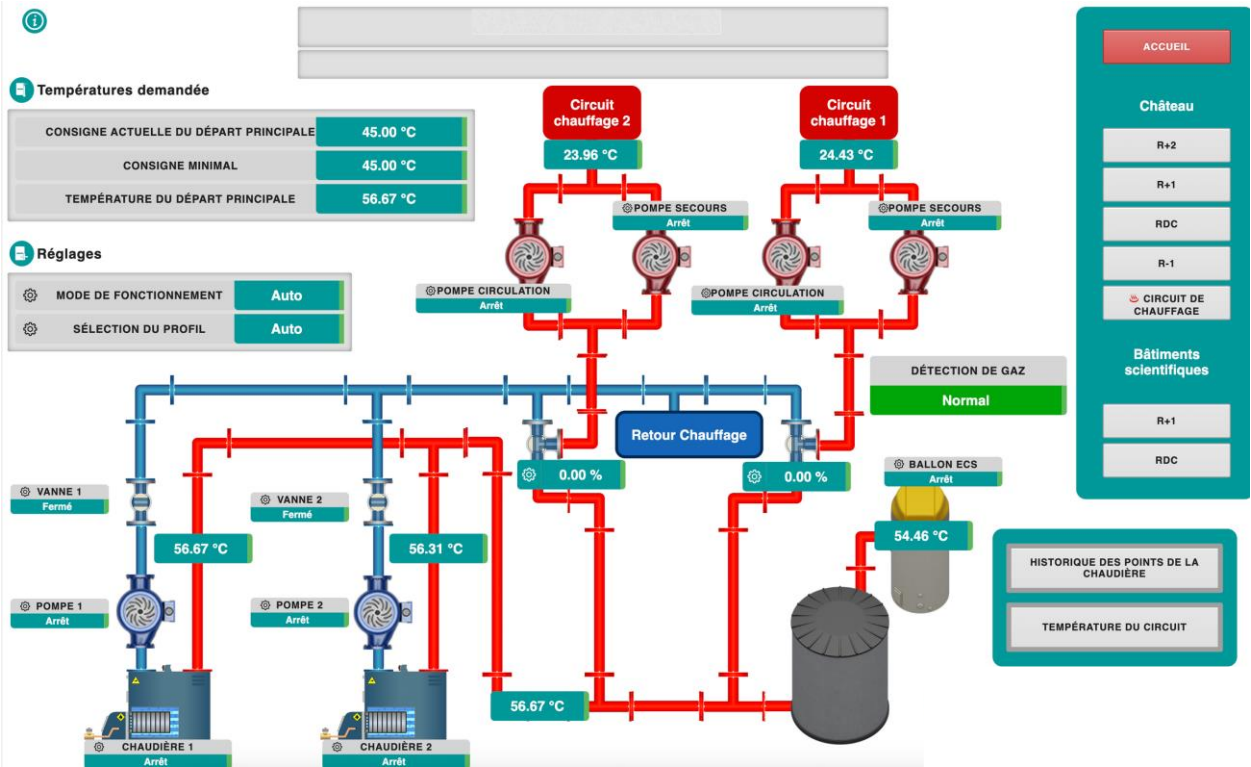
Les tableaux de bords, statistiques et alertes suivants sont attendus dans la GTB :

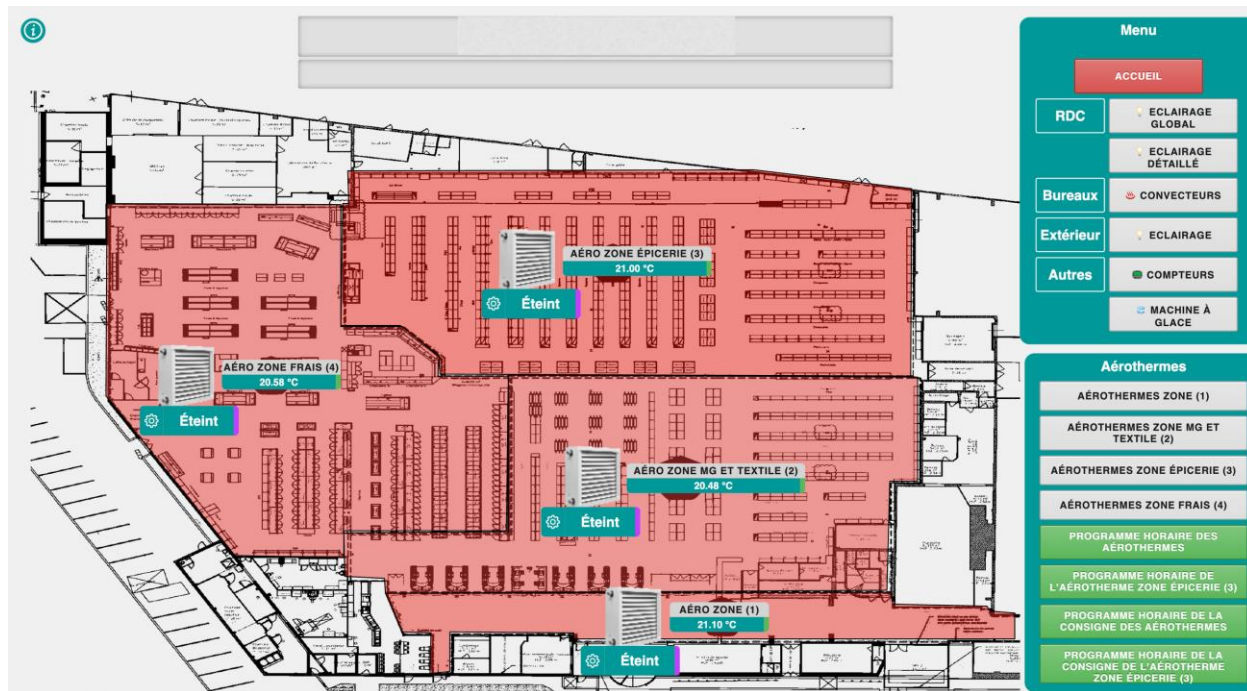
- Comptages des consommations des fluides
- Gestion des extinctions automatiques
- Centralisation des alarmes techniques
- Gestion du fonctionnement par programmation et planning d'occupation
- Suivi des températures et station météo
- Gestion du chauffage, ventilation, refroidissement, de l'éclairage
- Profils des utilisateurs
- Vues graphiques
- Stockage des données
- Sécurité informatique
- Caractéristiques du Logiciel de supervision (serveur, bus, protocole...)

Voici quelques exemples de rapports et tableaux de bord à être généré par la GTB attendue (ces exemples ne sont pas exhaustifs) :









Annexe 02 : plan de comptage par énergie

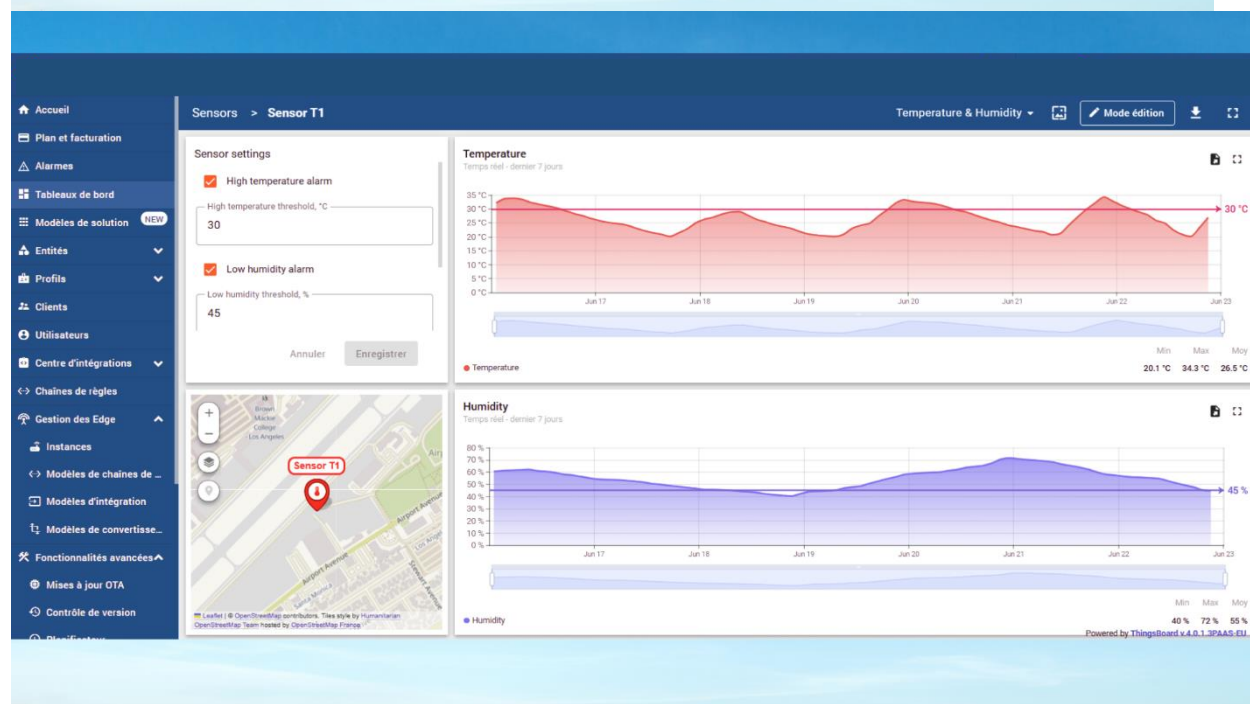
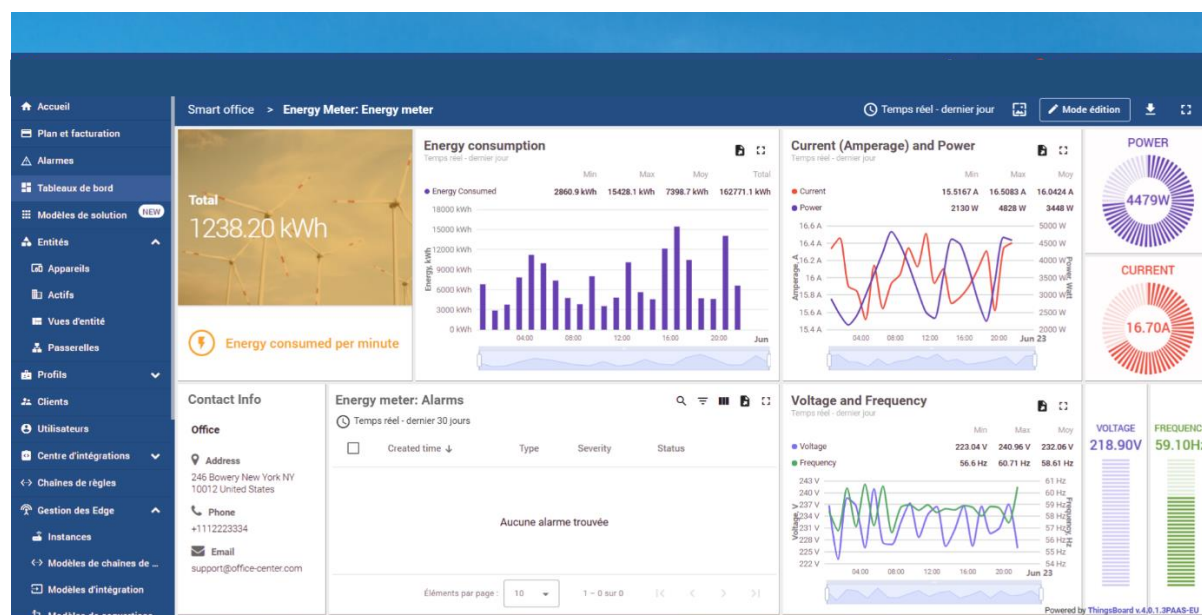
Le plan de comptage demandé intervient dans une **démarche d'amélioration des performances** de nos bâtiments. C'est un outil stratégique qui offre une vision détaillée de la manière dont l'énergie est utilisée dans lesdits bâtiments.

