

A decorative background grid with several colored squares: a solid orange square, a blue hatched square, a light blue hatched square, a red hatched square, and a pink solid square.

OPTIMISATION DES PRODUCTIONS DE FROID SUR DES ÉTABLISSEMENTS HOSPITALIERS :

RETOUR SUR UNE OPÉRATION DE PRODUCTION DE
FROID PAR DU STOCKAGE DE GLACE

13/10/2023 F AGNIEL

HCL
HOSPICES CIVILS
DE LYON

www.chu-lyon.fr

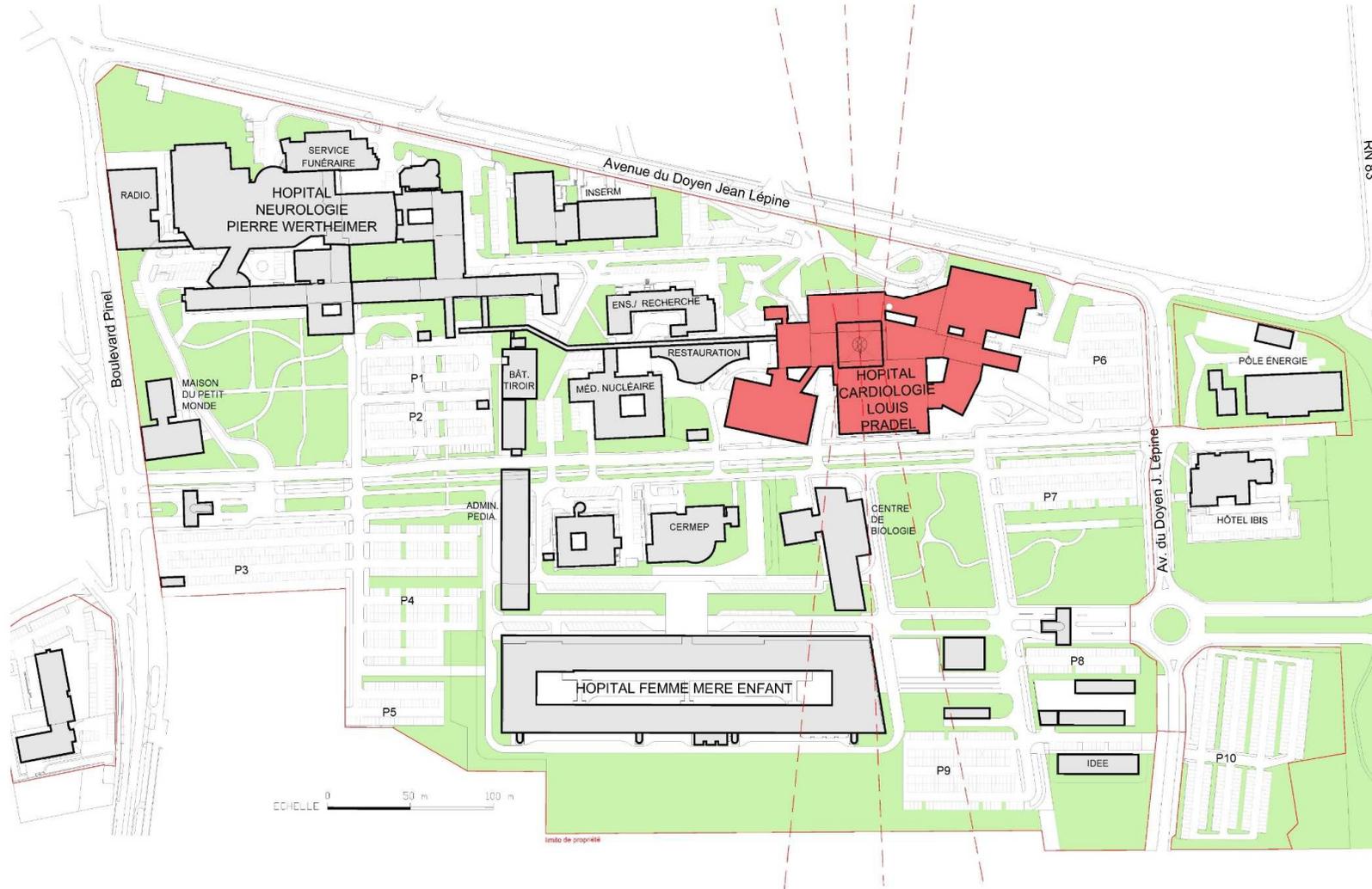
L'HÔPITAL LOUIS PRADEL

ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

LE GROUPEMENT HOSPITALIER EST



L'HÔPITAL LOUIS PRADEL



L'HÔPITAL LOUIS PRADEL



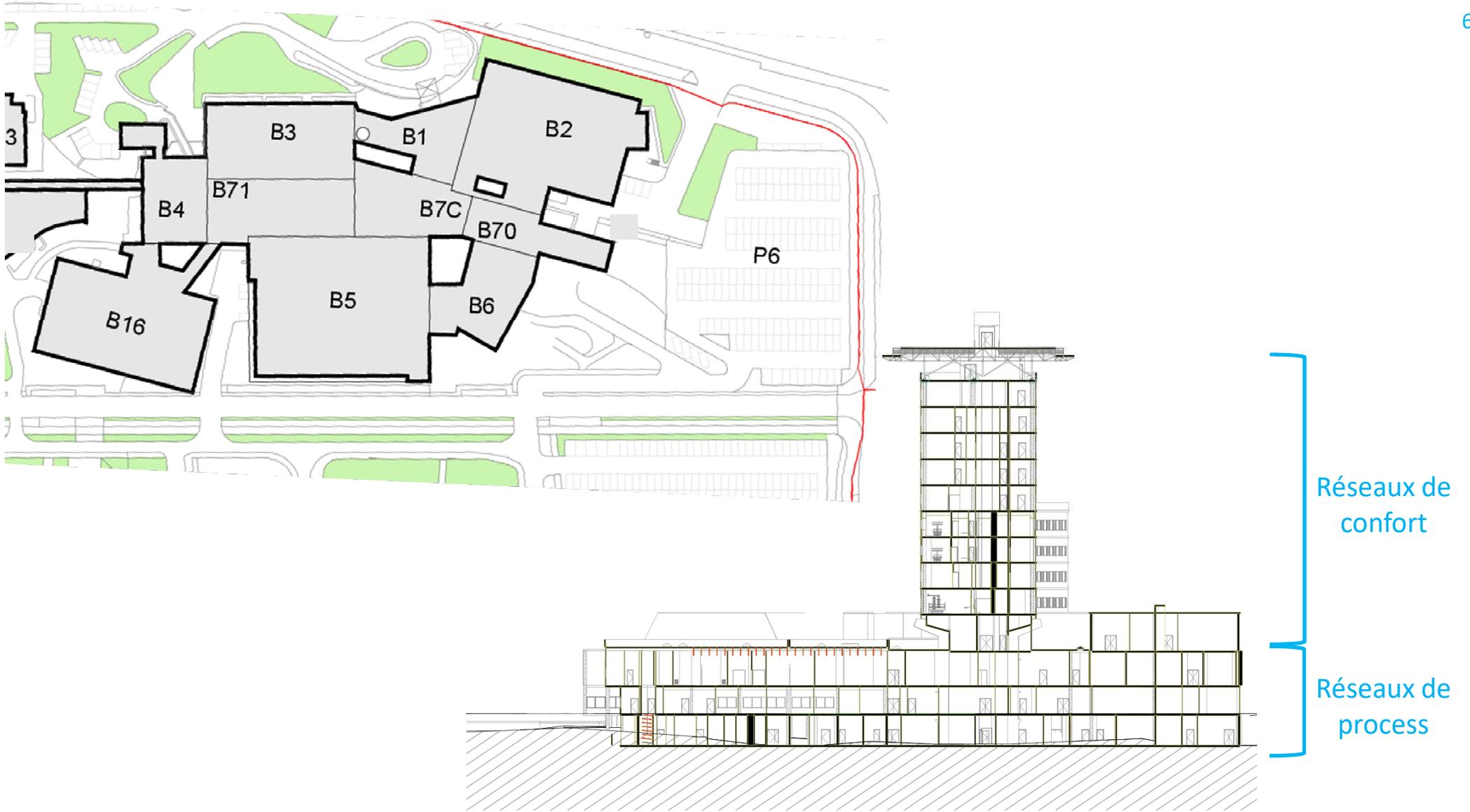
Construit en **1969** par Jacques Perrin-Fayolle, grand prix de Rome

- L'hôpital Louis Pradel réunit des services :
 - de cardiologie (adultes et enfants), de pneumologie, d'endocrinologie
 - de chirurgie cardiaque et vasculaire (adultes et enfants), de chirurgie thoracique

- Son plateau technique comporte :
 - un bloc opératoire (10 salles)
 - des salles de cardiologie interventionnelle
 - des services d'explorations fonctionnelles (imagerie, échographie, EE, EFR)
 - une consultation cardiologique d'urgence (CCU)

- 396 lits et places:
 - 195 lits de médecine
 - 72 lits de chirurgie
 - 74 lits de réanimation - SI - SC
 - 55 places d'hôpital de jour (dont SSR)

- IGH type U



ORIGINE DU PROJET

2011 - Vaste opération de mise en sécurité désamiantage et restructuration des locaux des étages hauts :

