

TRAME D'ANALYSE FONCTIONNELLE

JUILLET 2025

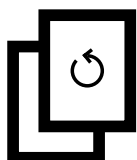


PROFEEL, un programme financé par le dispositif
des certificats d'économie d'énergie (CEE)



SOMMAIRE

PRÉAMBULE		4
1	Présentation du document	4
2	Ce que doit contenir une Analyse Fonctionnelle (AF)	5
3	Positionnement du maître d'ouvrage	6
1. GÉNÉRALITÉS		7
1.1	Présentation du site	7
1.2	Périmètre de l'Analyse Fonctionnelle	8
2. PRINCIPAUX ÉQUIPEMENTS DE RÉGULATION ET DE GTC		8
2.1	Fonctionnalités du système GTC (ou GTB)	8
2.1.1	Classement selon NF EN ISO 25120-1	8
2.1.2	Fonctionnalités particulières au site	10
2.2	Architecture GTC (ou GTB le cas échéant)	10
2.3	Protocoles de communication	11
2.4	Matériels et logiciels	12
2.5	Ergonomie interface GTC / GTB et/ou interfaces automates	13
3. ANALYSE FONCTIONNELLE		14
3.1	Généralités	14
3.2	Gestion sous-ensemble 1	16
3.2.1	Schéma	16
3.2.2	Fonctionnement « en français »	18
3.2.3	Gestion des défauts	21
3.3	Gestion sous-ensemble 2	22
3.4	Gestion sous-ensemble 3	22



VERSION

DATE DE LA PUBLICATION

MODIFICATIONS

SOMMAIRE

4. GESTION DE LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE	23
4.1 Plan de comptage	23
4.2 Modalité de collecte des données de comptage	25
4.3 Système d'analyse des données de comptage	26
4.4 Indicateurs de suivi de la performance énergétique	26
ANNEXE 1 : LISTE DES POINTS RÉGULATION ET DES POINTS GTC	27
ANNEXE 2 : ANALYSE FONCTIONNELLE PROGRAMME – BLOCS DE RÉGULATION (PHASE RÉCEPTION – EXPLOITATION)	28
GLOSSAIRE	29

PRÉAMBULE



PRÉSENTATION DU DOCUMENT

Le présent document constitue un cadre très complet, l'utilisateur du document pourra le simplifier en fonction des enjeux de son projet (voir au paragraphe 0.2 une indication de contenu minimum).

Le document a pour objet de présenter les éléments essentiels que doit contenir une **Analyse Fonctionnelle**, outil amené à être détaillé et mis à jour aux différentes phases d'un projet de rénovation énergétique. A savoir :

- Conception ;
- Exécution des travaux ;
- Réception ;
- Exploitation.

En effet, les principes de base de l'analyse fonctionnelle sont définis dans les CCTP du(des) concepteur(s). Les entreprises de travaux sont en charge de la rédaction de l'analyse fonctionnelle pour leur lot.

Idéalement le maître d'œuvre et/ou l'agent de commissionnement assurent une compilation à l'échelle du bâtiment pour disposer d'une analyse fonctionnelle complète et cohérente.

Le périmètre du document correspond aux systèmes techniques pilotés par les **systèmes d'automatisation et de contrôle des bâtiments**, récemment définis par le « décret BACS » pour les bâtiments tertiaires (retranscrit dans les articles R. 175-1 à R. 175-5-1 du code de la construction et de l'habitation). Ces derniers peuvent être associés à un système de Gestion Technique Centralisé et peuvent utilement intégrer une partie comptage et suivi de la performance.

Il est conseillé de s'appuyer sur les normes en vigueur, à savoir

La norme NF EN ISO 16484 Système d'automatisation et de gestion technique du bâtiment :

Partie 1 : principes directeurs pour la conception et la mise en œuvre de projet de GTB, spécification des phases requises, des exigences relatives à la documentation et la formation

Partie 2 : Exigences relatives au matériel nécessaire à l'exécution de tâches, au sein d'un système de GTB

Partie 3 : caractéristiques des logiciels et fonctions utilisés dans les systèmes de gestion technique du bâtiment ainsi qu'une méthode de documentation de la conception. Recensement des « fonctions GTB », définition des schémas de Procédé et d'Instrumentation (schéma PI)

Partie 5 : protocole de communication de données

Partie 6 : essais de conformité de la communication de données

La norme NF EN ISO 25120-1 Performance énergétique des bâtiments – Contribution de l'automatisation, de la régulation et de la gestion techniques des bâtiments – Partie 1, pour la définition de la classe d'efficacité de la GTB selon les fonctions de régulation, d'automatisation et de gestion technique du bâtiment.

Les titres et sous-titres du présent document contiennent le **descriptif sommaire** de ce qu'ils doivent contenir (à adapter, descriptif non exhaustif) et un **exemple de cas concret**. Les différents exemples présentés dans ce document n'ont aucun lien entre eux, ils ont été choisis pour illustrer le contenu du chapitre. Les exemples, de mode de régulation notamment, ne prétendent pas constituer des références à suivre absolument. L'utilisateur adaptera le contenu à son projet.

Le présent document n'a pas vocation à décrire l'ensemble des cas de figure rencontrés dans le cadre du pilotage des systèmes techniques du bâtiment.



CE QUE DOIT CONTENIR UNE ANALYSE FONCTIONNELLE (AF)

Le document AF doit impérativement être **daté et indexé**, car c'est un **document d'échange qui évolue au cours du projet** de construction / rénovation, mais aussi en phase exploitation.

Exemple de suivi d'indice à placer en première page :

INDICE DE RÉVISION

Date	Indice	Descriptif	Rédaction	Vérification	Validation MOA
04/10/2022	00	Version Initiale	B. xxxx	A. yyyy	
15/05/2023	01	Modification régulation Chaudière	B. xxxx	A. yyyy	
24/05/2023	02	Modification suite mise à jour synoptique architecture	B. xxxx	A. yyyy	
30/09/2023	03	Mise à jour suite mises en service	B. xxxx	A. yyyy	

Une AF doit contenir **au minimum** les éléments suivants :

- Un descriptif du fonctionnement des installations rédigé en français **en « langage clair » c'est-à-dire compréhensible** par un personnel technicien pour les éléments techniques et par un personnel non-technicien pour les éléments destinés au personnel gestionnaire du bâtiment ;
- La traduction technique des **principes de fonctionnement**.

Les descriptifs de fonctionnement concernent l'ensemble des équipements, **y compris les systèmes avec régulation embarquée**. Ils sont à réaliser par sous-ensemble.

Ils comprennent :

- La gestion des modes marche/arrêt ;
- La gestion des programmations horaires ;
- La définition des zones thermiquement homogènes (de même programmation horaire et consigne d'ambiance) ;
- La gestion des modes été/hiver ;
- Les modalités de gestion des défauts ;
- Les modalités de fonctionnement en mode dégradé (ex. défaut sonde, défaut communication, coupure de courant...) ;
- Les principes de régulation, avec les séquences de démarrage et d'arrêt ;
- Les paramètres et consignes de fonctionnement à programmer (lois de régulation, consignes de cascade des générateurs, consignes d'ambiance, horaires occupation/inoccupation, valeurs théoriques du cahier des charges et valeurs mise à jour à l'issue des mises en service ou en exploitation).
- L'architecture du système de régulation, de GTC et/ou GTB ;
- La liste des points gérés par la régulation et la GTC et/ou GTB ;
- Pour chaque compteur : l'identification des valeurs remontées et du pas de temps de collecte et de stockage des données de comptage ;
- Les modalités/capacités/interfaces d'export des données ;
- Les modalités d'interconnexion avec d'autres systèmes d'informations et/ou d'accès à distance.

- Si le projet comporte un engagement sur la performance énergétique, ou a minima un engagement à suivre la performance énergétique (ce que devrait comporter tout projet NDLR) :
 - le plan de comptage,
 - le descriptif du système d'analyse des données de comptage,
 - les plans simplifiés de localisation des capteurs d'ambiance (sonde température, hygrométrie, CO2, ...),
 - les indicateurs de suivi de la performance énergétique et leurs modalités de calculs (valeurs objectifs et valeurs réelles).