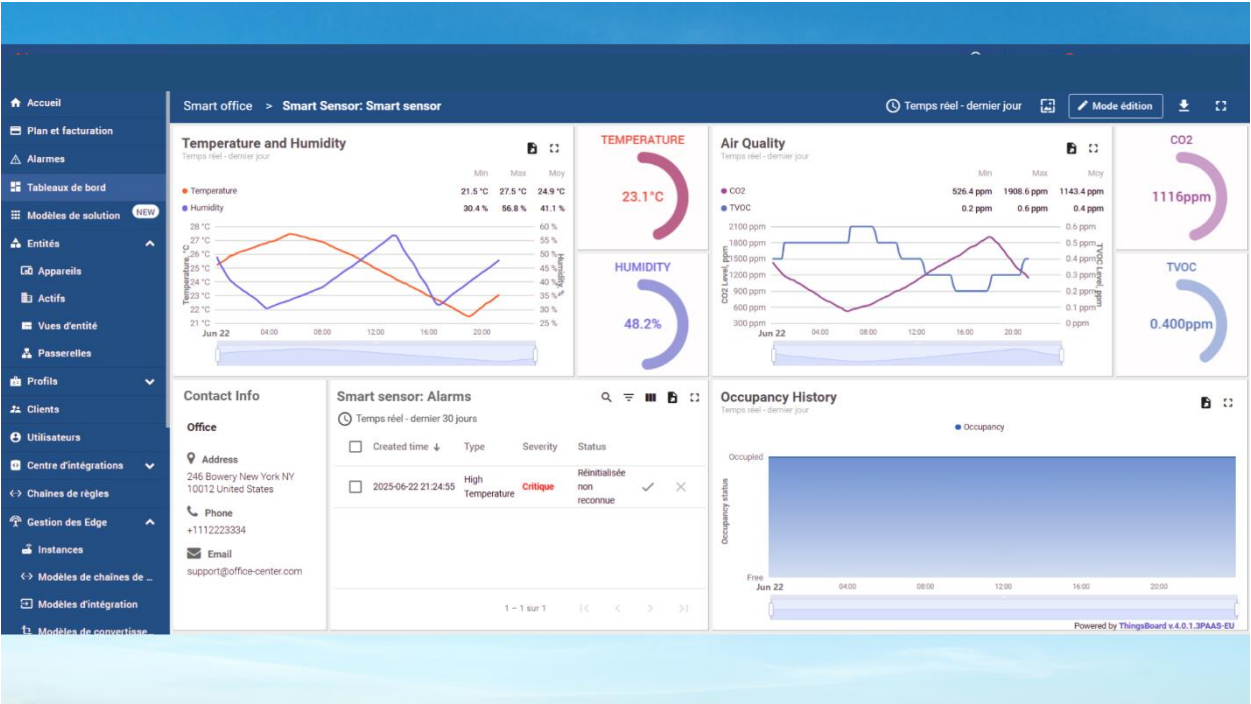
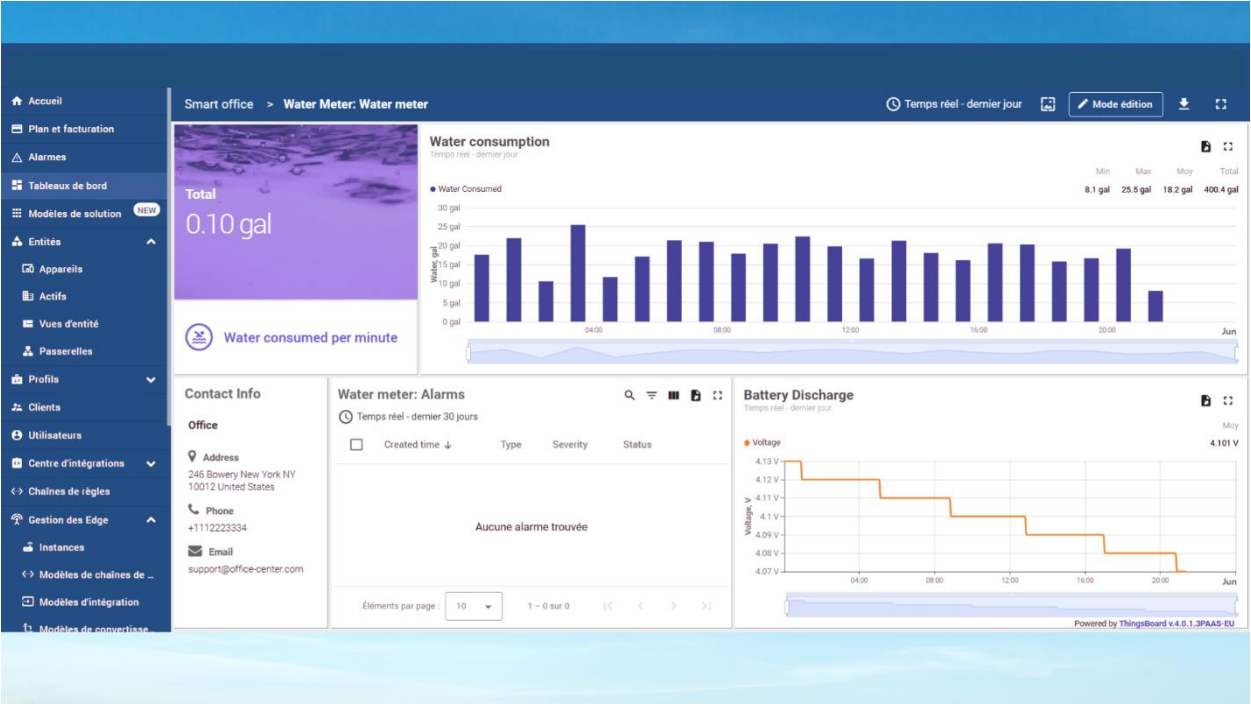
L'objectif d'un plan de comptage est de répondre aux questions suivantes :

- Comment est utilisée l'énergie actuellement ?
- La consommation actuelle de mon bâtiment est-elle justifiée ?
- Quels sont les axes d'amélioration ?
- Comment réduire mes dépenses énergétiques tout en maintenant/augmentant mon niveau de performance/productivité ?
- Comment réduire suffisamment mes consommations énergétiques pour remplir mes obligations réglementaires ?

Il faudra se référer à la synthèse de l'audit GTB intégrée à l'article 4 du CCTP pour établir un plan de comptage détaillé par énergie.

Voici quelques exemples graphiques de comptage





Annexe 03 : liste des points GTB

Modèle de fiche des points GTB à utiliser par type d'équipements

LISTE DES POINTS DES INSTALLATIONS REPRISES

Bénéficiaire Chantier fait
du chantier : par :

SIRET SIRET

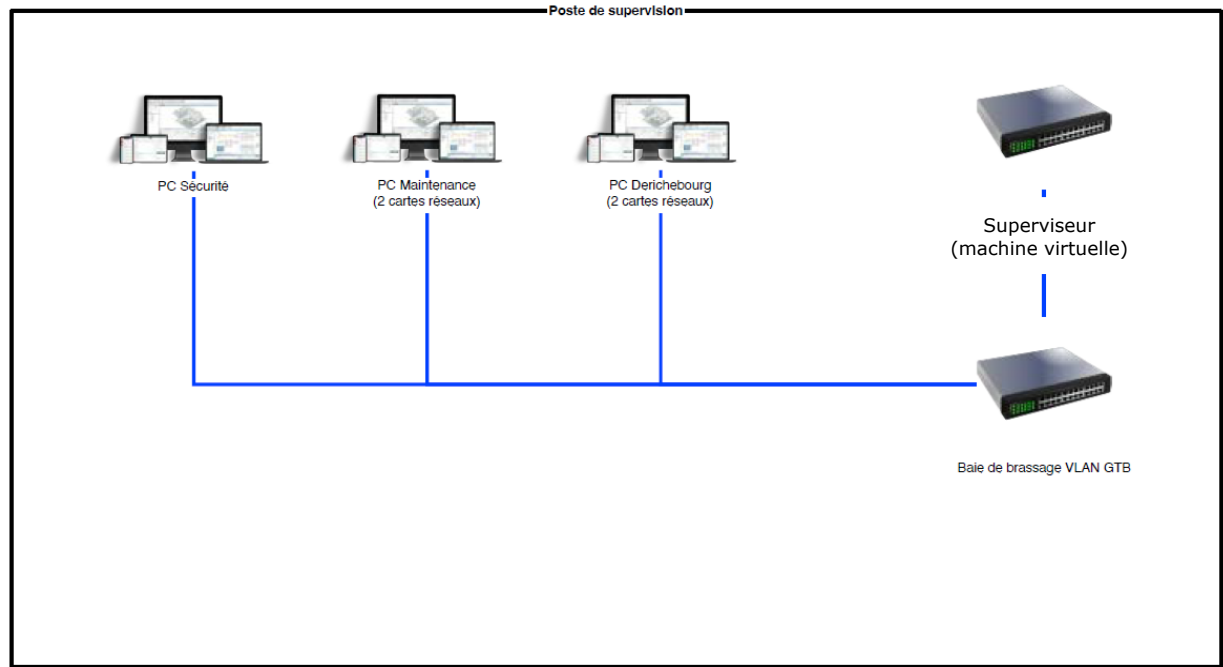
- Légende :
- AI : Entrée analogique
 - AO : Sortie analogique
 - DI : Entée digitale/binaire
 - DO : Sortie digitale/binaire
 - CPT : Comptage impulsionnel
 - Autre : Protocole de communication

Emplacement	Désignation	Référence	Commentaire	Points physiques					
				AI	AO	DI	DO	CPT	Autre
Total :				AI	AO	DI	DO	CPT	Autre

Annexe 04 : Synoptique d’architecture souhaitée

Architecture GTB, réseau et communication

Coffrets GTB



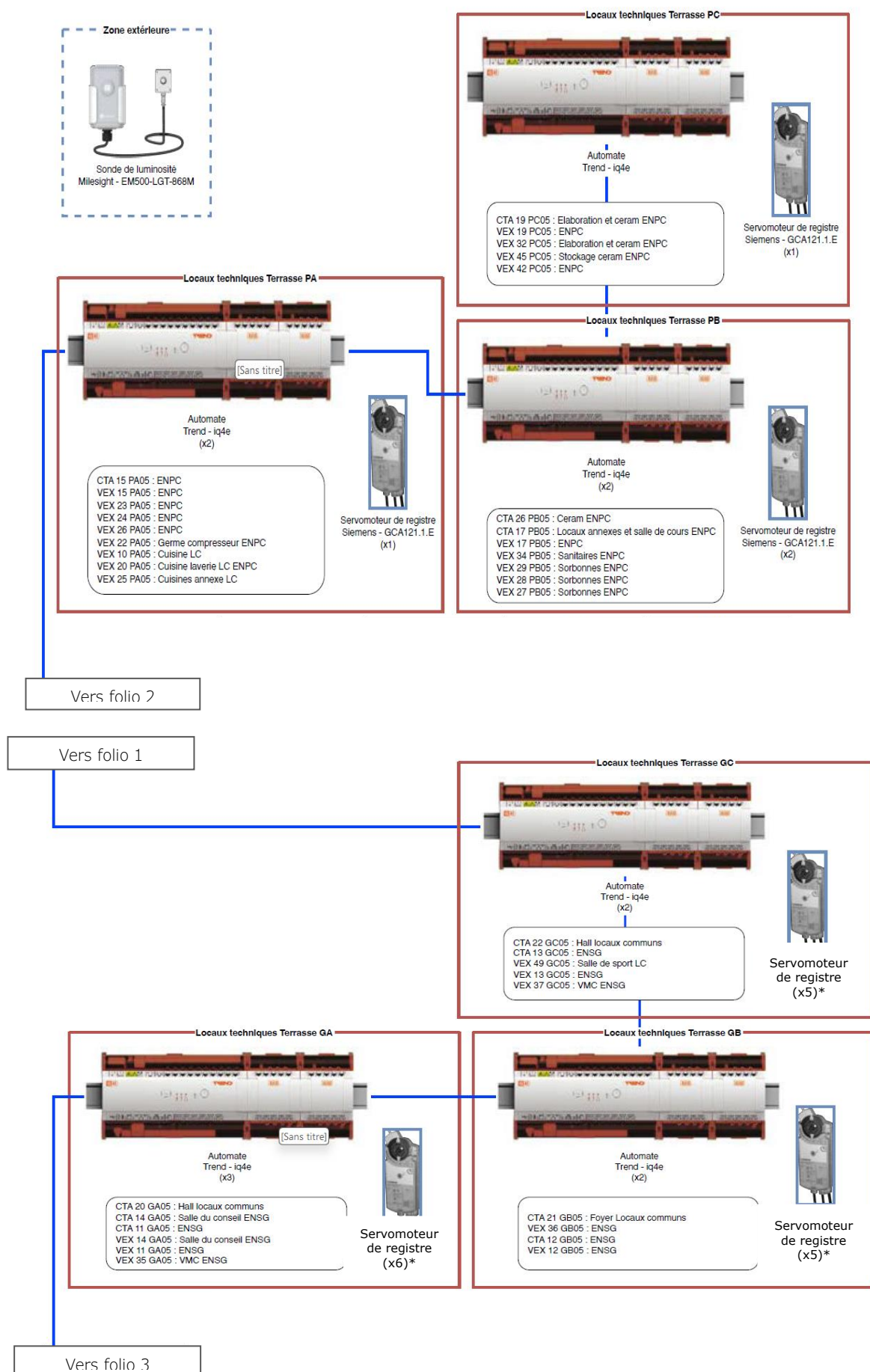
Existant

Projection

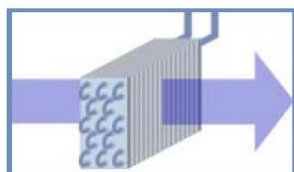
LEGENDE DES SCHEMAS SUIVANTS

- : Connexion à une alimentation électrique
- - - - - : Groupes d’équipements indissociables
- - - - - : Emplacement géographique d’un équipement
- (*) : **Quantité donnée à titre indicatif, qui nécessite d’être vérifiée sur site lors de la visite sur site**