- Amélioration de la sécurité incendie
- Désamiantage
- Restructuration des unités de soins
 - Amélioration de la prise en charge
 - Amélioration des conditions de travail



Et notamment le confort thermique des occupants en période estivale avec l'ajout d'un système de rafraîchissement d'air

- Remise à niveau des installations techniques



Et notamment les productions de froid

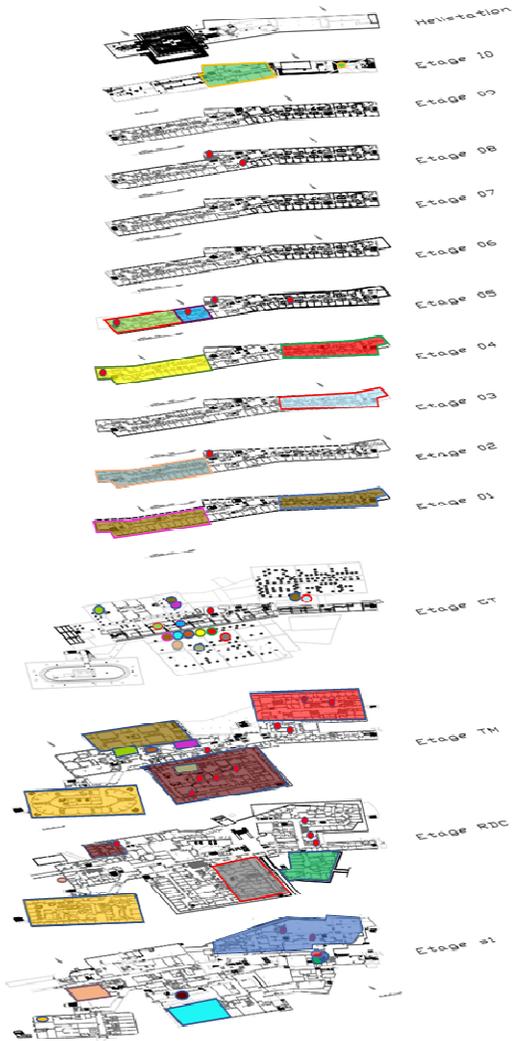


**SCHEMA
DIRECTEUR
FROID**

2014

2019

2022



Plateau médicaux-technique	Consultations
241 Wf/m2	80 Wf/m2

3MWf installés:
22 groupes froids
30 splits systems

Déploiement selon l'approche projet

LE CHOIX DU STOCKAGE DE GLACE

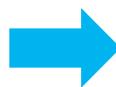
1. 2014-2015 : SCHÉMA DIRECTEUR FROID ET PROGRAMME
2. 2016-2018 : LA MISSION TPF1
3. 2020-2022 : LA MISSION FAURE QE1

SCHÉMA DIRECTEUR ET PROGRAMME

2014 - 2015

Choix d'une production centralisée pour :

- Un nombre réduit d'installations
- Moindre impact de la redondance
- Faciliter les opérations de maintenance
- Disposer d'utilités adaptables à l'évolutivité des espaces

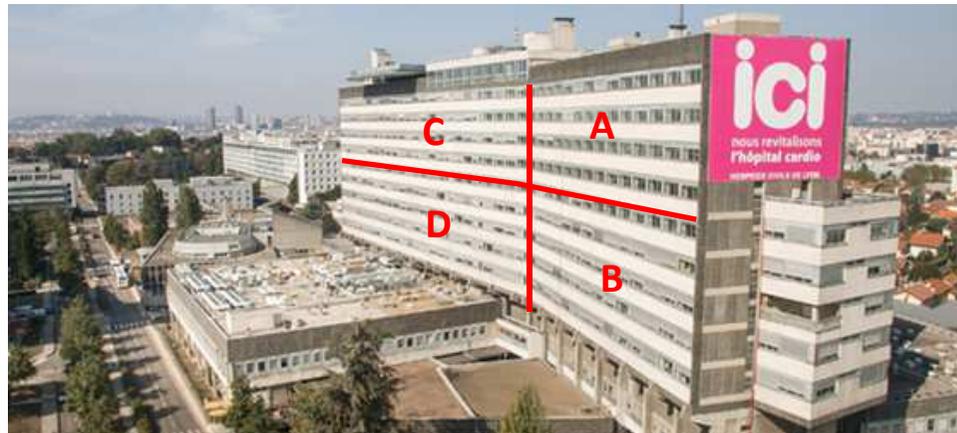


Plateforme de 4 groupes froid d'une puissance globale de 4.8MWf:

- dont 2 MWf pour la base « process » du bâtiment
- dont 1.5 MWf pour les 10 niveaux d'unités d'hébergements
- dont une capacité d'évoluer à hauteur de 20% des besoins estimés soit: 0,7 MWf
- dont une redondance minimale de 0,6 MWf

SCHÉMA DIRECTEUR ET PROGRAMME

UNE MONTÉE EN CHARGE PROGRESSIVE LIÉE A L'ORDONNANCEMENT DE L'OPÉRATION DE TRAVAUX



PHASAGE VERTICAL DES TRAVAUX

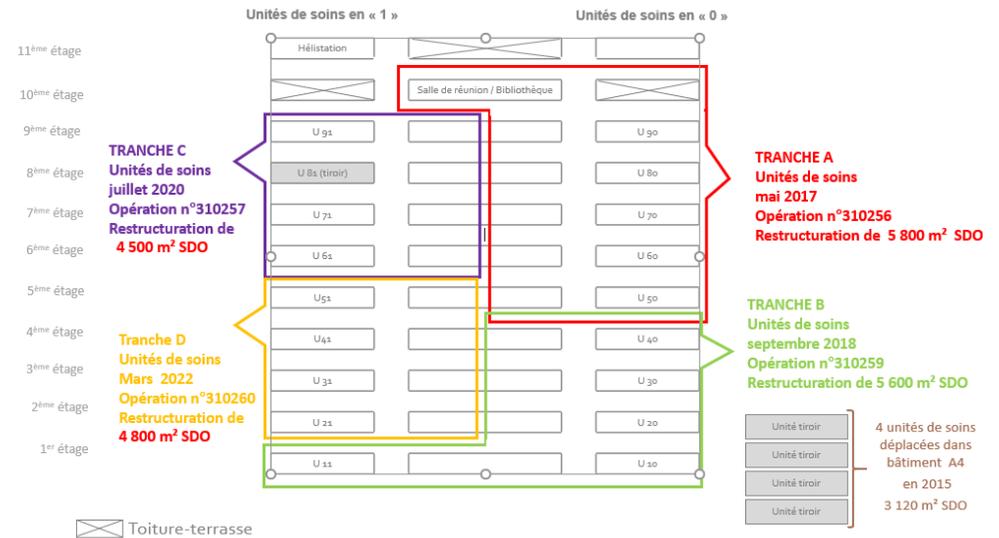
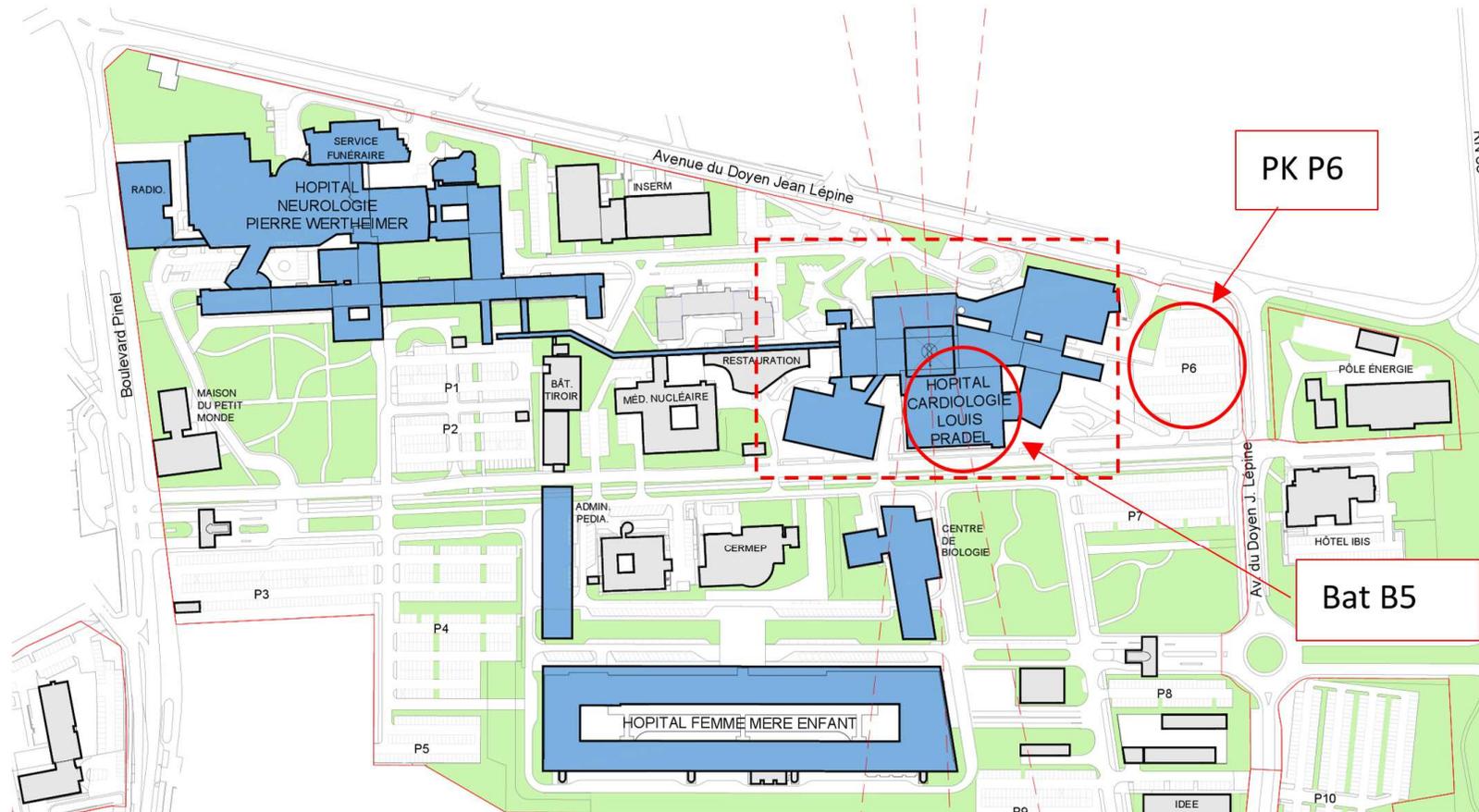