POSITIONNEMENT DU MAÎTRE D'OUVRAGE

Les éléments ci-après sont les points sur lesquels le Maître d'Ouvrage, gestionnaire et utilisateur, doit se positionner et/ou préciser son organisation :

- La validation du principe de fonctionnement des installations rédigé en français en « langage clair » dans l'AF ;
- La validation des zones thermiquement homogènes ;
- Les consignes d'ambiance (températures, hygrométrie, CO2 le cas échéant) en période de confort ;
- Les horaires d'occupation ;
- Les besoins de dérogation éventuelle aux programmations horaires (cas d'usage intermittent d'un espace) ;
- Les informations accessibles au maître d'ouvrage sur la GTC et sur le logiciel d'analyse énergétique ;
- La liste des indicateurs de performance à suivre.

Et dans le cadre d'une exploitation pérenne des outils :

- Les contrats de maintenance à souscrire (maintenance des systèmes techniques, mais également maintenance et mise à jour des logiciels, automates, programmes, outils informatiques et numériques).

1. GÉNÉRALITÉS



PRÉSENTATION DU SITE

// Descriptif sommaire de l'activité et du site.

Principaux équipements techniques constituant l'installation.

Tout élément permettant de comprendre les choix de logique de fonctionnement des systèmes de régulation

Intégrer ou renvoyer au(x) synoptique(s) des installations qui concernent l'analyse fonctionnelle

Exemple :

« Le site est un complexe sportif qui comporte une extension et une partie existante rénovée.

Le matériel est le suivant :

- 1 chaudière à granulé
- 1 chaudière gaz
- 1 ballon tampon 2000L
- 1 ballon de production ECS semi instantané
- 41 radiateurs à eau
- 16 panneaux rayonnants à eau
- 3 centrales de traitement d'air double flux
- 3 caissons d'extractions

L'installation hydraulique comprend :

- 1 réseau production ECS, avec pompe double à débit variable réglée sur un débit fixe
- 1 réseau radiateurs, pompes doubles à débit variable autorégulées
- 1 réseau panneaux rayonnant/CTA, pompes doubles à débit variable autorégulées »

1

2

PÉRIMÈTRE DE L'ANALYSE FONCTIONNELLE

// Descriptif des périmètres techniques et physiques concernés par l'Analyse Fonctionnelle

Exemple :

« L'analyse fonctionnelle du présent document concerne les spécifications relatives au chauffage, à la ventilation et au traitement d'air.

Elle concerne l'ensemble du bâtiment, y compris la partie rénovée. »

2. PRINCIPAUX ÉQUIPEMENTS DE RÉGULATION ET DE GTC

2

1

FONCTIONNALITÉS DU SYSTÈME GTC (OU GTB)

2.1.1 CLASSEMENT SELON NF EN ISO 25120-1

// L'AF doit préciser le classement du système GTB mis en œuvre : Classe A, B ou C, avec un descriptif des principales fonctionnalités de la GTC (ou GTB) du site selon la norme NF EN ISO 25120-1 ;

Dans le cas d'une rénovation, le classement avant travaux peut utilement être présenté.

Exemple :

Le système de GTB mis en œuvre sera de classe B selon la norme NF EN ISO 25120-1 ;

Les tableaux suivants rappellent, pour chaque fonction l'état existant et le niveau de fonctionnalité à atteindre pour obtenir une GTC de classe B

Fonction régulation du chauffage :

	Aujourd'hui Classe D		A mettre en œuvre Classe B	
Fonction 1.1 – Régulation de l'émission	Régulation individuelle par pièce	C	Régulation modulante individuelle par pièce avec communication entre les régulateurs et le BACS	B
Fonction 1.2 – Régulation de l'émission pour système thermo-actif (mode de chauffage)	Régulation centrale automatique	C	Régulation centrale automatique évoluée	B
Fonction 1.3 – Régulation de la température du réseau de distribution (en départ ou en retour)	Régulation en fonction de la température extérieure	C	Régulation basée sur les besoins, Par exemple basée sur la variable de régulation de la température intérieure; les actions abaissent généralement la température moyenne de l'eau	A
Fonction 1.4 – Régulation des pompes de distribution du réseau	Aucune régulation automatique	D	Commande multi-vitesse : La vitesse des pompes est régulée par une régulation à plusieurs niveaux	B
Fonction 1.4a – Équilibrage hydronique du système de distribution de chaleur	Équilibrage statique de chaque émetteur et équilibrage statique du groupe	D	Équilibrage dynamique de chaque émetteur par vanne 2 voies indépendante de la pression (régulateurs de pression différentielle)	A
Fonction 1.5 – Régulation intermittente de l'émission et/ou de la distribution	Régulation automatique avec programme fixe	C	Régulation automatique avec optimisation de la mise en marche/arrêt	B
Fonction 1.6 – Régulation des générateurs de chaleur pour la combustion et le chauffage urbain	Régulation de température constante	D	Régulation de température variable en fonction de la charge, par exemple en fonction du point de consigne de température d'eau distribuée.	A
Fonction 1.7 – Pompe à chaleur pour la régulation des générateurs de chaleur	-- non applicable --		-- non applicable --	
Fonction 1.8 – Régulation des générateurs de chaleur (unité extérieure)	-- non applicable --		-- non applicable --	
Fonction 1.9 – Ordre de priorité des différents générateurs de chaleur	Régulation basée sur une liste fixe des priorités	C	Régulation basée sur une liste dynamique des priorités basée sur le rendement et les capacités actuelles des générateurs	B
Fonction 1.10 – Régulation du stockage de l'énergie thermique (TES)	-- non applicable --		-- non applicable --	

*Fonction régulation de l'alimentation en eau chaude sanitaire :**Etc*

2.1.2 FONCTIONNALITÉS PARTICULIÈRES AU SITE

// Descriptif des spécificités du site : gestion des installations par un accès unique, programmation des horaires de fonctionnement de chaque équipement à distance, modification des points de consignes et des paramétrages des régulations à distance, centralisation des données de comptage,

Définition du type, du nombre et des fonctionnalités des interfaces utilisateur de niveau terrain (écrans en locaux techniques).

Définition de la gestion des niveaux d'accès en fonction des types d'utilisateur. Définir la politique de sécurité à mettre en œuvre sur les équipements de régulation et de GTC (droits d'accès, profils, etc...)

Classification des différents niveaux d'alarmes (défaut bloquant, défaut non bloquant).

Mode de transmission des alarmes en phase exploitation.

Exemple niveaux d'accès :

« Les valeurs doivent pouvoir être modifiées par un technicien autorisé.

Les niveaux d'accès sont les suivants :

- **N1** : Niveau utilisateur : utilisateur disposant uniquement d'un droit de visualisation
- **N2** : Niveau maintenance : utilisateur disposant d'un droit de lecture/écriture (modification consignes et programmes horaires)
- **N3** : Niveau intégrateur : utilisateur disposant des droits d'administration (modification programmes et paramètres critiques). »

2

2

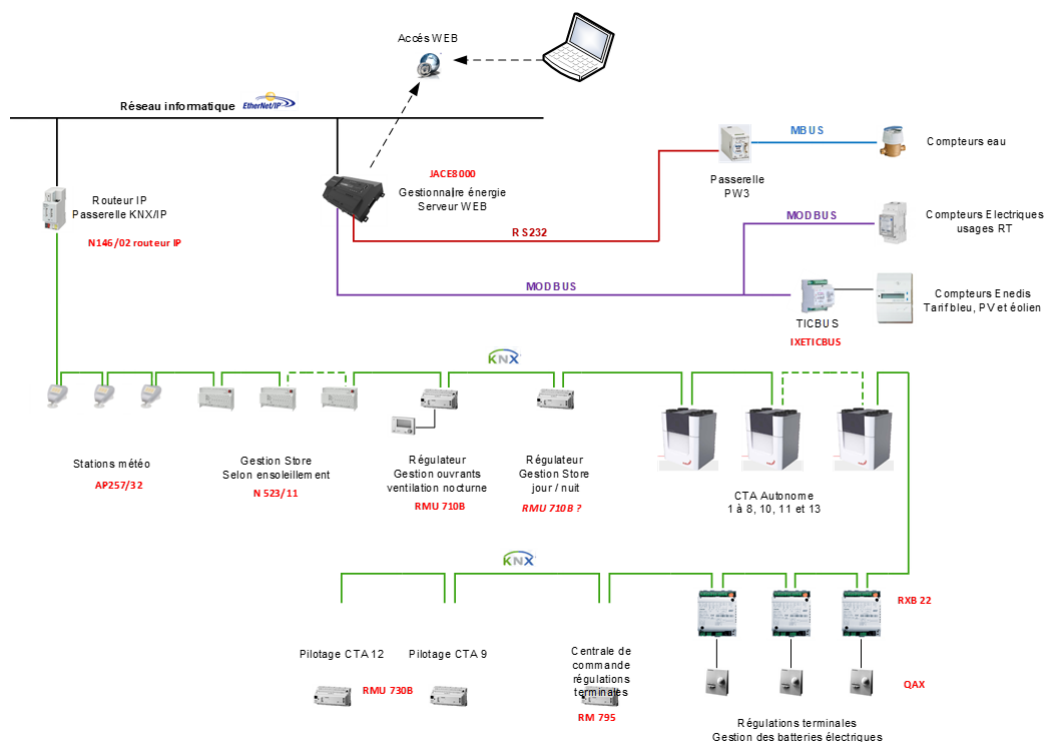
ARCHITECTURE GTC (OU GTB LE CAS ÉCHÉANT)

// Descriptif et synoptique de l'ensemble de l'architecture de la GTC (ou GTB) du site présentant les différents niveaux fonctionnels : les équipements de supervision, les équipements réseaux, les équipements terminaux, et les éventuels équipements tiers (des équipements ne servant pas directement à la régulation de l'ambiance et à la performance énergétique, par exemple le SSI, le Contrôle d'Accès...) dans le cas d'une GTB.