Toiture bâtiment Carnot-Cassini



Vers folio 2



Ajout de batteries froides sur les CTA 20 et 23

Locaux techniques Terrasse LC



Automate
Trend - iq4e

CTA 25 LC05 : Hall locaux communs
VEX 05 LA05 : Lecture ENPC
VEX 18 LC05 : ENPC
VEX 41 LC05 : ENPC



Servomoteur
de registre
(x4)*

Locaux techniques Terrasse LA



Automate
Trend - iq4e
(x2)

CTA 23 LA05 : Hall locaux communs
CTA 16 LA05 : ENPC
VEX 38 LA05 : Sanitaires LC
VEX 02 LA05 : Salle polyvalent LC
VEX 21 LA05 : Compresseur chambre froide LC
VEX 39 LA05 : Sanitaires ENPC



Servomoteur
de registre
(x5)*

Locaux techniques Terrasse LB



Automate
Trend - iq4e
(x2)

CTA 24 LB05 : Foyer locaux communs
CTA 18 LB05 : Salle de cours ENPC
VEX 04 LB05 : Hotte, sramble LC
VEX 01 LB05 : Grand amphi ENPC
VEX 02 LB05 : Grand amphi ENPC
VEX 40 LB05 : ENPC

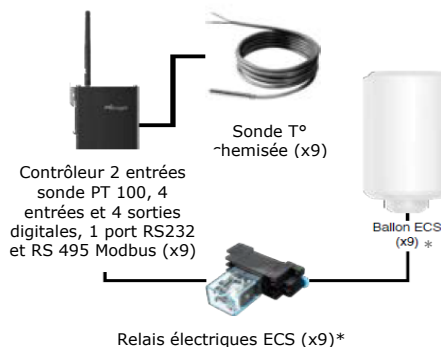


Servomoteur
de registre
(x5)*

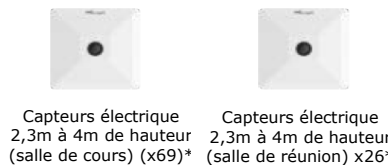
Vers folio 4

Vers folio 3

Ballon ECS

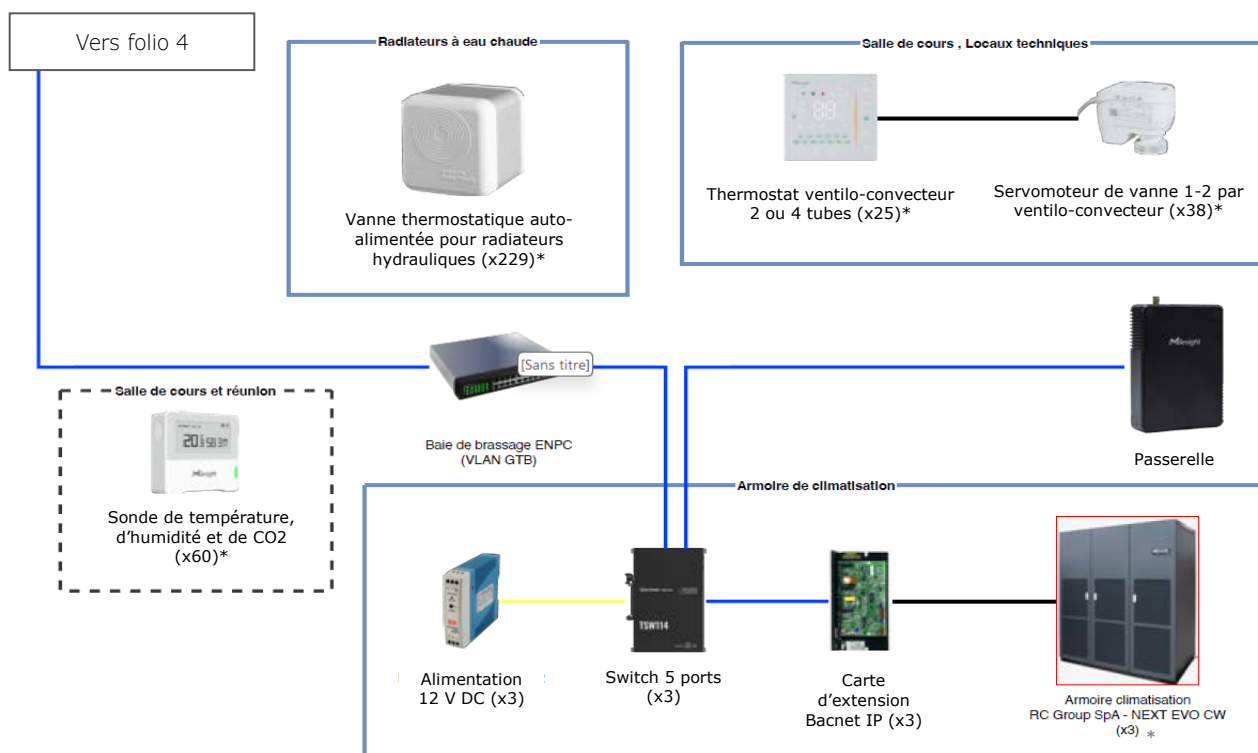


ENPC / ENSG

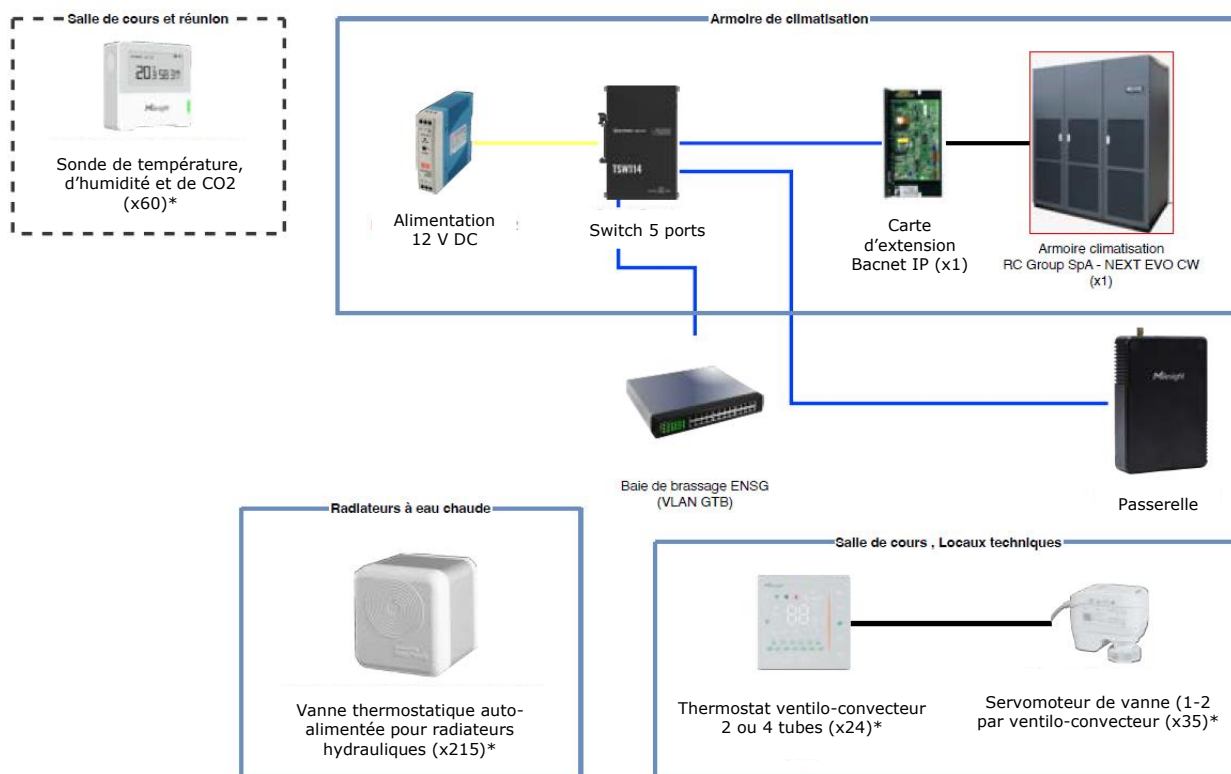


Vers folio 5

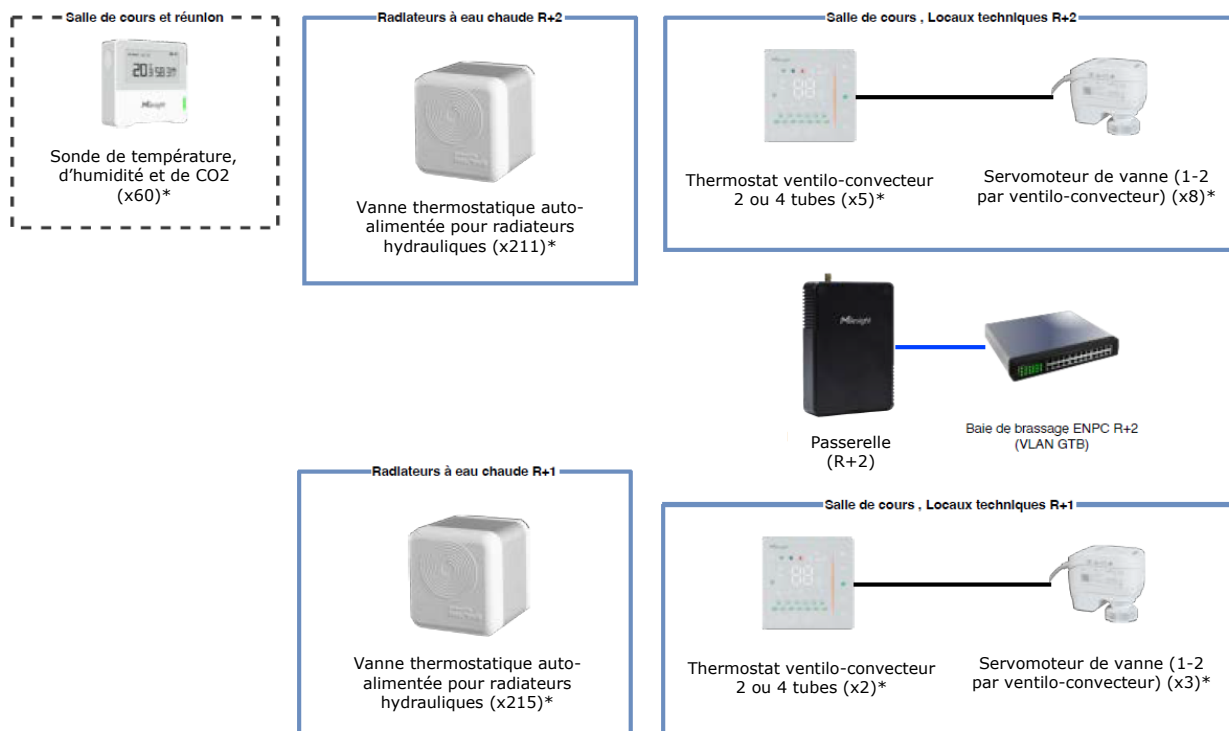
R+4 bâtiment Carnot-Cassini (ENPC/ENSG)