SCHÉMA DIRECTEUR ET PROGRAMME

LA LOCALISATION RETENUE POUR LA CENTRALE DE PRODUCTION DE FROID



MISSION TPF

2016 - 2018

● Facteur limitant :

- Puissance disponible au niveau du TGBT du bâtiment (puissance maximale: 2 x 1250 kVA)

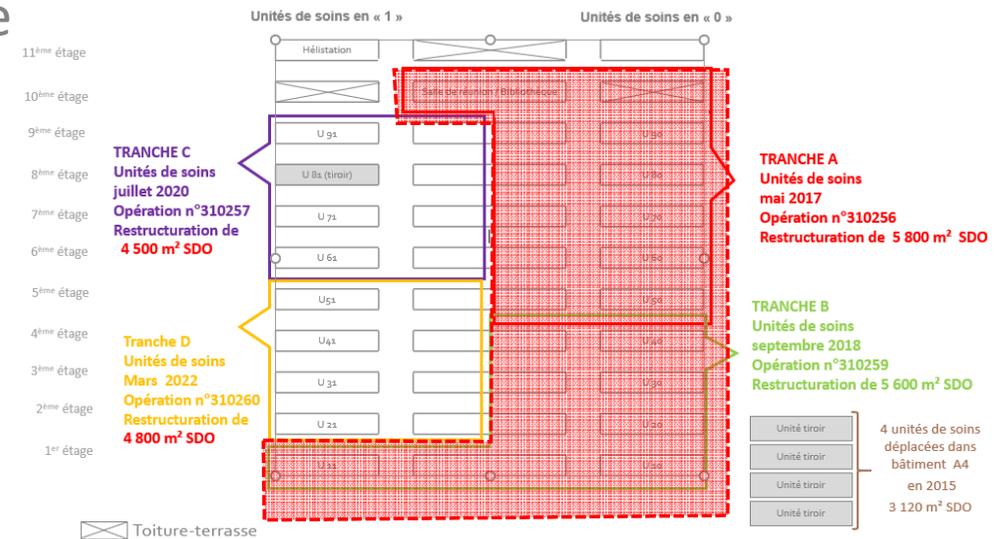
● Le bilan de puissance :

- une phase d'exploitation à charge réduite pendant laquelle seuls 2 des groupes seraient en fonctionnement normal pour un total de 2.4MWf installés

↔ 1.8MWf + 0.6MWf de redondance (soit un demi groupe-froid)

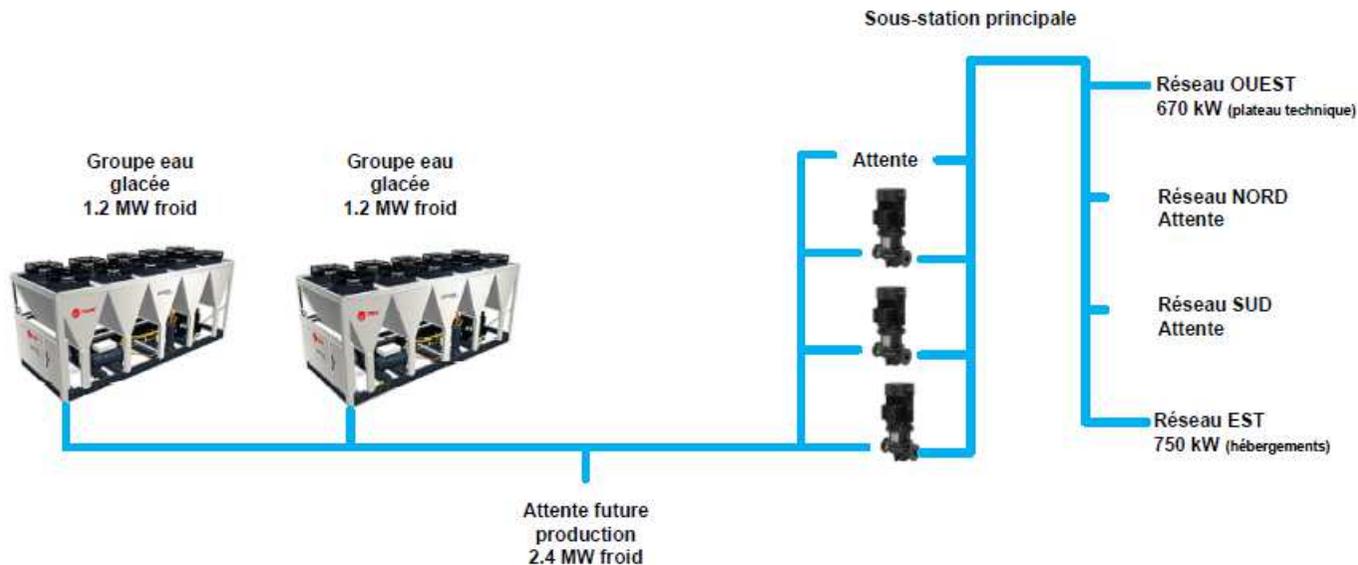
↔ représente 1000 kVA

PHASAGE VERTICAL DES TRAVAUX



MISSION TPFI

2016 - 2018



ZOOM TRAVAUX

TRAVAUX 2017 : 950 000 € TDC

- Création de la sous station centralisée du bâtiment (niveau GT du bâtiment)
- Création du réseau de distribution Ø250 mm pour amener l'eau glacée de ces deux futurs groupes froid vers la sous-station centralisée
- Un groupe de production d'eau glacée à condensation à air de marque TRANE (FLUIDE R134a) d'une puissance de 1.2 MWf.
- Mise en place de la charpente pour recevoir le 2^{ème} groupe de froid

=> Correspond à la mise en service de la tranche 1 du projet de restructuration de l'Hôpital HLP

TRAVAUX 2018 : 502 000€ TDC

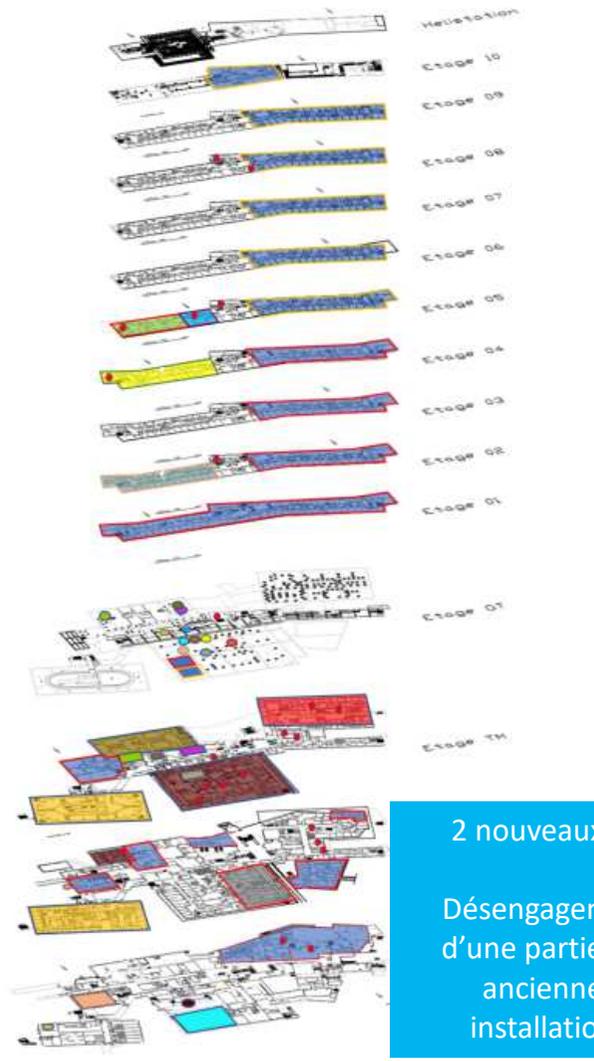
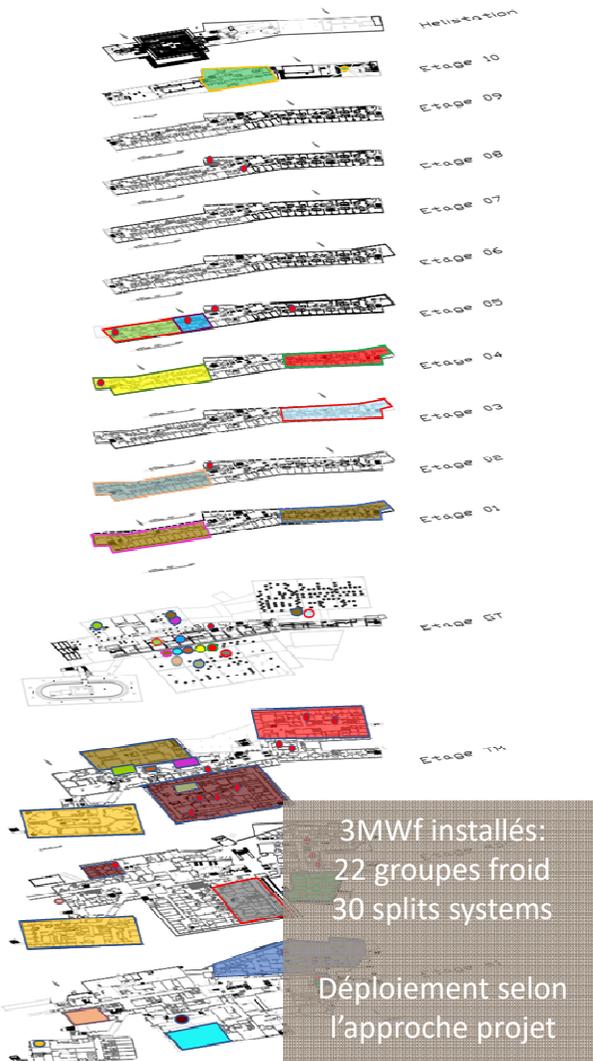
2ème groupe de production d'eau glacée à condensation à air marque TRANE (FLUIDE R134a) d'une puissance de 1.2 MWf.