Les protocoles utilisés sont à rappeler sur le synoptique

Le type de logiciel d'analyse énergétique (extension du logiciel de supervision sur PC du site, ou plateforme en ligne) et les modalités d'intégration de ce logiciel d'analyse à la GTC doivent être décrit : mode de transmission des données de comptage, des données d'analyse des indicateurs de suivi de la performance énergétique, intégration du calcul de ces indicateurs, des valeurs objectifs et de leur comparaison automatique avec les valeurs réelles, modalités de stockage et de consultation des historiques des consommations et des indicateurs, ...

Exemple d'architecture GTC :



2

3

PROTOCOLES DE COMMUNICATION

Identification des protocoles de communication utilisés, pour chaque niveau (terrain, centralisation et/ou supervision) et pour chaque catégorie de système.

Le document peut également intégrer les protocoles IoT (objets connectés). Ex. Lora

Exemple :

« Pour la communication terrain, les informations transiteront sur une architecture IP. Selon l'équipement, elles circuleront sur quatre protocoles normalisés, à savoir :

- Le protocole BACnet IP ;
- Le protocole Modbus RTU ou TCP/IP ;
- Le protocole Mbus ou Mbus/IP ;
- Le protocole DALI.

Les synoptiques présentés sur ces documents permettent l'identification des protocoles selon les unités de traitement local.

Le BACnet IP, utilisant la notion d'objet, permettra le transit des données pour les métiers de l'électricité et du CVC.

Le modbus et le M-Bus, quant à eux, remonteront les données de comptage présentes sur l'ensemble du site (M-Bus Energie Thermique et ModBus Energie électrique).

Le DALI pilote les éclairages.

Pour la communication avec la supervision, le protocole est de type API REST en lecture / écriture »

2

4

MATÉRIELS ET LOGICIELS

// Descriptif des types de système de régulation (automates, régulations embarquées, capteurs, commandes locales, ...) ;

Nota important en cas de GTC/ GTB :

- les unités locales doivent permettre un fonctionnement autonome des systèmes même en cas de perte de communication avec la GTC / GTB ;
- elles doivent intégrer un horodatage des événements à la source.

Exemple :

« 2.4.1. Matériel traitement local – Electricité et CVC

Unités de traitement local des bureaux

Contrôleur tout-en-un qui combine une alimentation, un serveur IP et des entrées/sorties spécifiques pour simplifier le câblage et l'installation,

Marque : XXXXXX, type xxxxxx

Alimentation disponible : 100-240VAC

Sorties alimentées pour une connexion directe des actionneurs – vannes (24V AC) et ventilateurs – sans transformateur externe ni relais additionnel

Entrées spécifiques pour répondre à tous types d'applications : entrées sondes (Température, Hygrométrie), universelles et digitales

Maintien des fonctions de régulation en cas de perte de communication avec la supervision

horodatage des événements à la source.

Localisation : dans les faux plafonds des bureaux

2.4.2 Logiciel traitement local – Electricité et CVC

Logiciel XXXX, version 6.7.22017

Le logiciel permet d'assembler visuellement des blocs fonctionnels afin de créer des séquences de contrôle adaptées à toute application d'automatisation selon cahier des charges établi en phase études d'exécution (EXE).

Orienté objet, elle réduit les délais de familiarisation et optimise la programmation.

Une fois le programme injecté et opérationnel, la résolution des problèmes est simplifiée grâce au débogage en temps réel, affichant ainsi les valeurs d'entrées et de sorties.

L'interface possède un mode d'émulation favorisant ainsi les tests avant mise en production. »

2

5

ERGONOMIE INTERFACE GTC / GTB ET/OU INTERFACES AUTOMATES

// Description du mode d'affichage (vues graphiques dynamiques, avec synoptiques...). Il est recommandé d'insérer des visuels dans le document permettant de mieux comprendre les fonctionnalités qui seront mises à disposition.

Description des modalités de sélection et de navigation dans les vues,

Description des modalités de saisie des paramètres, des consignes et des programmations horaires

Descriptif le plus exhaustif possible des éléments accessibles depuis le(s) poste(s) GTC (et/ou les automates le cas échéant), selon les niveaux d'accès,

Définition des codes couleurs utilisés sur les synoptiques :

- Couleur pour les états (valeur mesurée, retour de marche, retour de position de vanne en %)
- Couleur pour les commandes (consigne calculée, position de vanne, commande marche/arrêt)
- En rouge = équipement en défaut



L'interface doit permettre d'appliquer une même consigne ou une même programmation horaire à plusieurs pièces ou sous-ensemble par une sélection multiple simple.

Les valeurs affichées (température, humidité, tension, intensité, etc...) sont implantées à leur emplacement réel et indiquent automatiquement la valeur actuelle, mise à jour sans intervention de l'opérateur.

Tous les graphiques d'affichage des historiques des enregistrements peuvent être paramétrés par l'utilisateur (période d'affichage, choix des valeurs affichées). Il doit être possible d'afficher simplement plusieurs données sur un même graphique, et de visualiser les valeurs (x,y) en passant la souris de l'écran sur les courbes. Chaque donnée dispose de sa propre échelle des ordonnées, afin qu'elle soit aisément lisible.

Avoir la possibilité de faire des zooms sur les graphiques facilement avec les « molettes » des souris

Extraction simple des données en format utilisable sous tableur (.txt, .xls, ...)

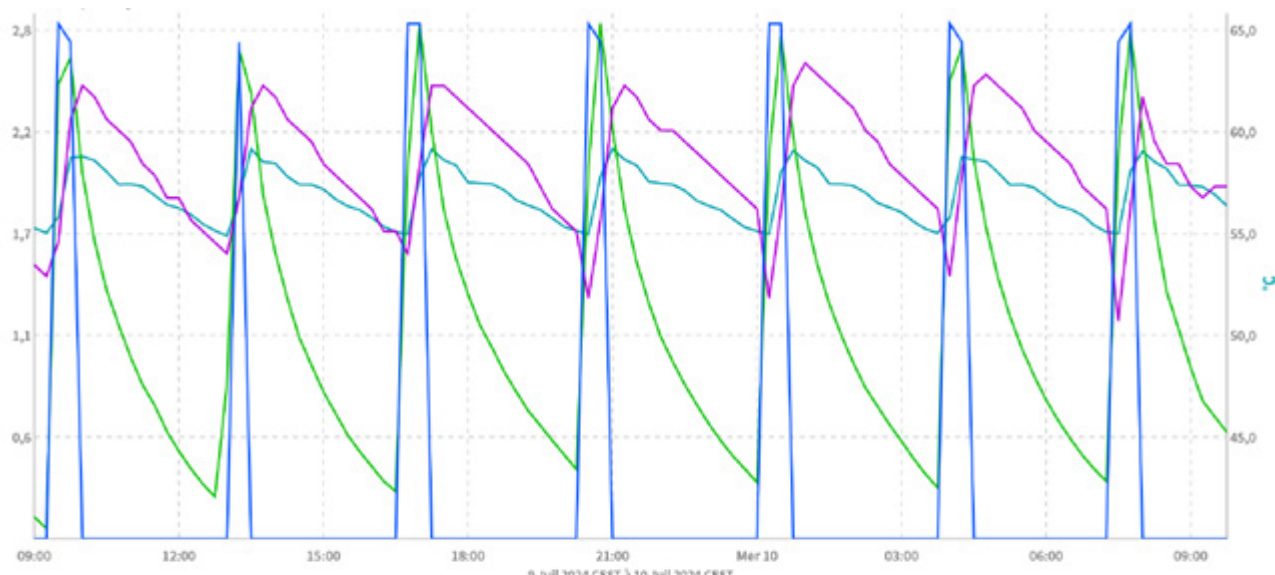
La totalité des points GTC doit être affichée sur la GTC

Exemple descriptif des éléments accessibles depuis le poste GTC :

Sont accessibles avec le droit d'accès N2 :

- Les commandes de marche et d'arrêt de tous les équipements.
- La modification des points de consignes.
- Les forçages des sorties analogiques.
- La modification des limites hautes et basses des consignes.
- La modification des seuils de température et pressions.
- Les dérogations aux programmes horaires.
- La modification des plages horaires des programmes horaires.
- Le paramétrage des Maîtres et Esclaves des terminaux.
- Les fiches techniques du matériel (tous matériel CVC et Plomberie).