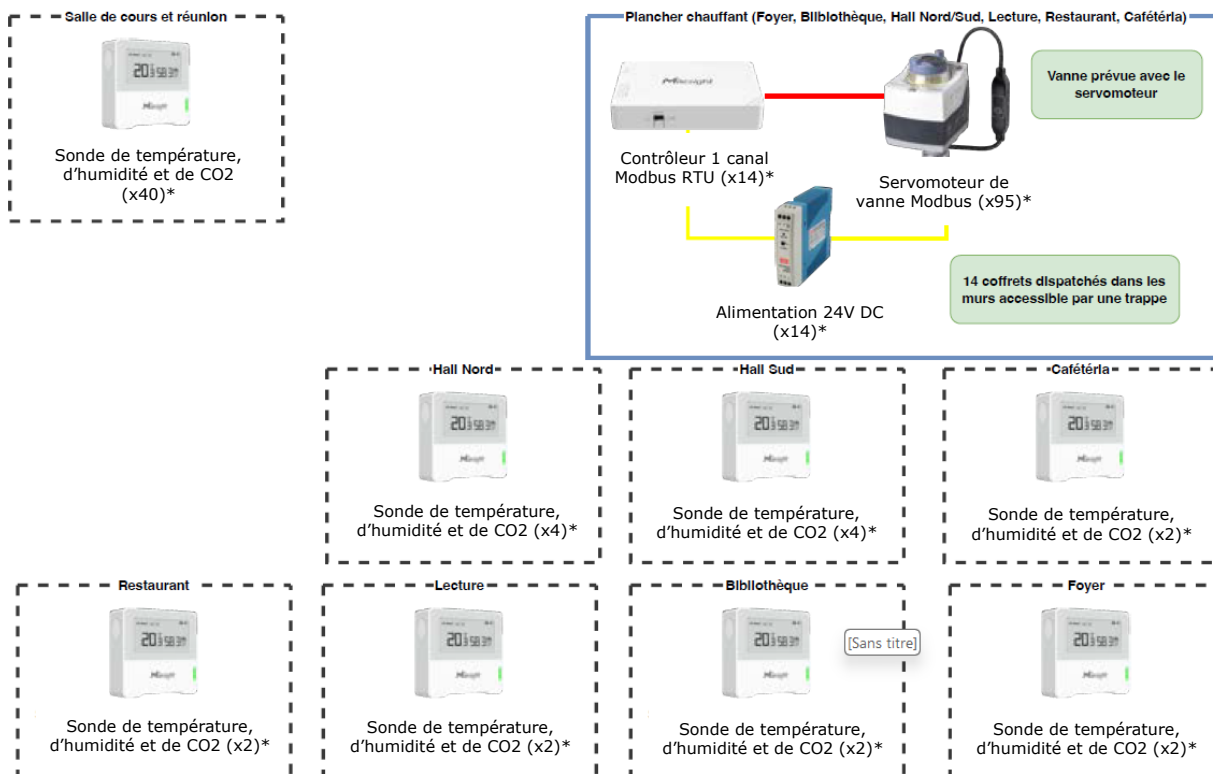
R+3 bâtiment Carnot-Cassini (ENPC/ENSG)

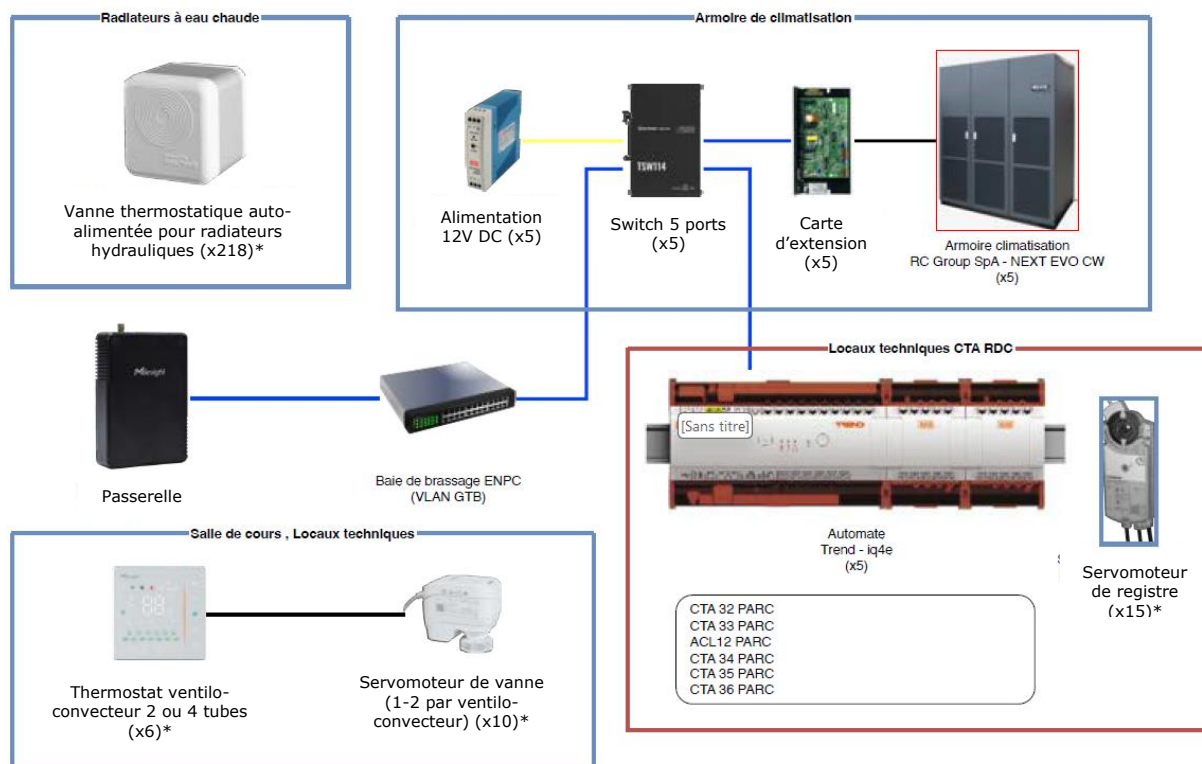


R+1 – R+2 bâtiment Carnot-Cassini (ENPC/ENSG)

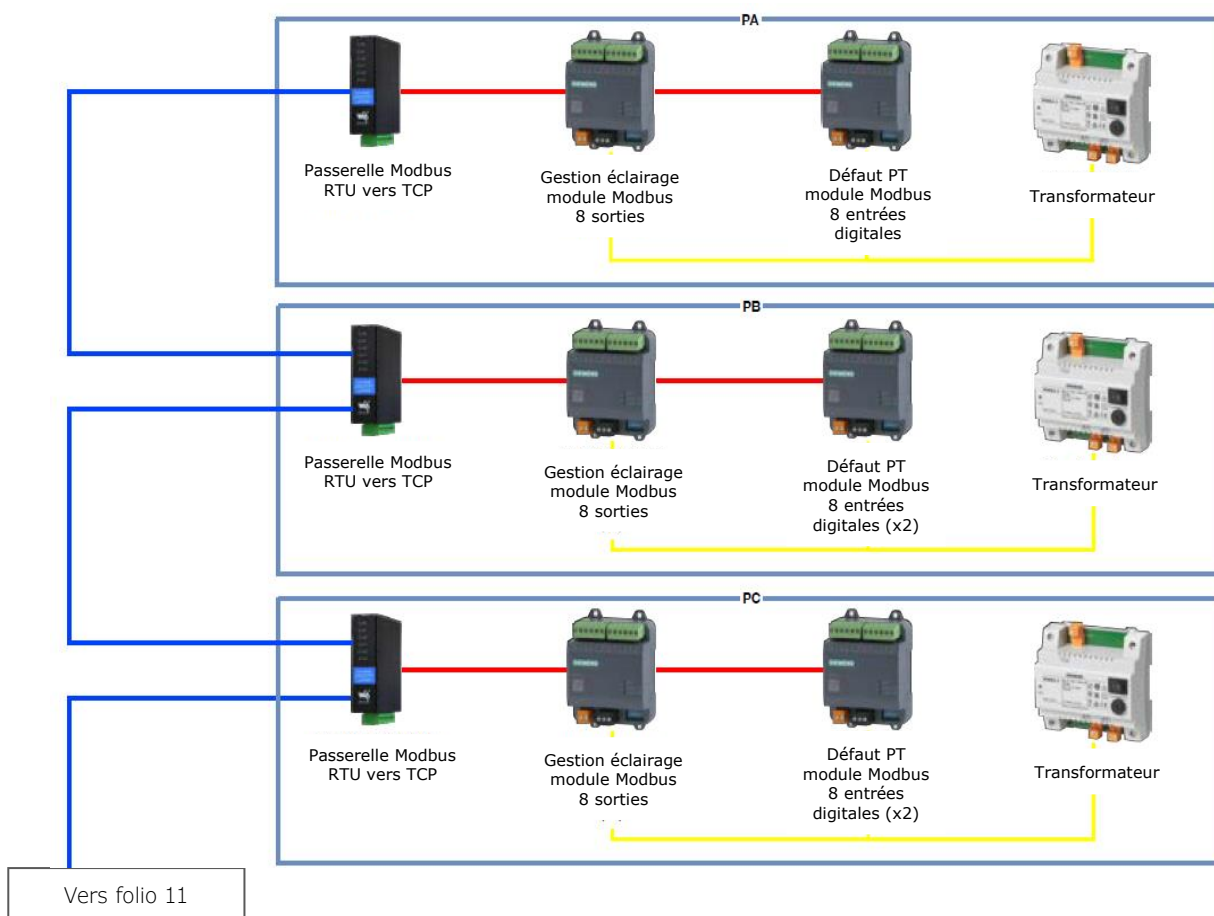


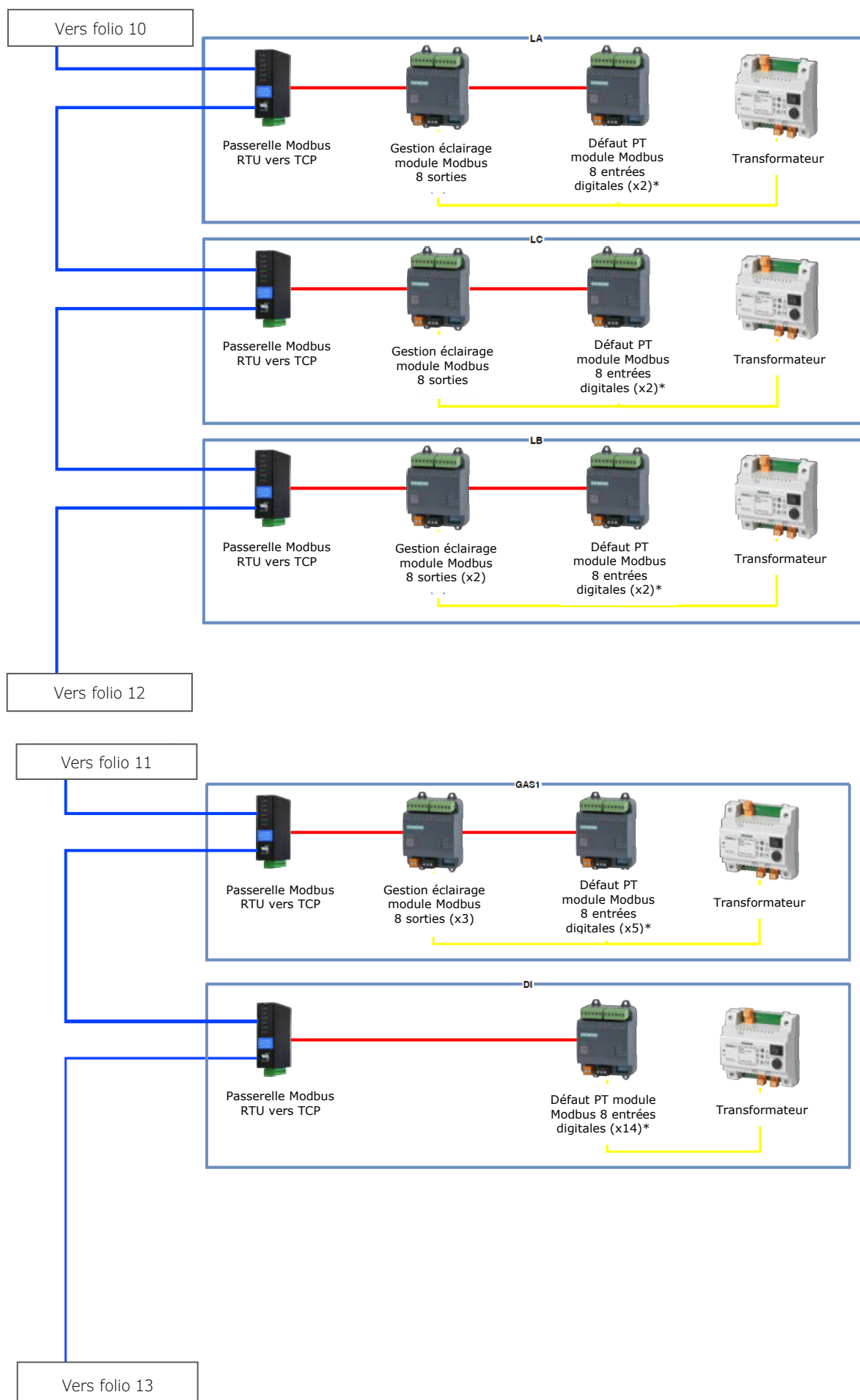
RDC bâtiment Carnot-Cassini (ENPC/ENSG)