- Raccordement à la sous-station centralisée en supprimant la sous-station B2.

=> Correspond à la mise en service de la tranche 2 du projet de restructuration de l'Hôpital HLP

2014

2019



MISSION FAURE QEI

2020 - 2022

Scénario 1 : 4 GROUPES FROID

Les groupes devront fonctionner simultanément à la période la plus chaude de l'année pour produire 4.8MWf, ce qui représente potentiellement en puissance électrique 2000kVA.

⇒ Nécessité de créer un TGBT dédié à la production d'eau glacée.

Scénario 2 : 3 GROUPES FROID et UN STOCKAGE DE GLACE

Ce deuxième scénario représente une puissance électrique potentielle de 1500kVA.

⇒ Dans ces conditions, le raccordement des groupes répartis sur les deux demi TGBT existants devient possible sans modification complémentaire.

⇒ Réserve électrique estimée à: 100 kVA

MISSION FAURE QEI

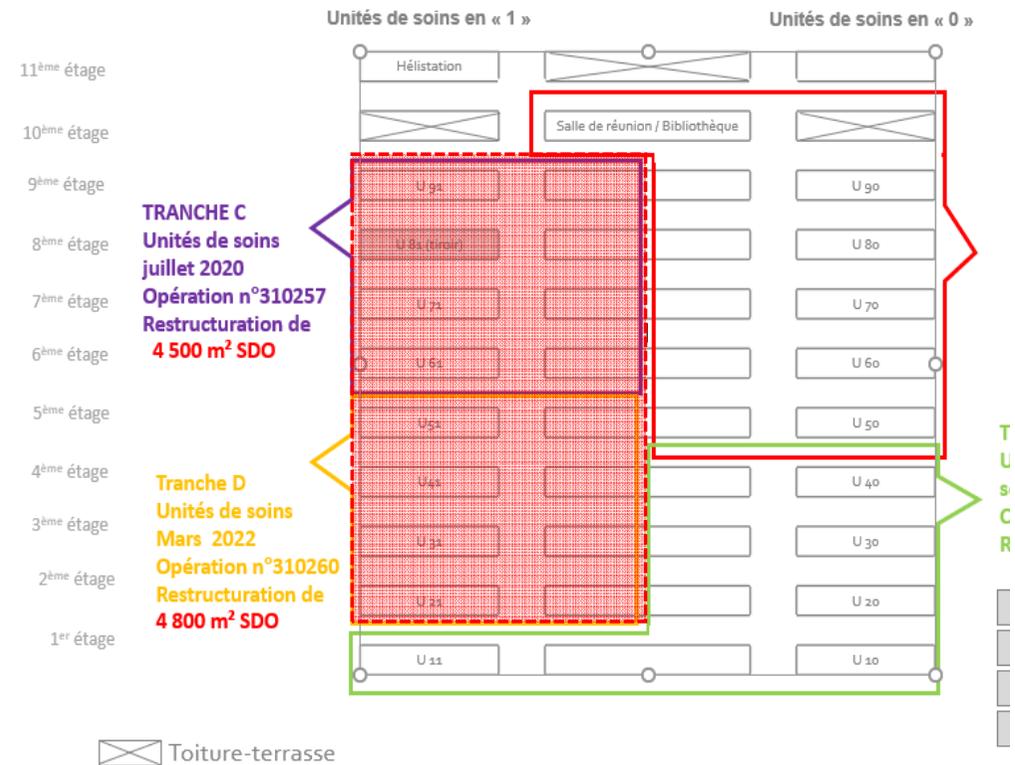
2020 2022

SCENARIO 2 RETENU PAR LES HCL: 3 GROUPES FROID et UN STOCKAGE DE GLACE

TRAVAUX 2022 : 1 800 000 € TDC

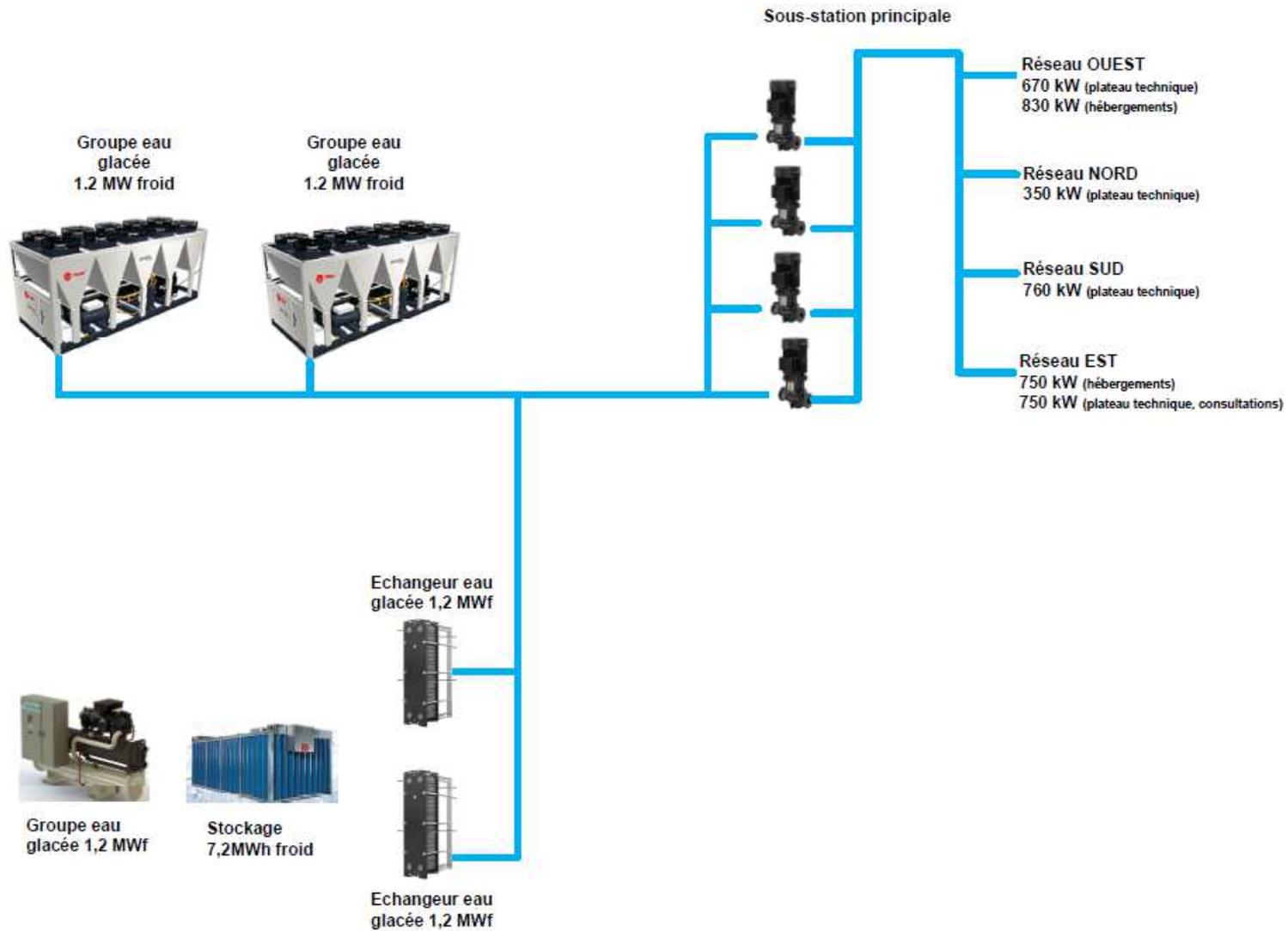
=> Correspond à la mise en service de la tranche 2 du projet de restructuration de l'Hôpital HLP