Exemple de vue graphique paramétrable :



Bleu : débit pompe primaire

Vert clair : départ primaire ECS

Violet : retour primaire ECS

Vert-bleu : température ballon ECS

3. ANALYSE FONCTIONNELLE

3

1

GÉNÉRALITÉS



Description des éléments de régulation et de programmation commun à tous les sous-ensembles, tels que :

- la gestion des modes marche / arrêt,
- la gestion des programmations horaires,
- la définition des zones thermiquement homogènes (de même programmation horaire et consigne d'ambiance),
- la gestion des modes été / hiver,
- les modalités de gestion des défauts,
- l'interface avec les armoires électriques : gestion des mode auto / manu / arrêt en façade armoire ou directement sur les automates, affichage des défauts par voyant en façades armoire ou uniquement sur automate, affichage synthèse de défaut, ...



Les consignes de fonctionnement préconisées dans l'AF sont cohérentes avec les valeurs de conception du projet (ex. régimes de température)

Si besoin, en cas de régulation « complexe », un(des) schéma(s) accompagne(nt) le paragraphe de description du fonctionnement.

Exemple :

« Le présent paragraphe définit les principes de fonctionnement pour les automatismes, la régulation et la programmation.

Gestion des défauts :

Les défauts de chaque sous-ensemble sont signalés au niveau de la face avant des armoires électriques de commande par un voyant rouge. Ils sont raccordés à des sorties tout ou rien de l'AP, qui sont maintenues tant que le défaut reste présent.

Le libellé correspondant au défaut apparaît sur l'interface utilisateur de la GTC sous la forme d'une chaîne alphanumérique facilement compréhensible et sous la forme de code couleur rouge sur le synoptique de la supervision.

Gestion de chaque sous-ensemble :

Le fonctionnement de chaque sous-ensemble est piloté par des interrupteurs logiques accessibles via l'interface utilisateur permettant d'en définir l'état :

- Arrêt / Marche / Auto

Les boutons de commande rotatifs auto – marche forcée – arrêt en façade des armoires électriques sont prioritaires sur la GTC avec la logique suivante :

Bouton de commande armoire en **position auto** : le fonctionnement du sous-ensemble est entièrement automatique, géré par la GTC

Bouton de commande armoire en position **marche forcée** : le fonctionnement du sous-ensemble est forcé localement, sans intervention possible de la GTC. Cet état est remonté sur la GTC et clairement affiché sur le synoptique.

Bouton de commande armoire en position **arrêt** : le fonctionnement du sous-ensemble est forcé localement à l'arrêt, sans intervention possible de la GTC. Cet état est remonté sur la GTC et clairement affiché sur le synoptique.

Gestion du mode été / hiver :

Le basculement entre les modes été et hiver est piloté manuellement par un commutateur logique accessibles via l'interface utilisateur.

Gestion du mode confort / réduit :

Le basculement entre les modes confort et réduit est automatique sur horloge de programmation journalière centralisée. La programmation est facilement réalisable depuis l'interface utilisateur. Pour une même zone, il n'y a qu'une seule programmation à saisir pour gérer à la fois la température de confort et le renouvellement d'air neuf.

Le mode réduit ne concerne que le chauffage, le rafraîchissement et la ventilation. La production d'ECS n'a pas de réduit.

Zones de programmation horaire :

Zone 1 : bureau RDC et R+1 = 1 programmation horaire

Zone 2 : Roof top du R+9 (inclus cuisine et sanitaires) = 1 programmation horaire

Zone 3 : départ chauffage logement (pilotage du régulateur fourni par l'entreprise titulaire du lot chauffage des logements). »