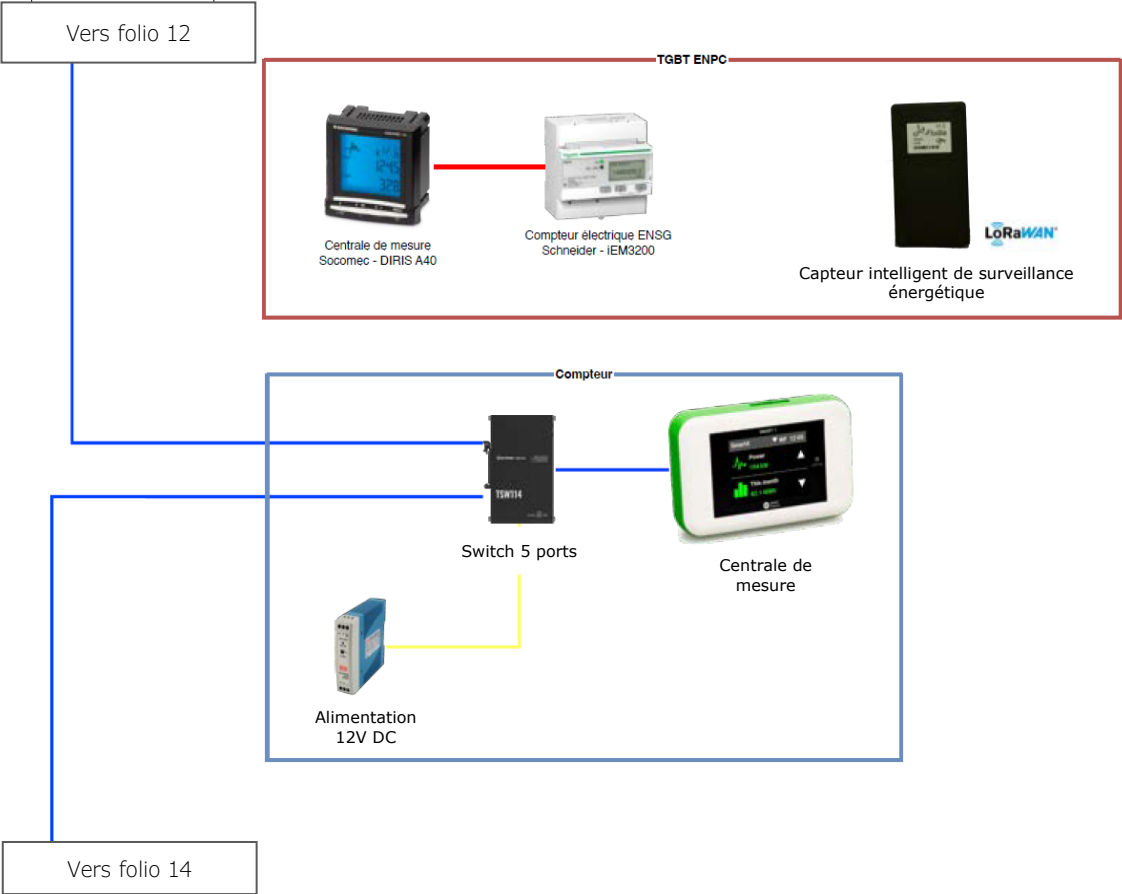




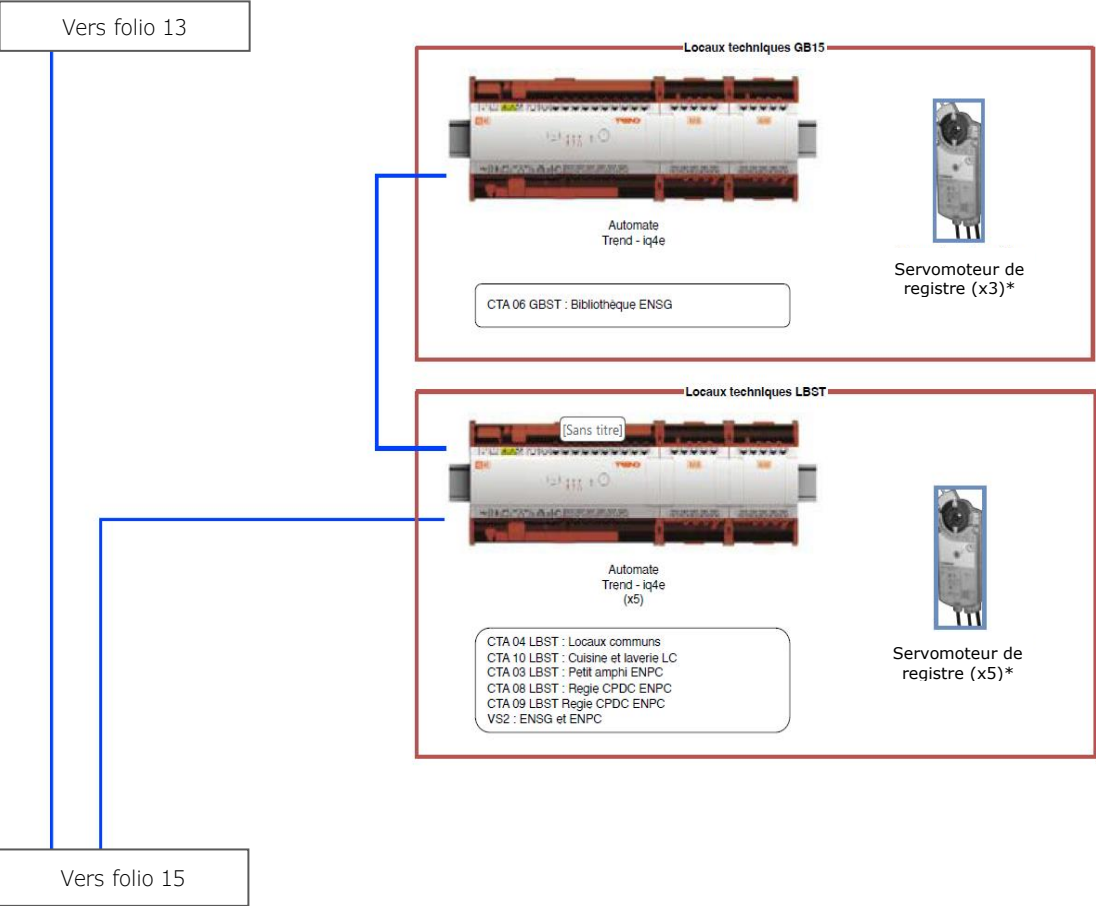
Local technique bâtiment Carnot-Cassini (ENPC/ENSG)