PHASAGE VERTICAL DES TRAVAUX



MISSION FAURE QEI

2020 2022



2020 2022

Puissance KW froid

— puissance théorique — puissance avec foisonnement 0,7 — puissance installée avec Max sur 6h — puissance installée totale

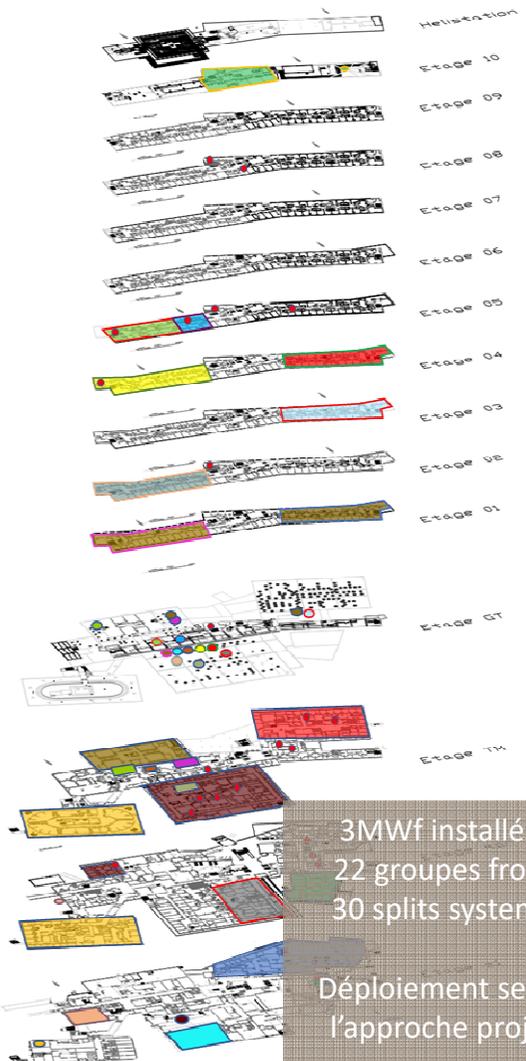


Aout 22

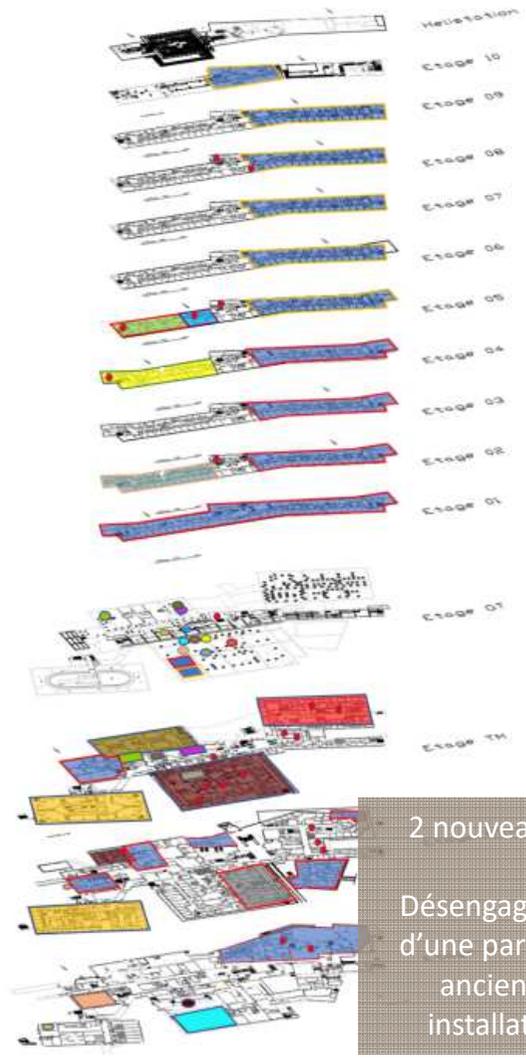
2014

2019

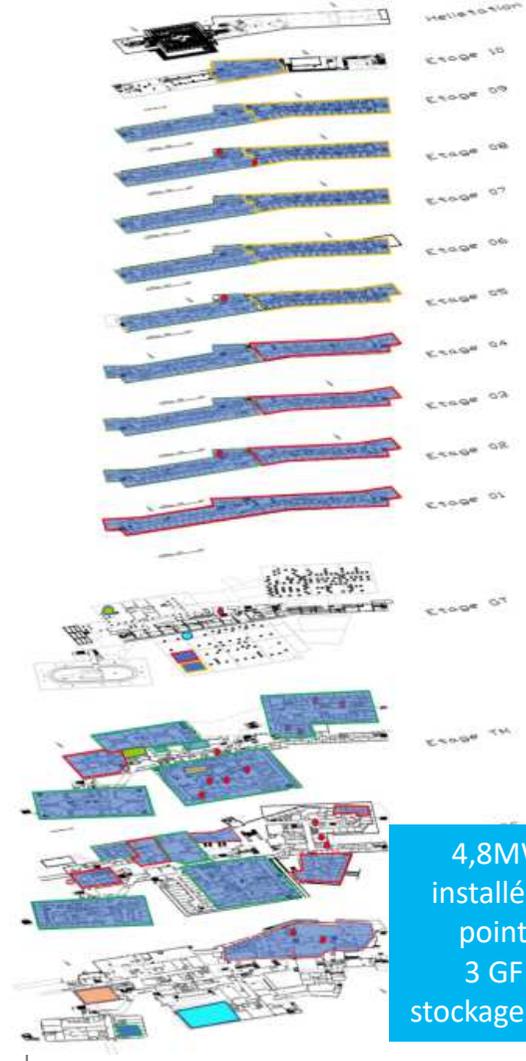
2022



3MWf installés:
 22 groupes froid
 30 splits systems
 Déploiement selon
 l'approche projet



2 nouveaux GF
 Désengagement
 d'une partie des
 anciennes
 installations



4,8MWf
 installés en
 pointe:
 3 GF +
 stockage glace

L'INSTALLATION DE STOCKAGE DE GLACE

SOUS-STATION PRODUCTION DE GLACE



LE STOCKAGE DE GLACE

LES CHIFFRES

Le stockage :

Données techniques pour un (1) ICEBAT UW 180/8/29 HP		
Capacité totale	kWh	7 426
Capacité latente	kWh	7 029
Capacité sensible @ 5°C	kWh	397
Température Max. de service	°C	40
Pression Max. de service	bar	3
Volume total d'eau	litres	106 750
Volume d'eau/glace	litres	75 560
Volume d'eau glycolée	litres	4 830
Poids vide	kg	9 740
Poids plein	kg	121 610
Surface au sol	m ²	66

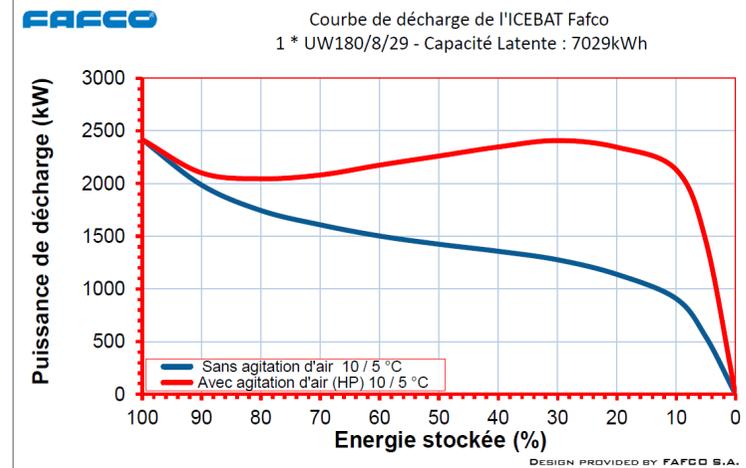
Le groupe de froid :

Mode négatif

Puissance frigorifique	874.1 kW
Puissance absorbée	281.0 kW
EER efficacité frigorifique	3.110 kW / kW
Entrée / sortie d'eau à l'évaporateur	-1.00 °C / -5.00 °C
Débit d'eau à l'évaporateur	57.30 l/s
Perte de charges à l'évaporateur	19.0 kPa
Fluide à l'évaporateur	Ethylene glycol 30%
Facteur d'encrassement à l'évaporateur	1.76E-05.000 m ² °C/W
Entrée / sortie d'eau côté condenseur	35.00 °C / 39.00 °C

Mode positif

1218 kW
371.6 kW
3.276 kW / kW
11.00 °C / 6.00 °C
63.60 l/s
23.0 kPa
Ethylene glycol 30%
1.76E-05.000 m ² °C/W
43.00 °C / 47.00 °C