3

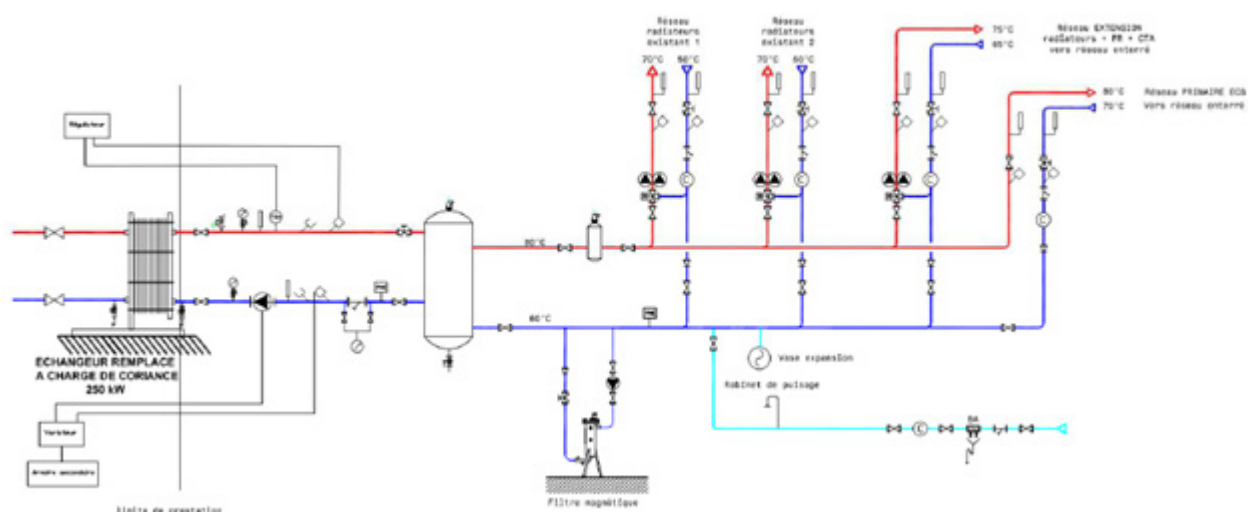
2

GESTION SOUS-ENSEMBLE 1

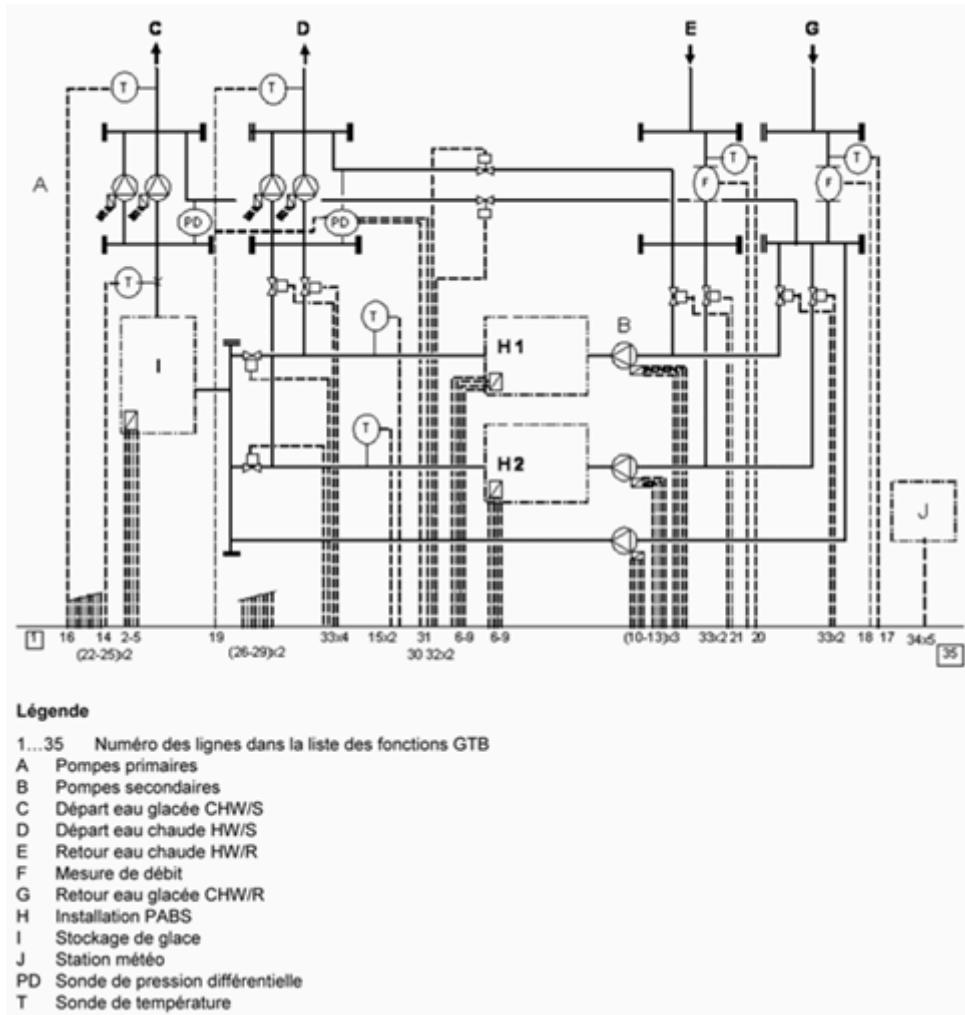
3.2.1 SCHÉMA

// Présentation d'un schéma hydraulique ou aéraulique du sous-ensemble, idéalement schéma PI selon norme NF EN ISO 16484 partie 3

Exemple : cas d'une sous-station – schéma simplifié



Exemple : cas d'une production de chaleur et de froid – schéma PI selon norme NF EN ISO 16484



3.2.2 FONCTIONNEMENT « EN FRANÇAIS »

// Description du fonctionnement du système de régulation, des paramètres et consignes de fonctionnement à programmer : loi d'eau, consignes de cascade des générateurs, les consignes d'ambiance, horaires occupation / inoccupation, les valeurs théoriques du cahier des charges et la mise à jour éventuelle de ses valeurs à l'issue des mises en service.

Exemple rédaction : cas d'une cascade de 2 chaudières à condensation

« Principe de fonctionnement :

Le fonctionnement général de la régulation est le suivant :

- La température des chaudières varie en fonction de la température extérieure et des besoins, de manière à optimiser la production de chaleur par rapport aux besoins tout en limitant les pertes par rayonnement. Les brûleurs modulent leur puissance en fonction des besoins, ce qui améliore le rendement global de combustion et limite les pertes par balayage des chaudières.
- La loi d'eau est de type multi pente (soit plusieurs points de consigne).
- Les chaudières s'enclenchent en cascade en fonction des besoins avec une permutation calendaire de l'ordre de priorité des chaudières.

Principe de régulation :

Les consignes et paramètres **surlignés en verts** sont modifiables avec les droits d'accès de niveau **N2**.

La gestion de la cascade des chaudières est assurée par un automate programmable en fonction d'une consigne de température de départ primaire variable en fonction de la température extérieure et de la demande du circuit « aérothermes »

L'automate programmable envoie les commandes marche / arrêt et des signaux 0-10V aux chaudières.

La modulation de puissance des brûleurs en fonction des signaux 0-10V entrée chaudières et la gestion des sécurités internes chaudière sont assurés par le régulateur embarquée des chaudières.

La consigne de température de départ calculée est la valeur maximum entre la température résultante de la loi d'eau (avec prise en compte du mode confort / réduit) et la température de consigne du circuit « aérothermes », température de consigne modifiable.

Le pilotage de la puissance appelée sur la cascade chaudière est défini en fonction de l'écart entre la température mesurée et la consigne calculée. L'importance de l'écart génère un signal de cascade de 0 à 100 %.

Selon le niveau de ce signal de cascade, les chaudières sont enclenchées et pilotées en puissance par un signal de tension 0-10 Volt fourni à chaque chaudière.

La régulation des chaudières se fait en cascade parallèle : les chaudières fonctionnent simultanément à la même charge.

Les chaudières sont démarrées selon des seuils d'enclenchement (**Seuil 1 et Seuil 2**) associés à un différentiel d'arrêt (**Diff.**).

Logique d'enclenchement :

- Signal de cascade inférieur à **Seuil 1** : 2 chaudières à l'arrêt, signaux de tension à 0 Volt ;
- Signal de cascade atteint **Seuil 1** : démarrage ch 1 en allure minimum avec signal de tension1 à 1 Volt ;
- Signal de cascade atteint **Seuil 2** : Maintien du signal de tension1 à 1 Volt, démarrage ch 2 en allure minimum avec signal de tension 2 à 1 Volt ;
- Signal de cascade augmente au-delà de **Seuil 2** : augmentation proportionnelle et en parallèle des 2 signaux de tension au-delà de 1 Volt pour augmenter en parallèle la puissance des 2 chaudières ;
- Signal de cascade diminue en-dessous de **Seuil 2 - Diff** : diminution proportionnelle et en parallèle des 2 signaux de tension jusqu'à 1 Volt, arrêt de la ch 2 avec signal de tension2 à 0 Volt, signal de tension1 maintenu à 1 Volt ;
- Signal de cascade diminue en-dessous de **Seuil 1 - Diff** : arrêt de la ch 1 avec signal de tension2 à 0 Volt.

Automatisme

La permutation chaudière prioritaire a lieu toutes les 720 heures calendaires.

Séquence de démarrage automatique :

Pour la chaudière en demande de régulation, démarrage chaudière si :

- Interrupteur logiciel « Arrêt / Marche auto » en position « marche auto » ; Si Interrupteur sur « arrêt », basculement automatique sur la seconde chaudière, avec les mêmes conditions ;
- Pas de défaut bloquant (cf § « Défaut » ci-après). Si défaut bloquant, basculement automatique sur la seconde chaudière, avec les mêmes conditions.

→ Ouverture de la vanne deux voies motorisée jusqu'au contact fin de course

→ Démarrage chaudière et régulation 5 s après la détection du fin de course de la vanne

Séquence d'arrêt automatique (hors défaut) :

- Interrupteur logiciel « Arrêt / Marche auto » en position « arrêt » ;
- Ou chaudière en arrêt régulation :

→ Arrêt chaudière

→ Fermeture vanne deux voies motorisée après une temporisation modifiable

Paramétrages initiaux :

Cascade chaudière :

Hiver	Conception	Mise en service	Exploitation
Seuil 1 Seuil 2 Diff	30% 60% 15%		
Tempo fermeture vanne 2 Voies Fréquence permutation chaudière	60 s 720 h		

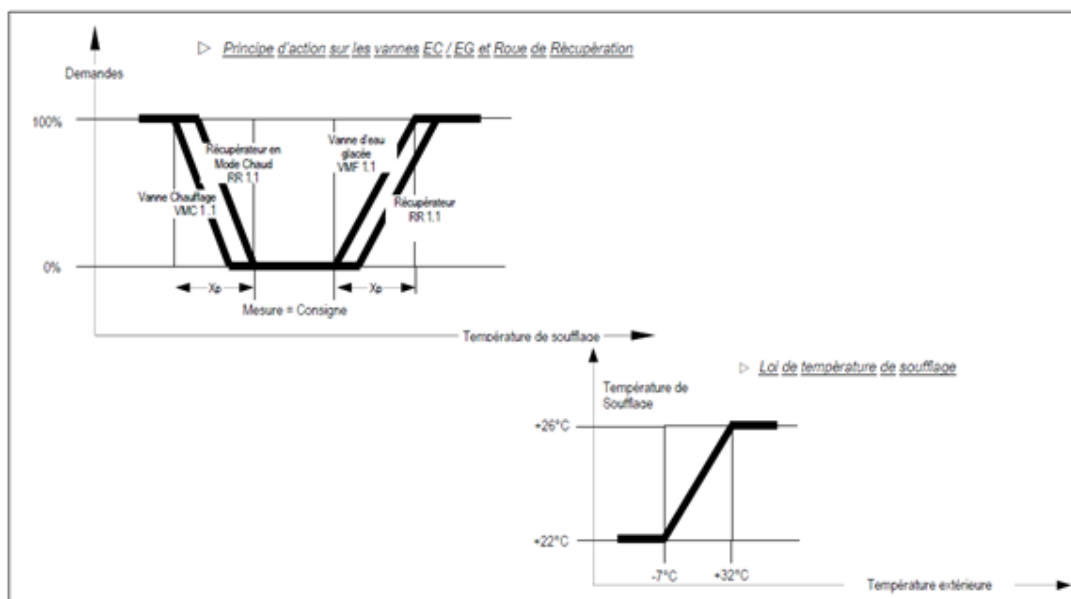
Loi d'eau primaire :