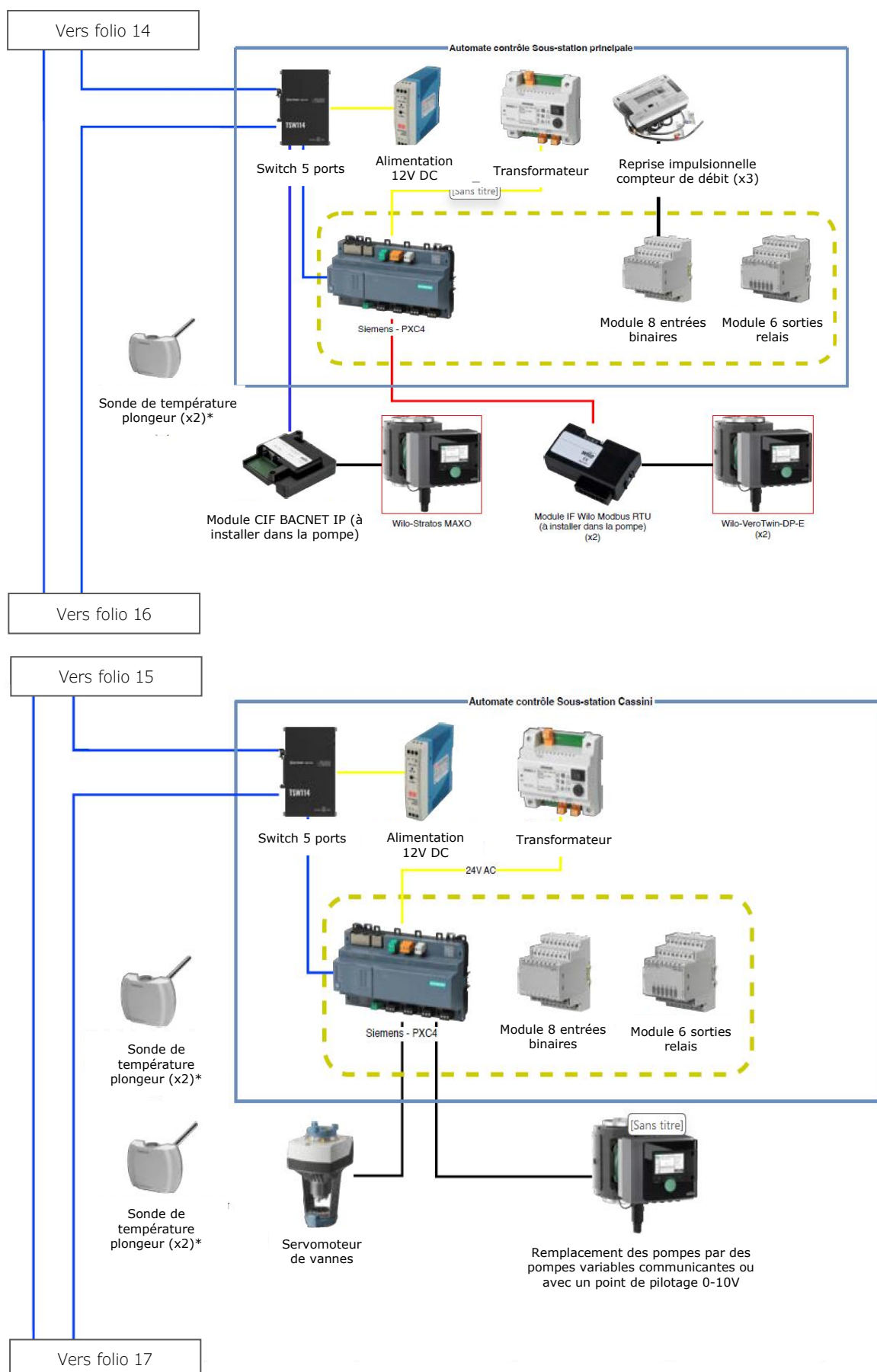


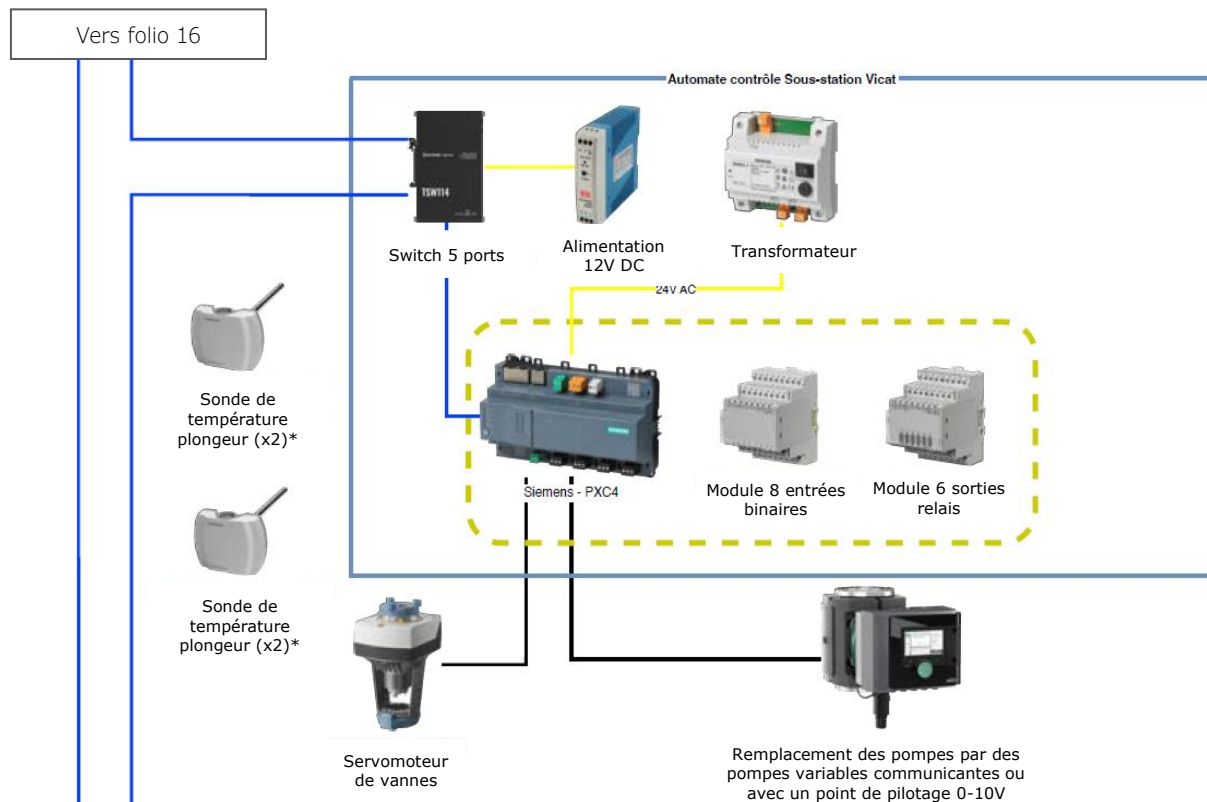


ST bâtiment Carnot-Cassini (ENPC/ENSG)



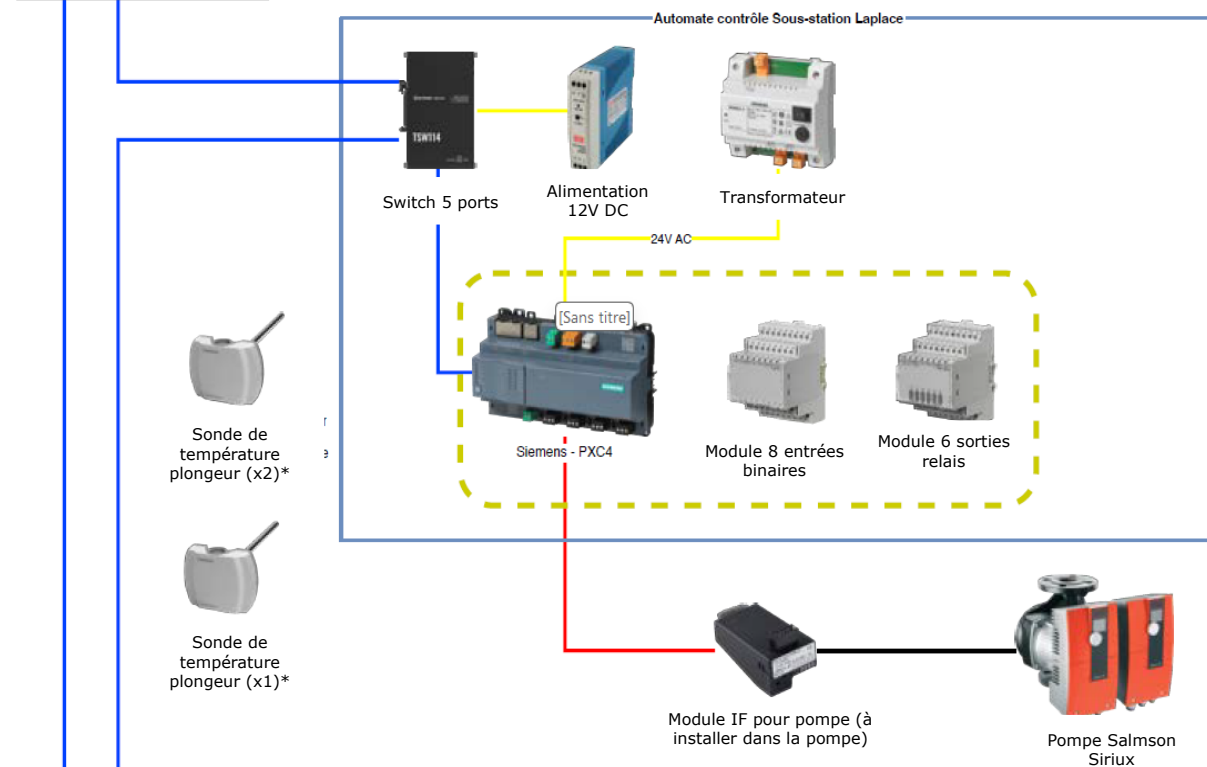
Sous-sol bâtiment Carnot-Cassini (ENPC/ENSG)