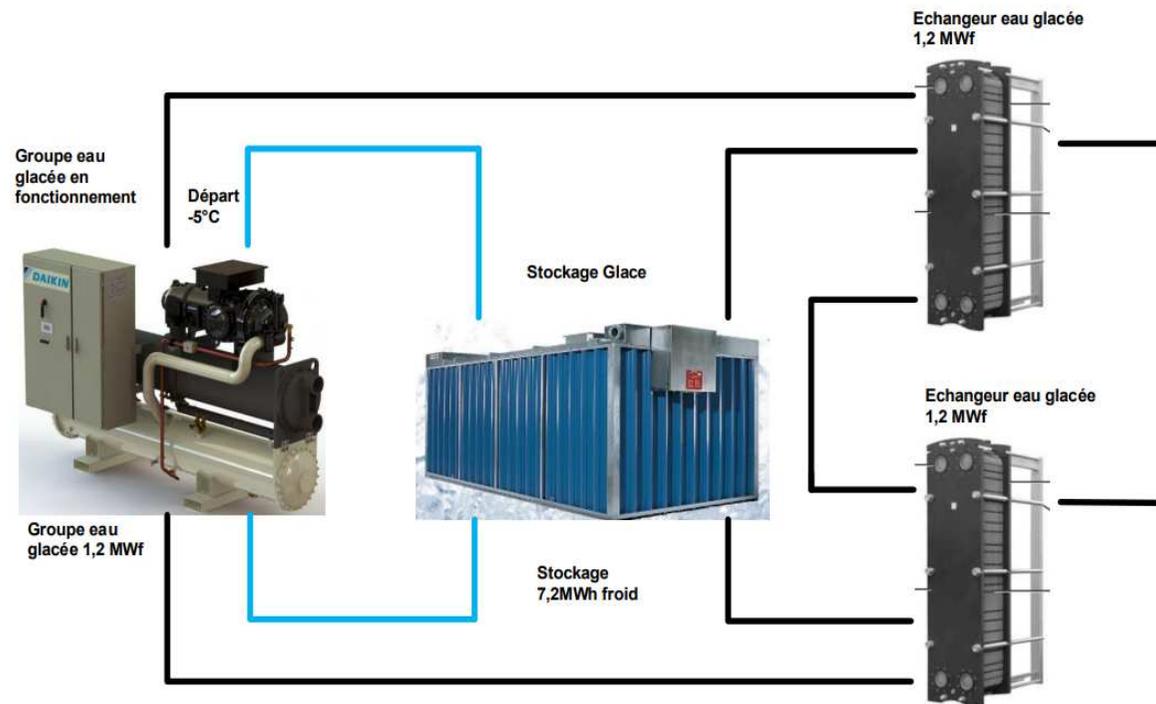
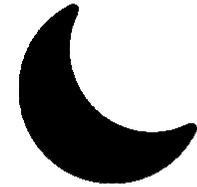
4 MODES DE FONCTIONNEMENT

L'AUTOMATE DE GESTION DE LA CASCADE PERMET 4 MODES DE FONCTIONNEMENT

- Mode « stockage de glace uniquement »
- Mode « décharge de glace uniquement »
- Mode « décharge de glace et fonctionnement GF »
- Mode « fonctionnement GF »

MODES DE FONCTIONNEMENT

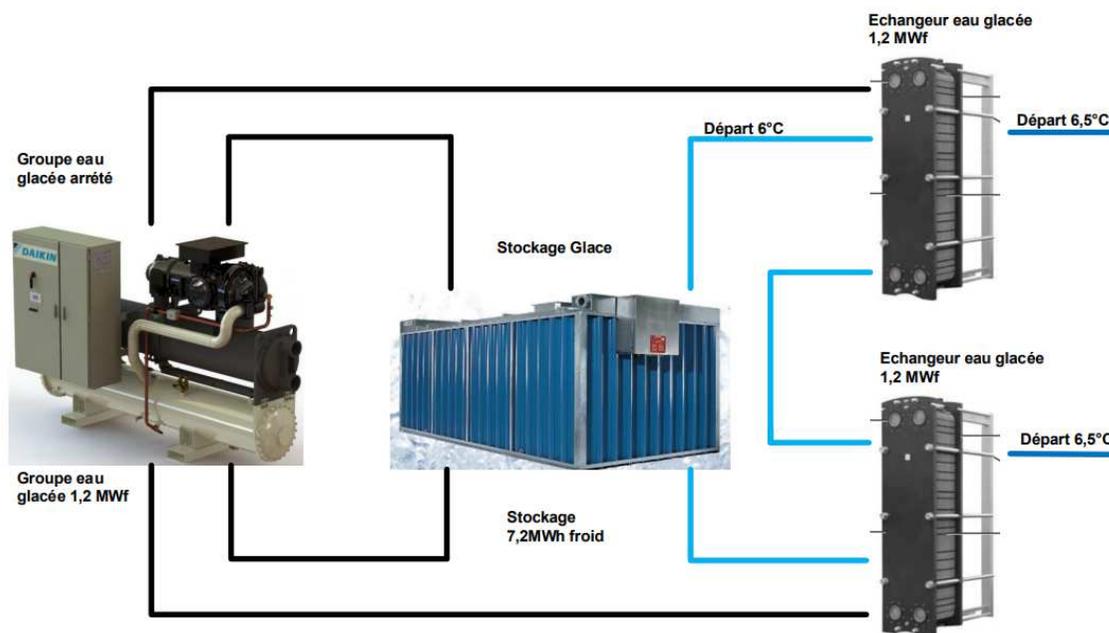
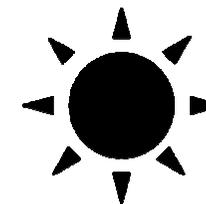
MODE « STOCKAGE DE GLACE UNIQUEMENT »



Permet la fabrication de la glace avec un fonctionnement du groupe froid en régime $-5^{\circ}\text{C}/1^{\circ}\text{C}$

MODES DE FONCTIONNEMENT

MODE « DECHARGE DE GLACE UNIQUEMENT »

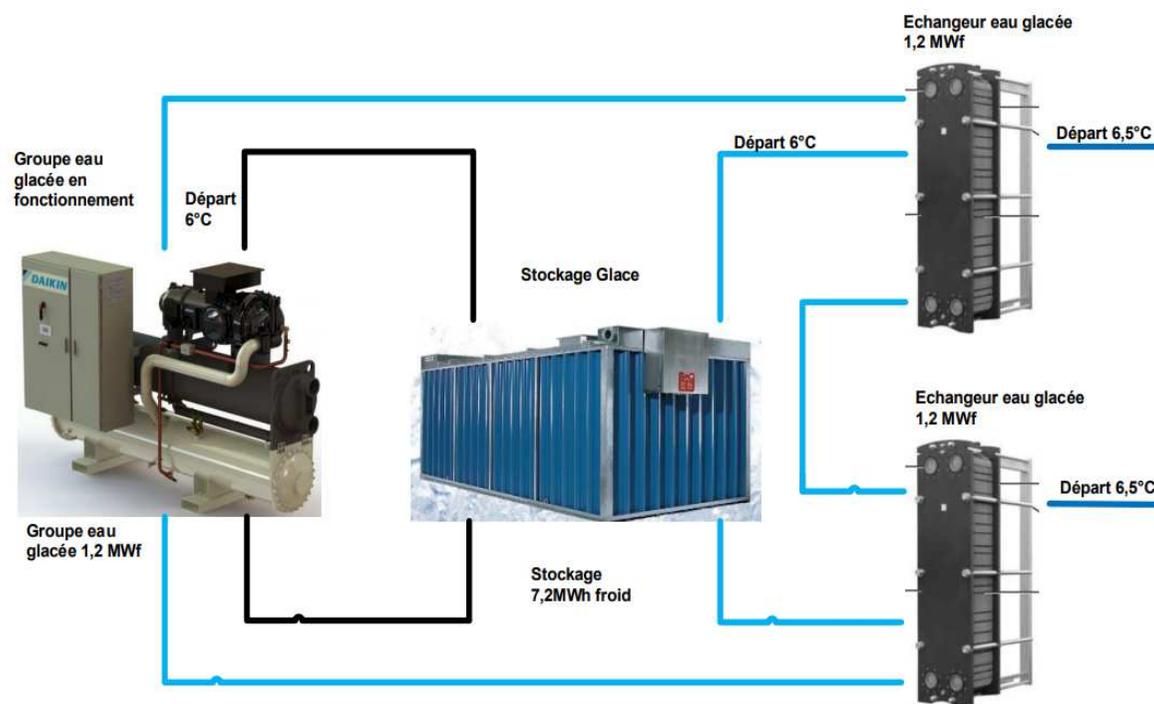
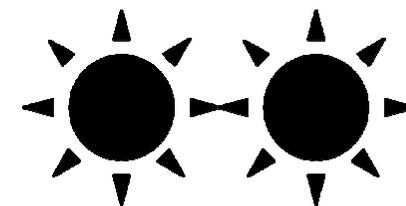


Permet de distribuer du froid uniquement à partir du bac de glace

MODES DE FONCTIONNEMENT

MODE « DECHARGE DE GLACE ET FONCTIONNEMENT GF »