Conception		Mise en service		Exploitation	
T extérieure	T départ primaire	T extérieure	T départ primaire	T extérieure	T départ primaire
-5°C 5°C 12°C 20°C	80°C 55°C 45°C 20°C				

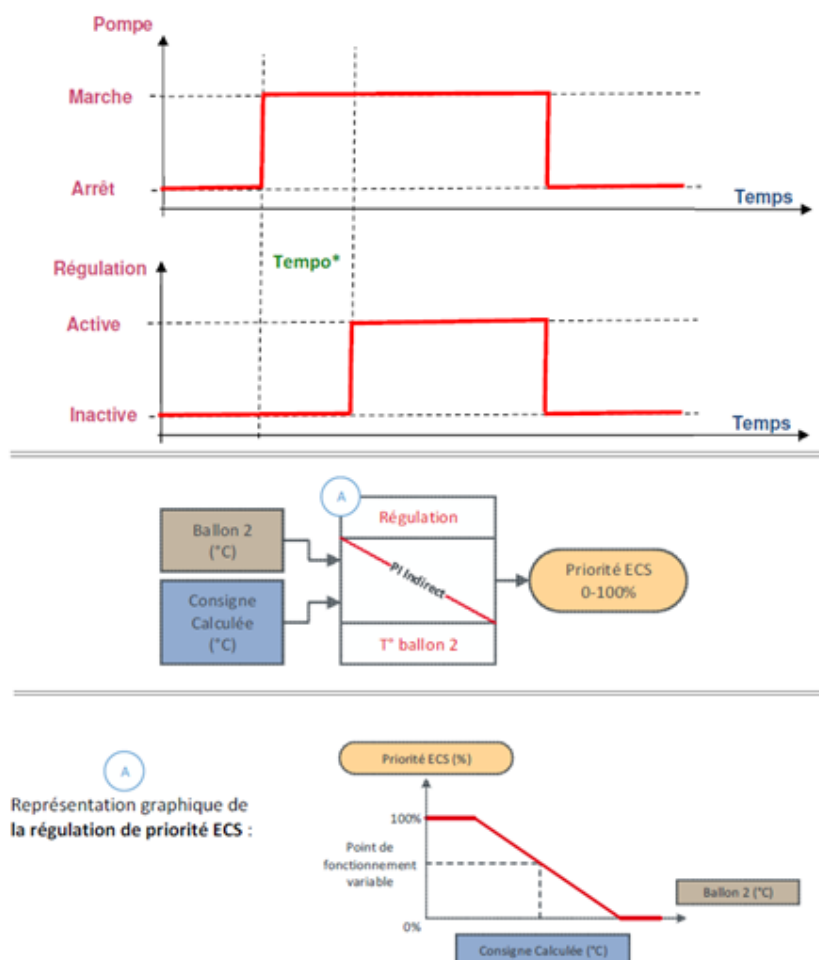


Le fonctionnement des boucles de régulation peut utilement être illustré par des schémas

Exemple de schémas de boucle de régulation :



Exemple boucle de régulation température de soufflage CTA (source BALAS)



Exemple boucle de régulation priorité ECS (source AXIMA)

3

3

GESTION SOUS-ENSEMBLE 2

3

4

GESTION SOUS-ENSEMBLE 3

Ajouter autant de paragraphes qu'il y a de sous-ensemble à décrire.

4. GESTION DE LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE



Se référer également à l'outil Cx_PROFEEL_Outil 11_Suivi énergétique : méthodologie et bonnes pratiques

4**1**

PLAN DE COMPTAGE

// Description détaillée de l'ensemble des compteurs, nécessaires au suivi énergétique des installations objets du périmètre de l'AF défini en début de document.

Les compteurs sont jugés « nécessaires au suivi énergétique » en fonction des usages énergétiques et du niveau de granulométrie, que souhaite suivre le MOA pour son bâtiment.

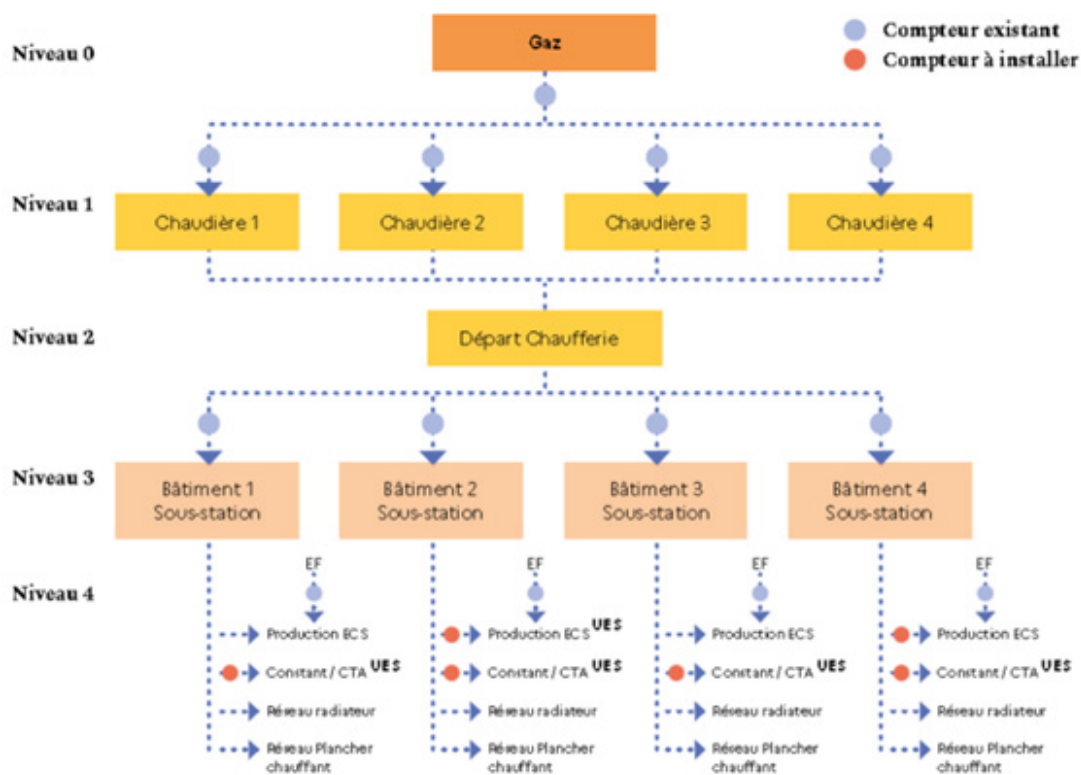
La définition préalable des indicateurs de performance à suivre permet d'identifier les compteurs « nécessaires au suivi énergétique ». En dehors du cas des compteurs d'obligation réglementaire, le nombre de compteurs doit être limité au plus juste (coût du matériel, de l'installation, de l'entretien et du développement de l'outil de suivi).

A noter qu'une partie des compteurs pourrait être installée ultérieurement dans l'optique d'une planification pluriannuelle des dépenses. Toutefois il est préférable que la conception du plan de comptage à terme soit réalisée dès le début du projet.

La description intégrera obligatoirement les compteurs des Gestionnaires de Réseaux de Distribution (électricité ENEDIS ou ELD, gaz GRDF ou ELD, réseau de chaleur urbain, ...).