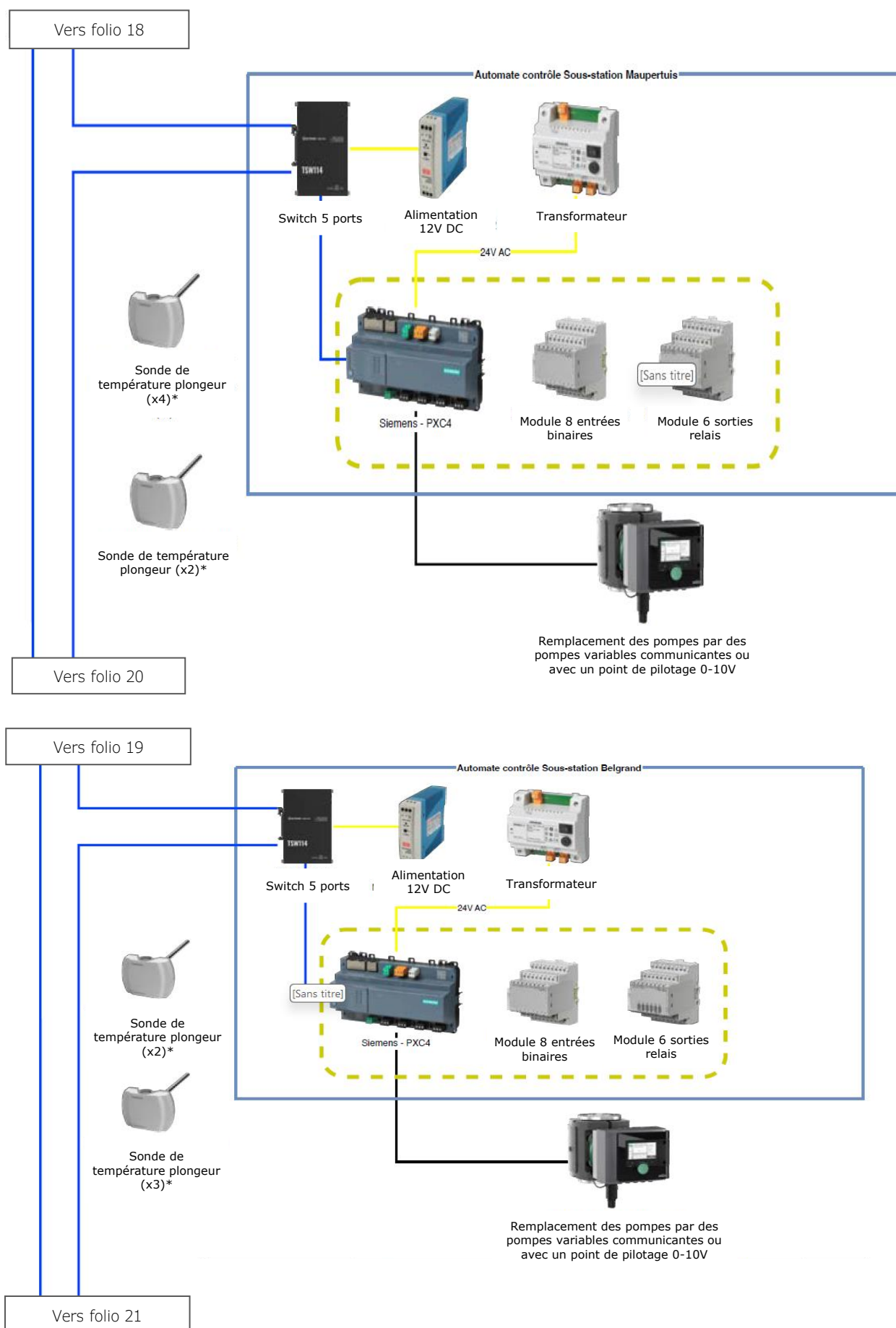


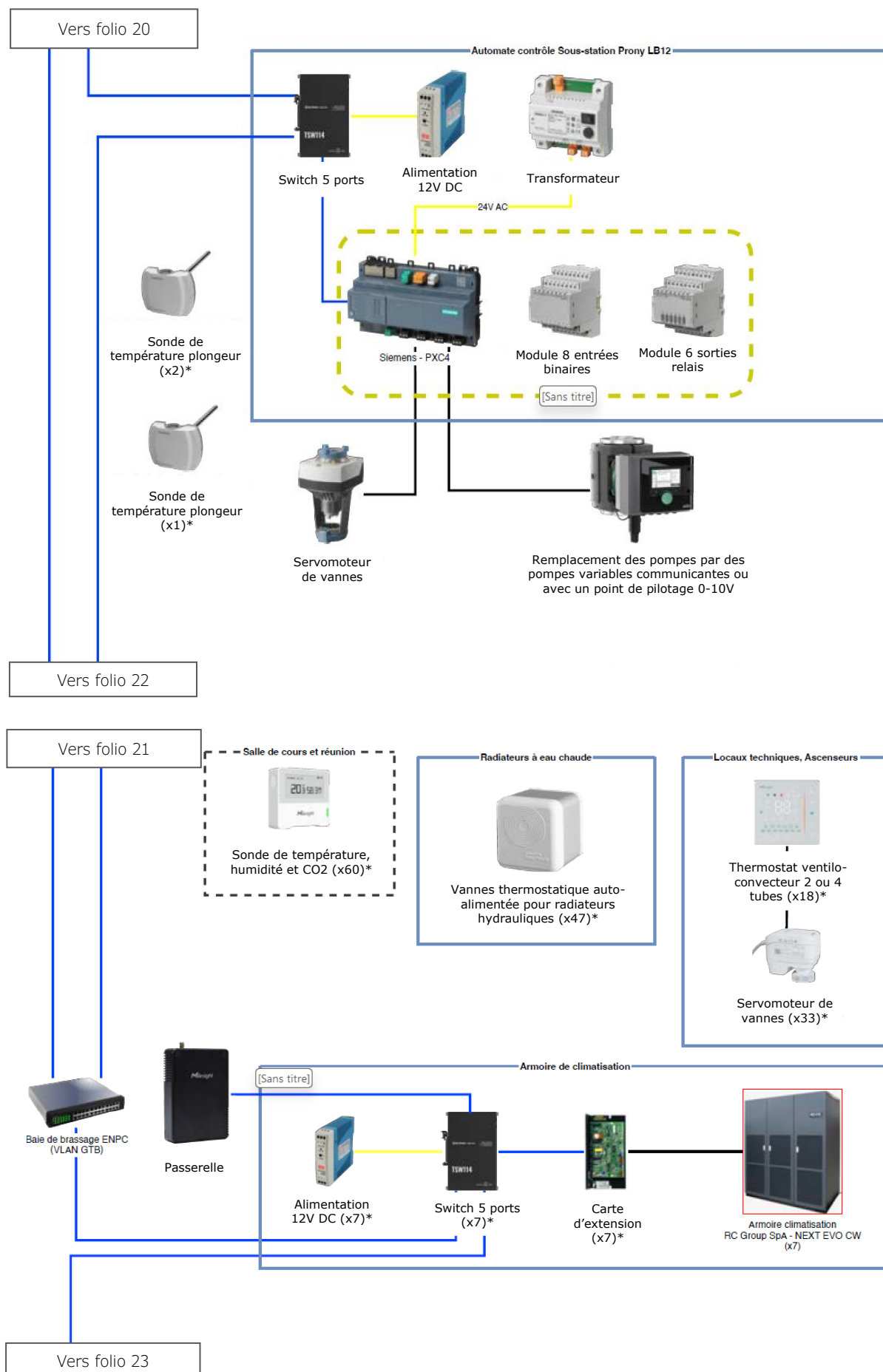
Vers folio 18

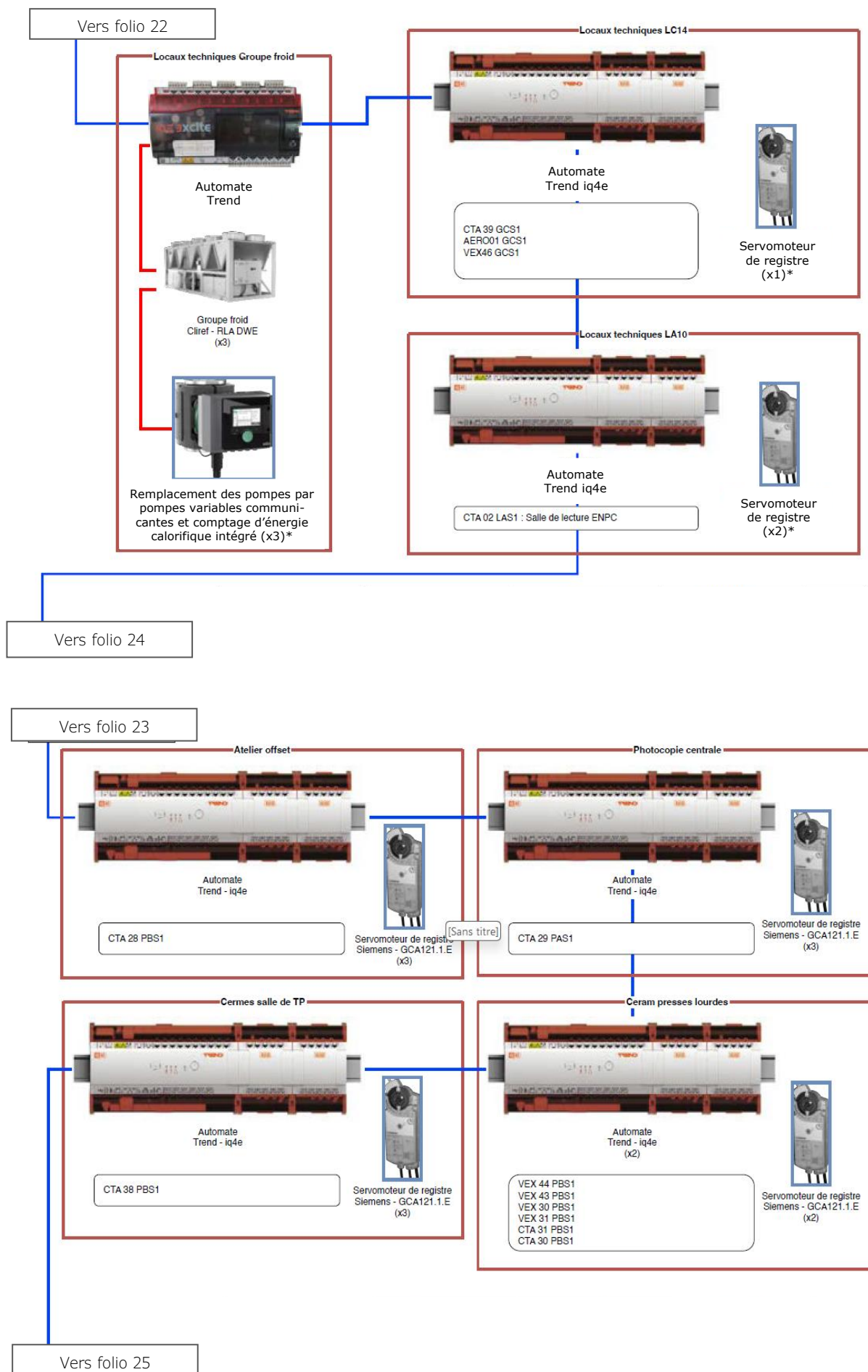
Vers folio 17



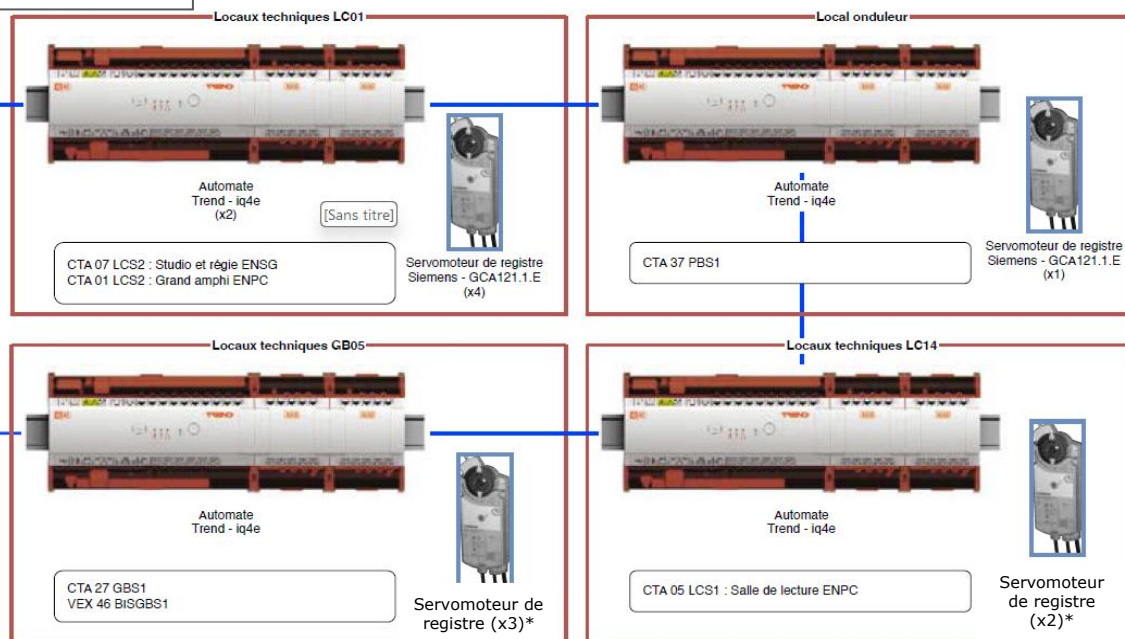
Vers folio 19







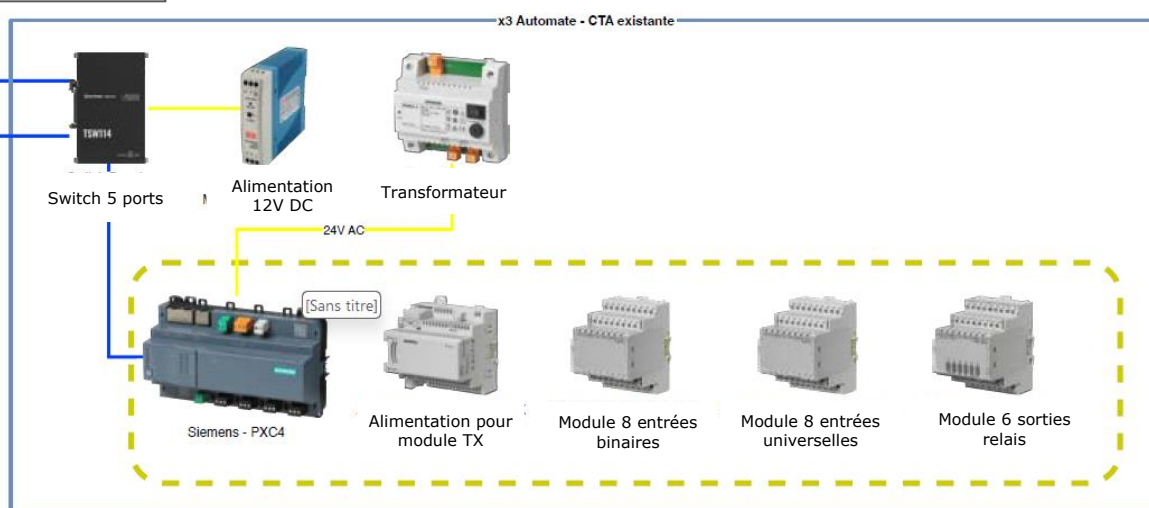
Vers folio 24



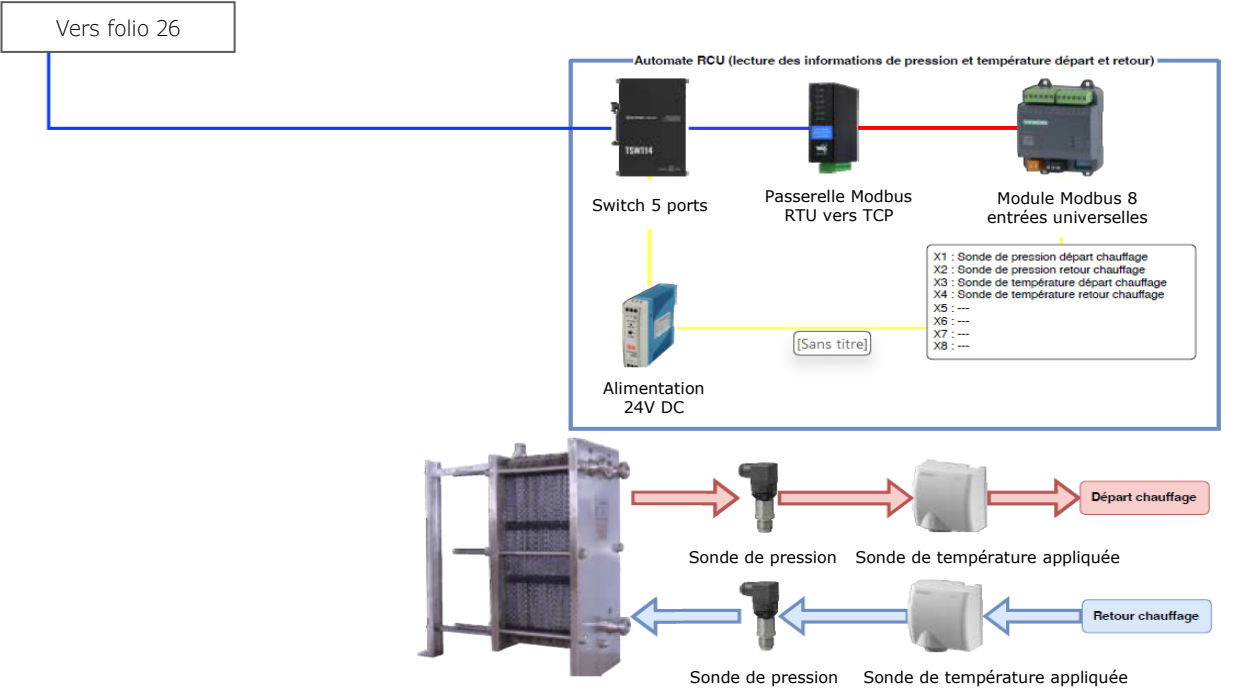
Vers folio 26

Remplacement CTA bâtiment Carnot-Cassini (ENPC/ENSG)