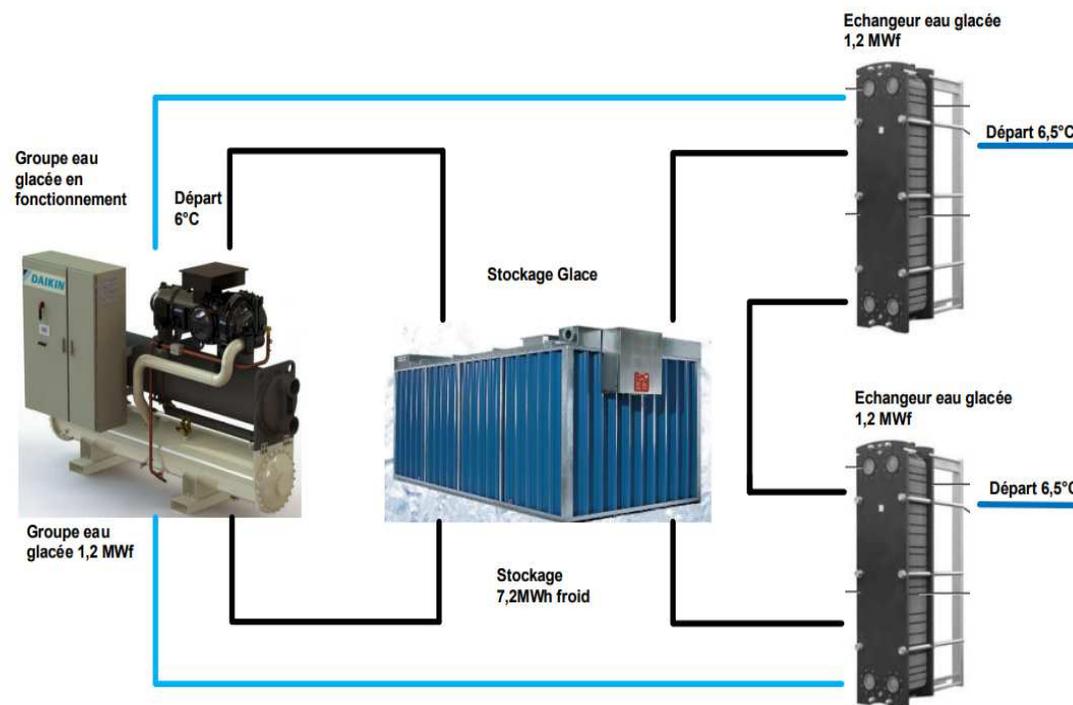
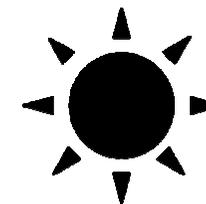
27



Permet de distribuer du froid à la fois depuis le bac à glace et depuis le groupe froid en régime 6°C/11°C.

MODES DE FONCTIONNEMENT

MODE « FONCTIONNEMENT GF »

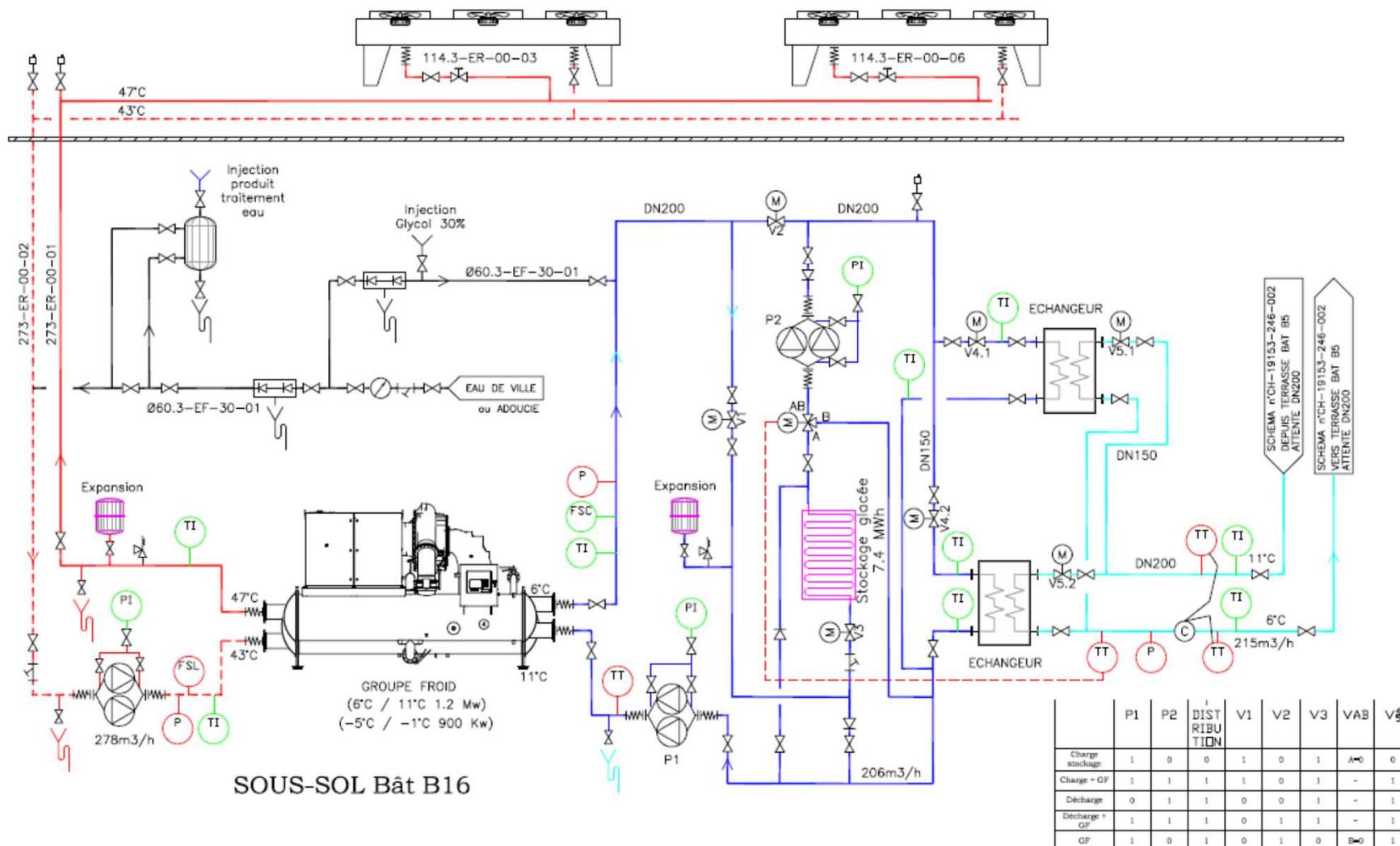


Permet de produire du froid uniquement avec le groupe en régime 6°C/11°C.

STOCKAGE FROID À L'HÔPITAL L. PRADEL

Puissance totale à évacuer 1620 KW

Le schéma



ZOOM SUR LE STOCKAGE DE GLACE

Principe du bac à glace :



Bac à glace équipé d'un ventilateur de bullage :
régulation et optimisation de la fusion



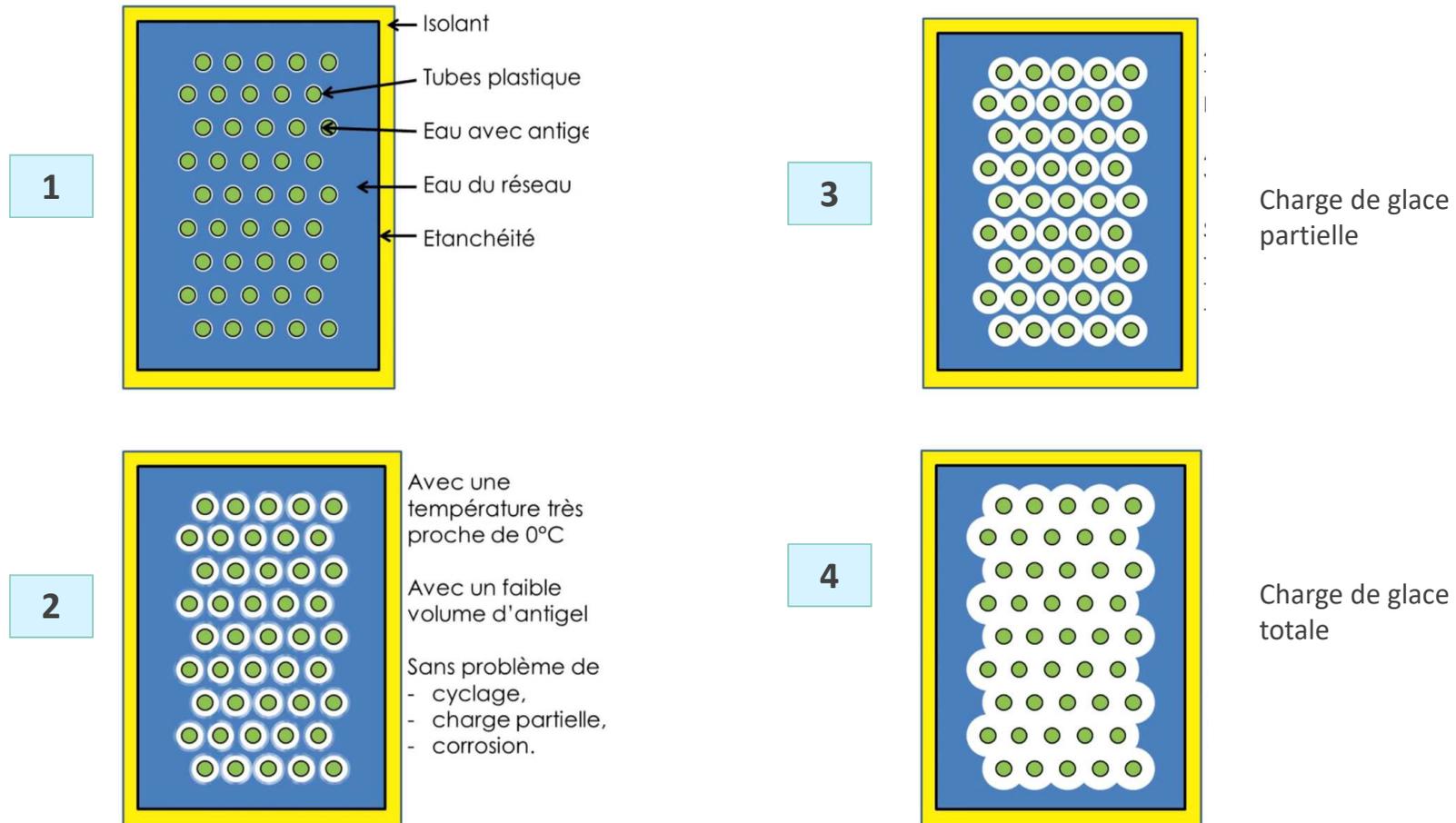
échangeur en PP
(plongé dans le bac à glace)