Le plan de comptage représente une cartographie des flux énergétiques, qui peut être organisée par niveaux tels que représentés dans le tableau de principe et l'exemple de synoptique ci-après :

PRINCIPE GÉNÉRAL D'UN PLAN DE COMPTAGE					
	Niveau 0	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4
	Sources énergétiques	Transformation énergétique	Distribution de l'énergie	Secteur d'usage	Équipement usage final
Information	Concerne la source énergétique utilisée telle que l'électricité, les combustibles ou autres énergies entrantes au sein de la structure	Concerne la conversion d'une source énergétique en un vecteur énergétique (exemple : vapeur, eau chaude, eau glacée, air comprimé, électricité, BT, ...)	Permet d'identifier les pertes sur les réseaux (fuites, déperditions, ...) des vecteurs énergétiques	Permet une répartition par zones de consommation regroupant plusieurs usages énergétiques	Identification finale par usages énergétiques et par équipement
Finalité de comptage	Performance Globale - IPE Agrégé - Contrôle facturation	Performance installations de transformation (production vapeur, froid, air, ...)	Performance réseaux de distribution	Performance secteur d'usage - IPE	Performance usage installation / équipements
Comptage	Comptage énergétique de facturation	Comptage énergétique en amont et en aval pour identifier une performance Utilités	Comptage énergétique en amont et en aval pour identifier la performance Réseaux	Comptage énergétique d'entrée (éventuellement de sortie) de zones ou de procédé	Comptage par usages ou par équipements
Facteurs influents	Facteurs généraux (exemples à fournir)	Facteurs spécifiques à la transformation (exemple à fournir)	Facteurs spécifiques à l'acheminement (exemple à fournir)	Facteurs généraux (exemples à fournir)	Facteurs influents précis par utilisation (exemples à fournir)
Facteurs statiques	Facteurs statiques généraux de type surface, type d'activités ou de produits, rythmes de travail	Facteurs spécifiques à l'organisation	Facteurs tels que longueurs de distribution, calorifugeage...	Facteurs par surface, par type d'activités ou produits, par rythme de travail, ...	Facteurs spécifiques aux procédés



Extraits du guide édité par l'ADEME DR Normandie « Modèle de plan de mesurage de l'énergie » en 2020



Le plan de comptage doit obligatoirement être présenté via un ou plusieurs synoptiques, par flux énergétique, sur lesquels la nature des compteurs (gaz, électrique, énergie, eau,...) est clairement identifiée, ainsi que les compteurs des Gestionnaires de Réseaux de Distribution.

Après la réception, le synoptique est à associer à un tableau en format informatique des compteurs, permettant de les identifier avec précision, et reprenant les informations suivantes :

- Identification du compteur (= nom repris sur une étiquette à proximité du compteur physique sur le site, nom utilisé également sur les synoptiques et les schémas des tableaux électriques, dans les intitulés de la base de données GTC, sur les affichages des interfaces local et la supervision). Le nom doit être clair sur l'usage de l'énergie mesurée.
- Localisation physique du compteur (bâtiment, local, armoire divisionnaire)
- Marque, type et numéro de série du compteur physique sur site
- Pression du gaz mesuré, pour les compteurs gaz
- Index du compteur à la réception lu sur le compteur physique
- Photo du compteur permettant de lire son numéro de série et son index à la réception
- Index du compteur à la réception lu sur la GTC (avec photo écran GTC)

4

2

MODALITÉ DE COLLECTE DES DONNÉES DE COMPTAGE



On définira utilement :

- la typologie des compteurs (classe de mesure, modalités de communication des données à distance).
- Les données compteurs à remonter sur la GTC pour les compteurs énergie et compteur électrique : index énergie systématique, mais il est possible également de remonter les puissances instantanées, débits, températures, intensités, par phase et/ou global en électricité.



Les données de comptage doivent obligatoirement être remontées sur la GTC par un système communicant de type Mbus ou ModBUS (protocoles de communication) permettant une lecture fiable des index même en cas de perte momentanée de la communication avec le mesureur. Les solutions de relève par impulsion sont à proscrire. Les caractéristiques minimums conseillées pour les compteurs sont les suivantes :

- Les compteurs d'énergie thermique et frigorifique doivent posséder une VCI conforme, être certifié MID, avec intégrateur de classe 2.
 - Les compteurs d'eau ont une précision de classe C ou R ≥ 150
 - Les compteurs électriques ont un affichage local par écran LCD, ils sont certifiés MID, classe B (1% de précision)
- Pour les compteurs d'énergie thermique la fourniture d'une VCI sans observation est fortement recommandée même si la mesure n'a pas pour objet une transaction commerciale. L'installation des compteurs d'énergie est très souvent non conforme, conduisant à des erreurs de mesures significatives.

4

3

SYSTÈME D'ANALYSE DES DONNÉES DE COMPTAGE



Description de l'outil (ou des outils) permettant d'analyser les index de compteurs récupérés

- Type d'outil (intégré à la supervision, logiciel supplémentaire sur PC supervision, ou plateforme WEB ou plus simplement tableur de calcul)
- Mode de communication et de collecte des index avec les compteurs sur site
- Modalité d'accès à l'outil pour la visualisation des résultats (site internet, code d'accès,)
- Entité à contacter en cas de problème d'accès ou d'utilisation de l'outil (utilement on souscrita un contrat de maintenance et de mise à jour du logiciel le cas échéant)
- Courbes ou représentations graphiques du suivi de performance (exemple de sortie)
- Calculs réalisés par l'outil : indicateurs de performance, ajustement des objectifs aux conditions de la période de suivi de performance, comparaison objectif ajusté avec résultat, comparaison avec résultats de l'année précédente et/ou du mois précédent,
- Affichage/modification et modalités d'intégration des facteurs d'influence (DJU, volume d'activité, l'amplitude horaire d'ouverture, taux d'occupation...)
- Fonction d'export simple de l'ensemble des données brutes. L'horodatage dans l'export doit préciser le fuseau horaire (UTC, Europe/Paris...)



Les index des compteurs utilisés pour contrôler les performances doivent être consultables à partir de l'outil. Ils sont mémorisés au pas de temps de 10 minutes idéalement ou au pas de temps horaire, en fonction de la quantité de données et de la capacité de stockage.

4

4

INDICATEURS DE SUIVI DE LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE



Définition des indicateurs que souhaite suivre le MOA et/ou rappelle des indicateurs dans le cadre d'un marché de performance énergétique

Définition des facteurs influents associés à ces indicateurs (exemple le DJU chauffage, le DJU clim, la consommation d'ECS, le volume d'activité, l'amplitude horaire d'ouverture...)

Comment on récupère ces données ?

Définition des modalités de calculs des indicateurs (fréquence, utilisation de coefficients de conversion ex. kWh PCS gaz et kWh PCI utilisé pour exprimer en énergie finale...)



On se référera à l'outil PROFEEL_Cx_Outil 11 - Suivi énergétique : méthodologie et bonnes pratiques

ANNEXE 1 : LISTE DES POINTS RÉGULATION ET DES POINTS GTC

// Tableau de la liste des points faisant apparaître les points physiques entrées/sortie automatés, et les points « informatiques » remontés sur la GTC.

La nomenclature des équipements régulés devra être respectée (cohérence entre les Synoptiques, l'AF et la GTB)

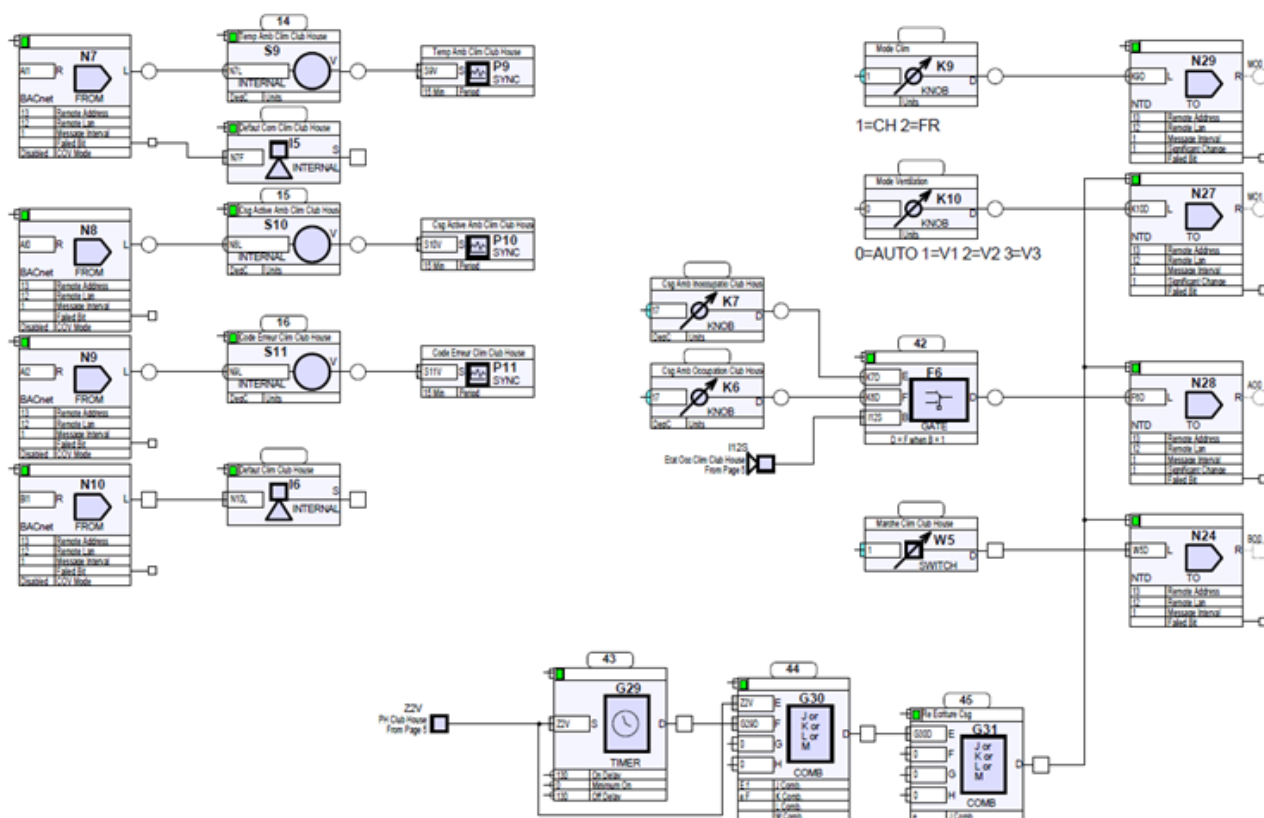
Exemple :