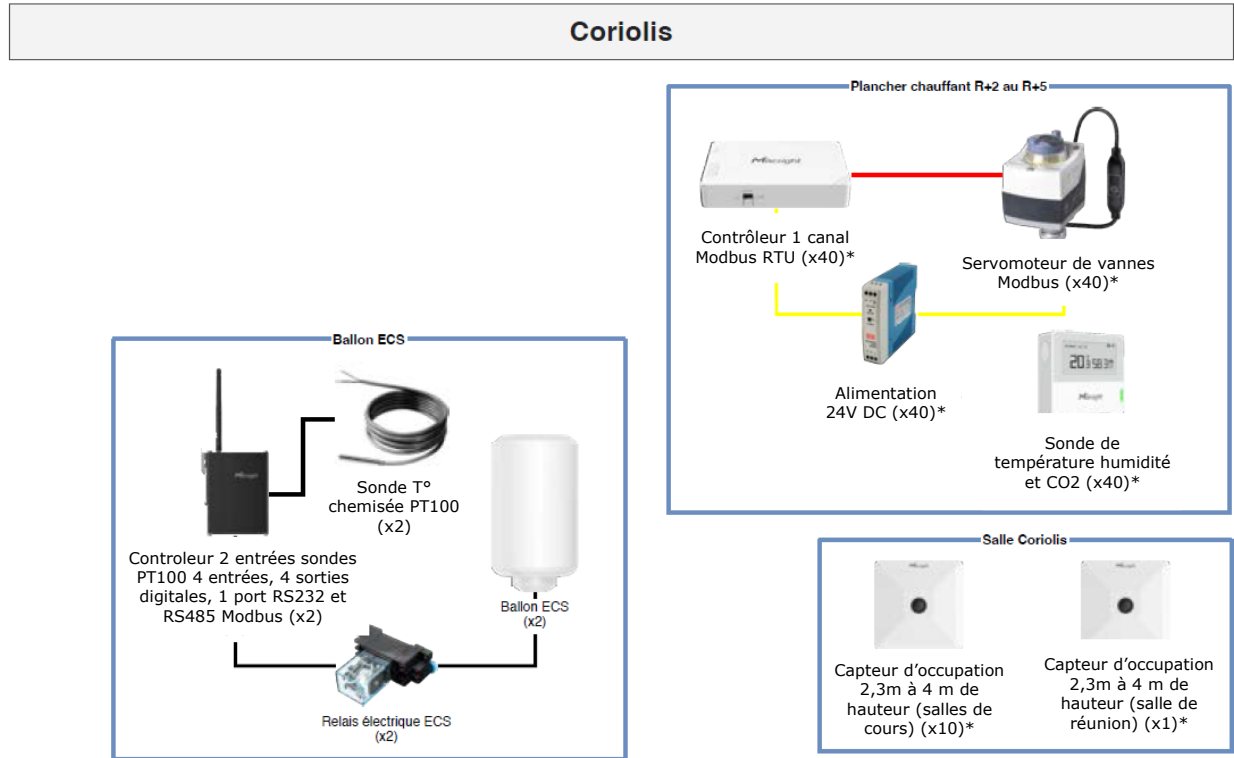
Vers folio 25



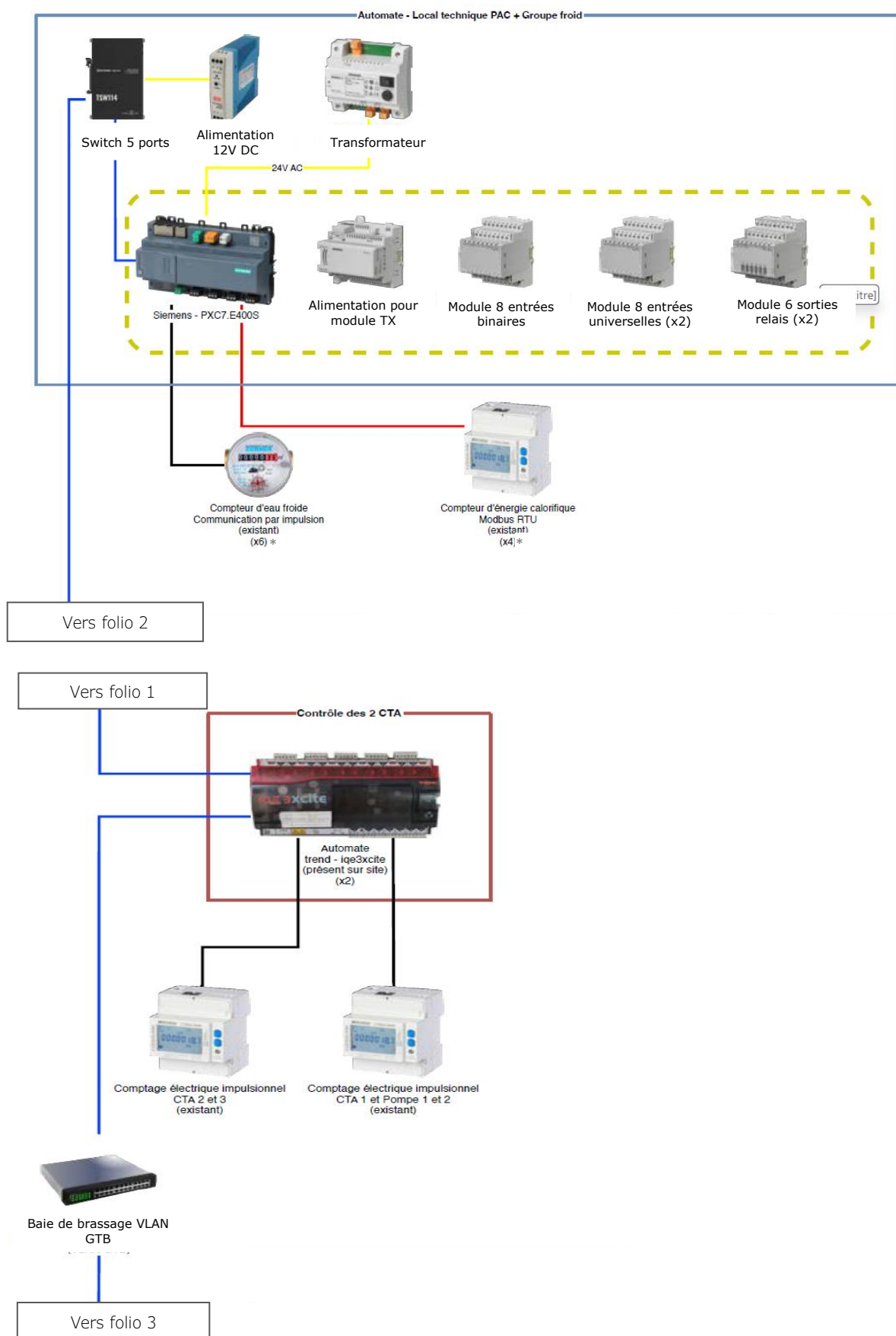
Vers folio 27

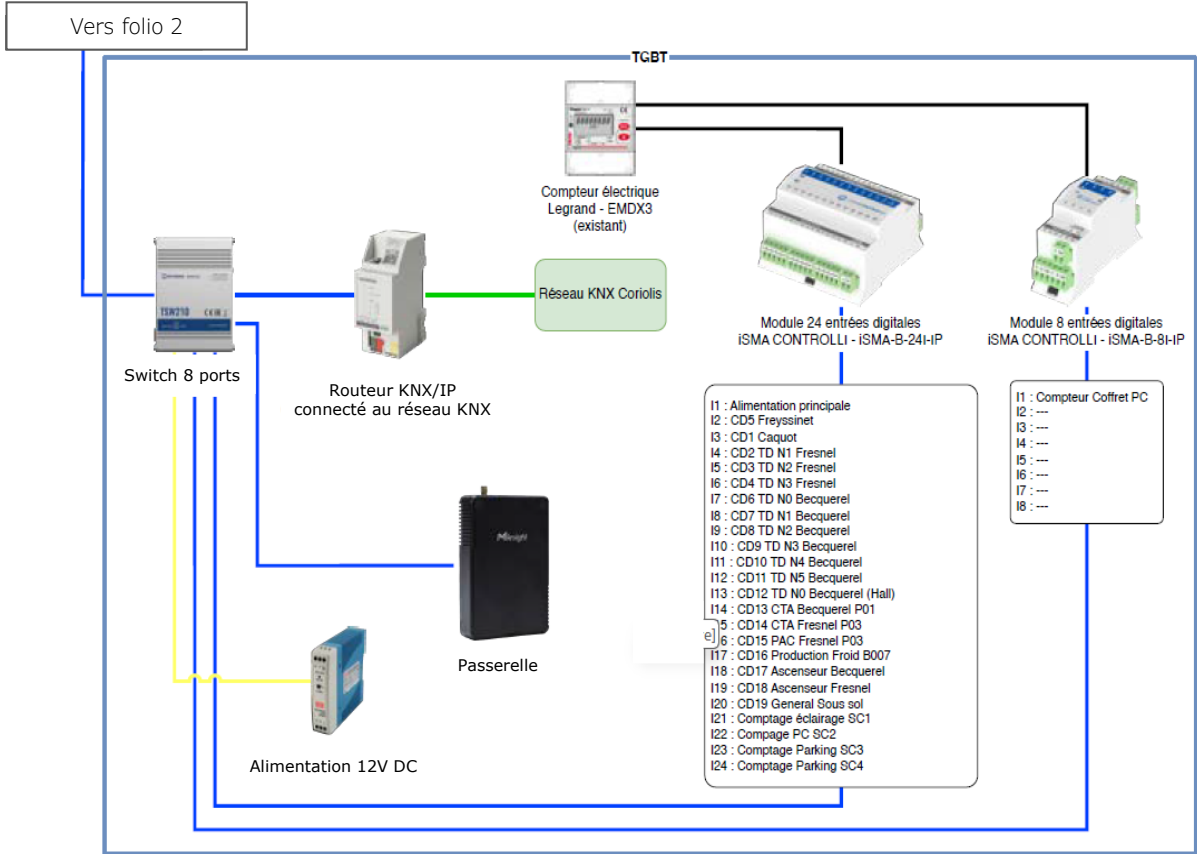


Etages bâtiment Coriolis



Sous-sol bâtiment Coriolis





Annexe 05 : DOE

MARCHE 202515

DOSSIER DES OUVRAGES EXECUTES

Objet du marché :

TRAVAUX DE MODERNISATION DE LA GESTION TECHNIQUE DES BÂTIMENTS
CARNOT-CASSINI & CORIOLIS SITUES AU 6-8 RUE BLAISE PASCAL, 77420 CHAMPS SUR MARNE

Maîtres d'ouvrage

Maître d'ouvrage

École nationale des ponts et chaussées (ENPC)

6 & 8, avenue Blaise Pascal, Cité Descartes - Champs-sur-Marne

77455 Marne-la-Vallée Cedex 2

Agissant pour son propre compte et celui de **Institut national de l'information géographique et forestière (IGN)**

73 avenue de Paris

94160 Saint-Mandé

Agissant pour le compte de l'École Nationale des Sciences Géographiques (ENSG)

Maître d'œuvre

Enerjéa

77 rue Marcel Dassault

92100 BOULOGNE BILLANCOURT

SOMMAIRE

DOSSIER DES OUVRAGES EXECUTES 1

1. Entreprise réalisatrice
Nom du titulaire du marché (ou du mandataire du groupement)
2. Date de remise du DOE
3. Fiche d'identité du projet
4. Fiche projet (lieu, durée, nature des travaux)
5. Coordonnées des intervenants
6. Plans et schémas
7. Plans d'exécution validés (plans de récolement)
8. Schémas techniques (réseaux, électricité, plomberie, éclairage, climatisation, etc.)
9. Coupes, élévations, implantations
10. Notices techniques
11. Descriptifs techniques des ouvrages réalisés
12. Modes opératoires particuliers
13. Méthodologies ou contraintes spécifiques
14. Fiches techniques & matériaux utilisés
15. Fiches de mise en œuvre
16. Certifications ou agréments (NF, CE, etc.)
17. Procès-verbaux de réception
18. PV de tests, d'essais (électricité, chauffage, ventilation, relamping, climatisation, etc.)
19. Rapports de contrôles techniques
20. Réserves et levées de réserves
21. Dossier de maintenance & entretien
 - 21.1 Notices d'entretien

21.2 Fréquence de maintenance recommandée

21.3 Coordonnées des SAV

22. Garanties & assurances

22.1 Attestations d'assurance décennale

22.2 Garanties fabricants

22.3 Garanties de bon fonctionnement

23. Photos des travaux

23.1 Photos avant/après

23.2 Photos d'étapes clés

24. Annexes

24.1 Documents complémentaires

24.2 Fiches sécurité

24.3 Certificats de conformité