ZOOM SUR LE STOCKAGE DE GLACE

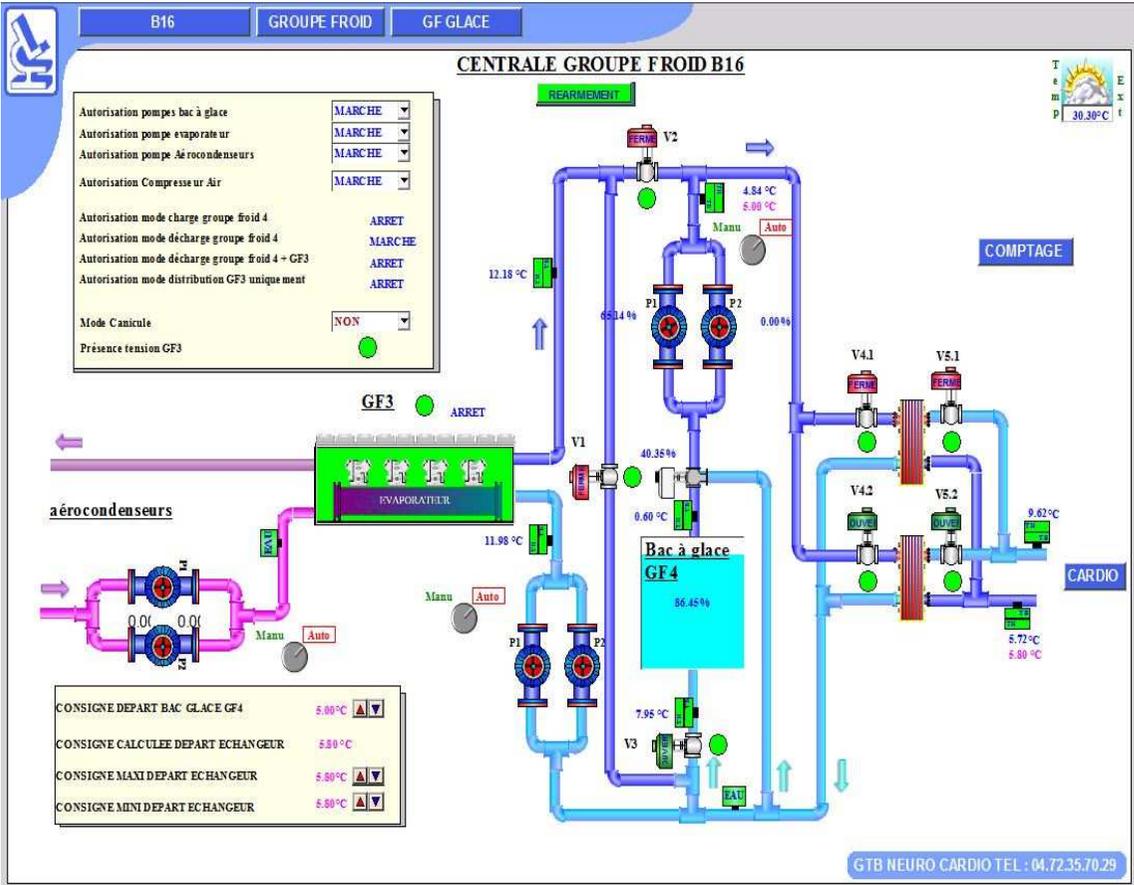


FONCTIONNEMENT STOCKAGE DE GLACE

PRODUCTION DE GLACE

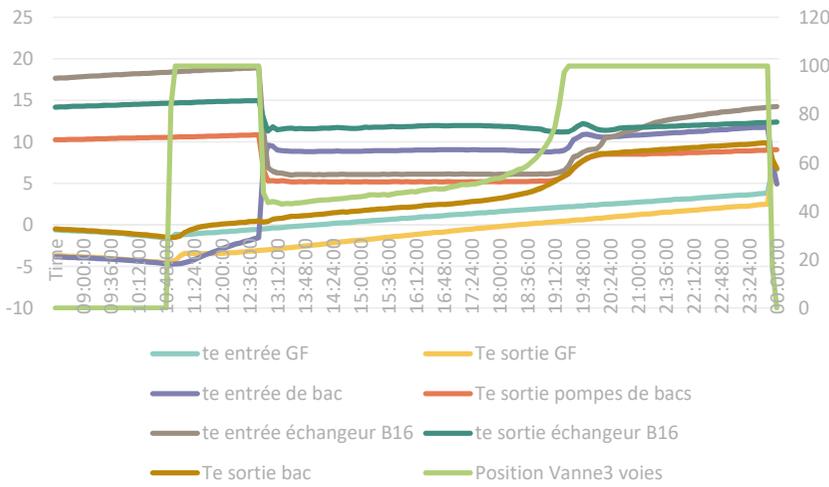


SUIVI DU FONCTIONNEMENT: LA GTC



- Environ 75 points de GTC (informations automatés)
- Historisation des données

Exemple de représentation des données stockées



RETOUR D'EXPÉRIENCE

LES PROBLEMATIQUES RENCONTREES

LA MISE EN SERVICE

Exemple de problématiques:

- Fuite sur réseau glycol dans le bac -> évacuation et retraitement des 106 m³ d'eau du bac, nouveau remplissage,
- Vibrations anormales sur réseau condenseurs -> renfort du supportage de la tuyauterie,
- Absence de pilotage centralisée des aérocondenseurs -> nécessité de retirer des liaisons de communication,
- Problématique d'huile au niveau de l'évaporateur lors du démarrage en mode négatif -> prescription de démarrer le GF 2h en amont en positif.

LES PROBLEMATIQUES RENCONTREES

LES RÉGLAGES

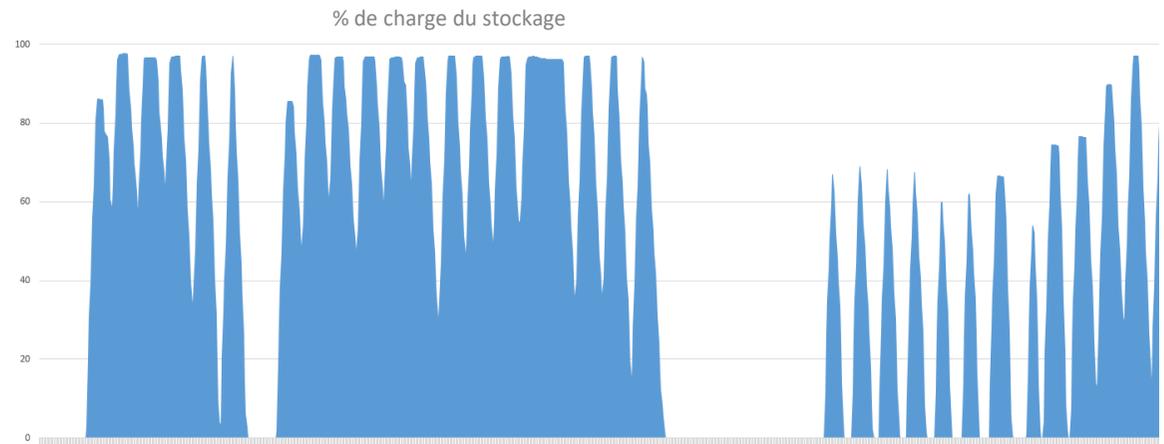
- Réglage des variateurs des pompes -> point de fonctionnement non paramétré-> gain du paramétrage: 10 MWh/an,
- Réglage de la température EG en régime négatif: -5°C ou -4°C, -> influence le rendement mais également le temps de charge de la bâche
- Réglage de la température de déclenchement du traçage antigél -> gain 8kWh pour chaque heure de fonctionnement non nécessaire



LES PROBLEMATIQUES RENCONTREES

LA LISIBILITÉ DE L'INSTALLATION

- Fonctionnement du groupe de froid la nuit,
- Horaires de fonctionnement variables: basés sur l'expérience de la veille,
- Durées de fonctionnement peuvent différer: le temps de charge peut différer,
- La remontée du comptage sur la GTC: à réaliser au plus tôt.



LES PERSPECTIVES

LES PERSPECTIVES

- Finaliser le commissionnement de la production
- Travail sur la distribution: apporter l'eau glacée au juste moment, au juste endroit et à la juste quantité
- Apporter ce retour d'expérience pour la seconde production à l'hôpital Neurologique

MERCI

www.chu-lyon.fr



HCL
HOSPICES CIVILS
DE LYON