AFFAIRE : XXXX										MAITRE D'OUVRAGE : XXXX									
Date mise à jour : 26/05/2020																			
DI : Entrée digitale AI : Entrée analogique					DO : Sortie digitale AO : Sortie analogique					TA : TélAlarme TS : TélSignalisation TM : TélMesure					Top : Télmèlre Comptage TC : TélCommande TR : TélRéglage				
Désignation	Points physiques régul. ou automate				Type de matériel	Observations	Gestion centrale				Sortie		Observations						
	Entrée DI	AI	Sortie DO	AO			Communication Nbre	Type	TA	TS	TM	Top		TC	TR				
PRODUCTION CHALEUR																			
Température extérieure		1				Sonde extérieure					1								
Température départ cascade chaudières		1				Sonde à tige avec doigt de gant PN16					1								
Température retour cascade chaudières		1				Sonde à tige avec doigt de gant PN16					1								
Pressostat gaz	1					Contrôleur pression 0-2,5 bar, inox			1										
Chaudière N°																			
Pompe de charge	2		1				Pompe simple		1	1									
Autorisation de marche chaudière / brûleur			1				Chaud avec brûleur externe					1							
Commande 1ère allure brûleur			1			Commande en Tout ou rien	Chaud avec brûleur externe							1					
Commande 2ème allure brûleur			1			Commande en Tout ou rien	Chaud avec brûleur externe							1					
Régulation brûleur 0 - 10V	1		1	1		Autorisation de marche brûleur + consigne 0/10V	Chaud avec brûleur externe		1					1	1				
Régulation brûleur 3pts modulant	1	1	2			AI pour retour d'information état du brûleur	Chaud avec brûleur externe					1	2						
Gestion chaudière	2	1	1	1		AI = puissance chaudière, pour gestion cascade	Chaud avec brûleur intégré pilotée en 0-10V		1	1	1	1	1	1	1				
Température sortie chaudière		1				Sonde à tige avec doigt de gant PN16								1					
Température retour chaudière		1				Sonde à tige avec doigt de gant PN16								1					
Température de fumées		1				Sonde à tige avec doigt de gant + bride DB28	Optionnel, sauf si P> 1 MW							1					
Sécurité température haute 50-130°C	1					Thermostat de sécurité - 50, 130°C	Pour chaudière plus de 400 kW		1										
Contrôleur de débit d'eau	1					Contrôleur à palette	Pour chaudière avec débit mini d'irrigation		1										
Manque d'eau	1					Pressostat 0...6 b, Pmax 16 b, diff réglable			1										
Vanne isolement chaudière																			
Vanne d'isolement cascade ch 1	1		1			Vanne papillon avec moteur 230V-3pts + FDC				1				1					
Vanne d'isolement cascade ch 2	1		1			Vanne papillon avec moteur 230V-3pts + FDC				1				1					
Divers production chaleur																			
Pompe filtre magnétique	2		1						1	1				1					
Armoire électrique																			
Armoire électrique présence tension	1								1										
Commutateurs auto - marche forcé - arrêt :																			
Chaudière N°	2						Pompe simple				2						Information de sa position remontée sur GTC		
Pompe de charge ch N°	2						Pompe simple				2						Information de sa position remontée sur GTC		
Pompe filtre magnétique	2						Pompe simple				2						Information de sa position remontée sur GTC		
Défaut traitement d'eau	1					Groupe de dosage et/ou adoucisseur	Si présent		1										
Défaut maintien de pression	1					Groupe maintien de pression	Si présent		1										
Défaut synthèse	1								1										
Comptage énergie thermique																			
Comptage gaz	1				1	MBus	Energie sortie chaudière			4	1						Index énergie (MWh) + TAR (°C) + débit (m³/h) + Puissance Max journalière (kW)		
Comptage eau froide					1	MBus	Chaudière					1							
Comptage électricité				1		Modbus	Remplissage chauffage					1							
Comptage électricité																			
				1		Modbus	Auxiliaires chauffage			1	1						Index énergie (MWh) + Puissance Max journalière (kW)		

ANNEXE 2 : ANALYSE FONCTIONNELLE PROGRAMME – BLOCS DE RÉGULATION (PHASE RÉCEPTION – EXPLOITATION)

Description du fonctionnement programmé des automates de régulation par bloc logique.
Fichiers sources doivent être mis à la disposition du MOA et de l'exploitant
L'automate qui assure la régulation est clairement identifié par son nom et sa localisation.

Exemple : cas régulation climatisation



GLOSSAIRE

Signification des termes et abréviations utilisés dans le présent document :

- **AF** : Analyse Fonctionnelle
- **GTB** : Gestion Technique du Bâtiment : système de contrôle centralisé des installations avec une supervision globale de plusieurs domaines techniques comme le chauffage, la ventilation, l'électricité, l'éclairage, l'alarme incendie, l'intrusion, ou autre domaine technique.
- **GTC** : Gestion Technique Centralisée : système de contrôle centralisé des installations d'un seul domaine technique, tel que le chauffage ou tel que l'électricité
- **MOA** : Maître d'Ouvrage
- **CCTP** : Cahier des Clauses Techniques Particulières
- **Équipement** ou **Matériel** : correspond à un dispositif assurant une fonction technique spécifique. Exemple : une vanne 3 voies, un moteur de vanne 3 voies, un luminaire, un thermostat...
- **Sous-ensemble** : groupe d'équipements associés pour assurer une fonction donnée : exemple : fonction production de chaleur, sous-ensemble = 2 pompes à chaleur, leurs 2 pompes de charge et leurs 2 vannes motorisées d'isolement.
- **Système ou Installation** : correspond à un ensemble d'équipements permettant d'assurer un service au bâtiment. Exemple : le chauffage, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage...
- Une installation est donc constituée d'un ou plusieurs sous-ensembles, eux même constitués d'un ou plusieurs équipements.
- **DO** : Digital Output = Sortie Numérique d'un automate (0 ou 1) correspondant à **TC** (TéléCommande) dit « Tout ou Rien », soit un contact sec ouvert ou fermé
- **AO** : Analogic Output = Sortie Analogique d'un automate (valeur progressive) correspondant à **TR** (TéléRéglage) soit une valeur variable (ex. 0-10V, 4-20mA...)
- **DI** : Digital Input = Entrée Numérique d'un automate (0 ou 1), correspondant à une information d'état (actif ou non, marche ou arrêt...) dont :
 - **TA** (TéléAlarme)
 - **TS** (TéléSignalisation)
 - **Tci** (Télécomptage à impulsion)
- **AI** : Analogic Input = Entrée Analogique d'un automate (valeur variable) correspondant à **TM** (TéléMesure) soit une valeur de mesure provenant d'un capteur
- **VCI** : Vérification de Conformité à l'Installation (pour les compteurs d'énergie thermique)
- **MID** : Certification pour les compteurs d'électricité (Measurement Instruments Directive)

Accéder gratuitement à l'ensemble des ressources et outils PROFEEL sur www.proreno.fr

