

DT 6 Extrait du CCTP : chauffage, ventilation, climatisation, gestion technique centralisée

1 Caractéristiques des fluides à obtenir

Chauffage

Régime d'eau primaire : 45/40°C

Eau chaude constante (circuit batteries chaudes CTA, radiateurs)

- Température départ 45°C
- Température retour 40°C.

Eau chaude variable (circuit plancher chauffant)

- Température départ 32°C par -4°C extérieur
- Température retour 27°C.

Rafraîchissement

Régime d'eau primaire : 7/12°C

Eau glacée constante (circuit batteries froides CTA, ventilo-convecteurs)

- Température départ 7°C
- Température retour 12°C

Eau glacée variable (circuits plancher chauffant)

- Température départ 19°C par 28°C extérieur
- Température retour 24°C.

Ventilation

- renouvellement d'air (Cafétéria) : température de soufflage d'air 20°C
- traitement d'air (Salle de conférence) :
Température de soufflage d'air maximum chauffage : 30°C (DT 10°C)
Température de soufflage d'air minimum rafraîchissement : 16°C (DT 10°C)

Géothermie

- Rejet mini hiver : 0°C
- Rejet maxi été : 22°C
- DT 3°C

6 Hypothèses de calcul chauffage/rafraîchissement

6.1 Hypothèses Chauffage

La température extérieure minimale de base à prendre en compte pour le dimensionnement des installations de chauffage sera de - 4°C.

6.2 Hypothèses Rafraîchissement

Le rafraîchissement sera optimisé dans la limite de 26°C (RT2012) d'une part et d'autre part suivant les contraintes liées à la condensation dans le respect des prescriptions du CSTB.

7 Chauffage/rafraichissement principe

La production de chaleur et de froid pour le bâtiment sera assurée par deux pompes à chaleur eau/eau d'une puissance thermique unitaire de 181 kW en conditions standard EUROVENT (+7°C). La dissipation des calories et frigories sera assurée par un ensemble de sondes géothermiques. Un jeu de vannes d'isolement motorisées permettra un change-over entre deux modes de fonctionnement:

- HIVER: la production de chauffage sera simultanée avec la production d'eau glacée afin de répondre aux besoins en froid des locaux techniques et de la CTA. Le rejet des frigories excédentaires se fera sur les sondes géothermiques.
- ETE: la production d'eau glacée sera nécessaire et le rejet des calories se fera sur les sondes géothermie via un échangeur "chaud"

Les émissions en chaud et froid seront assurées par des planchers chauffants réversibles dans le bâtiment principal à l'exception de la salle de conférence, des locaux situés en sous-sol et des locaux climatisés. La salle de conférence et le restaurant seront chauffés en tout air neuf par des centrales de traitement d'air.

Agrégation interne « Sciences industrielles de l'ingénieur »		Session 2014
Epreuve de « Sciences industrielles de l'ingénieur »	Code : (...)	Page 22/37

8 Production par pompe à chaleur eau/eau (géothermie surfacique)

Les thermo-frigo-pompes ou pompes à chaleur (PAC) seront raccordées chacune sur deux boucles primaires, l'une reliée à l'évaporateur (boucle FROID) et l'autre reliée au condenseur (boucle CHAUD). Les boucles primaires seront constituées d'un ensemble de vannes de régulation et pompes desservant les échangeurs géothermiques et les collecteurs départ et retour permettant d'alimenter les boucles secondaires de chauffage et de refroidissement conformément au schéma de principe hydraulique fourni.

9 Boucles géothermie

Deux boucles assureront le transfert des calories et des frigories de l'installation à partir des boucles primaires FROID et CHAUD vers les sondes géothermiques.

10 Boucles secondaires plancher chauffant/rafraîchissant

Pour le plancher chauffant réversible, un système de collecteurs en local technique permettra d'isoler les fonctionnements des façades de façon à autoriser le chauffage et le rafraîchissement simultanés. Ce système sera composé de deux collecteurs : un collecteur façades froides et un collecteur façades chaudes. Chaque collecteur sera alimenté en eau chaude ou en eau glacée en fonction de la demande par l'intermédiaire d'une pompe et de vannes d'isolement motorisées pour le basculement en mode chaud ou froid.

11 Boucles secondaires à température constante

La régulation de température sur chacune des batteries chaudes ou froides sera réalisée par vanne trois voies motorisées au niveau des appareils.

12 Alimentation des sondes géothermiques

Depuis le local technique et jusqu'au regard de branchement extérieur, il sera prévu la fourniture et pose d'un réseau d'eau glycolée qui assurera le transfert des calories et des frigories de l'installation entre les pompes à chaleur et les sondes géothermiques.

13 Centrales de traitement d'air cafeteria et conférence

Pour la cafétéria et la salle de conférence, il sera prévu la mise place et le raccordement de deux centrales de traitement d'air (CTA 1 et CTA2) avec récupération de chaleur permettant l'extraction et le soufflage des débits d'air hygiénique et le chauffage et le rafraîchissement du local dans le cas de la salle de conférence.

14 Architecture du système de GTC généralités

Le système de gestion technique centralisée sera organisé autour d'un système de supervision connecté par l'intermédiaire d'un réseau haut débit, à différents réseaux de terrain via des routeurs. Ces réseaux de terrain sont raccordés sur des modules d'acquisition de données ou sur des modules de commandes.

15 Analyse fonctionnelle

Les équipements mis en service sur ces bâtiments seront supervisés conformément à l'analyse fonctionnelle définie ci-dessous.

- ⇒ Le fonctionnement est en tout air neuf avec caisson de mélange.
- ⇒ Mise en service de la centrale CTA selon deux modes :
 - par commande manuelle locale : mode auto/forcé (par interrupteur d'armoire),
 - par GTB.
- ⇒ Le maintien de la température de reprise constante par action progressive sur les vannes des batteries chaudes ou froides se fera par une régulation du type cascade, c'est-à-dire :

1ère courbe : Consigne de soufflage en fonction de la température de reprise :

- Consigne de soufflage à 20°C pour température de reprise à 20°C,
- Pente de la loi de cascade : 5 (une variation de température de reprise de 1°C crée une variation de consigne de soufflage de 5°C),
- Consigne de soufflage maximum : 30°C, minimum 15°C.

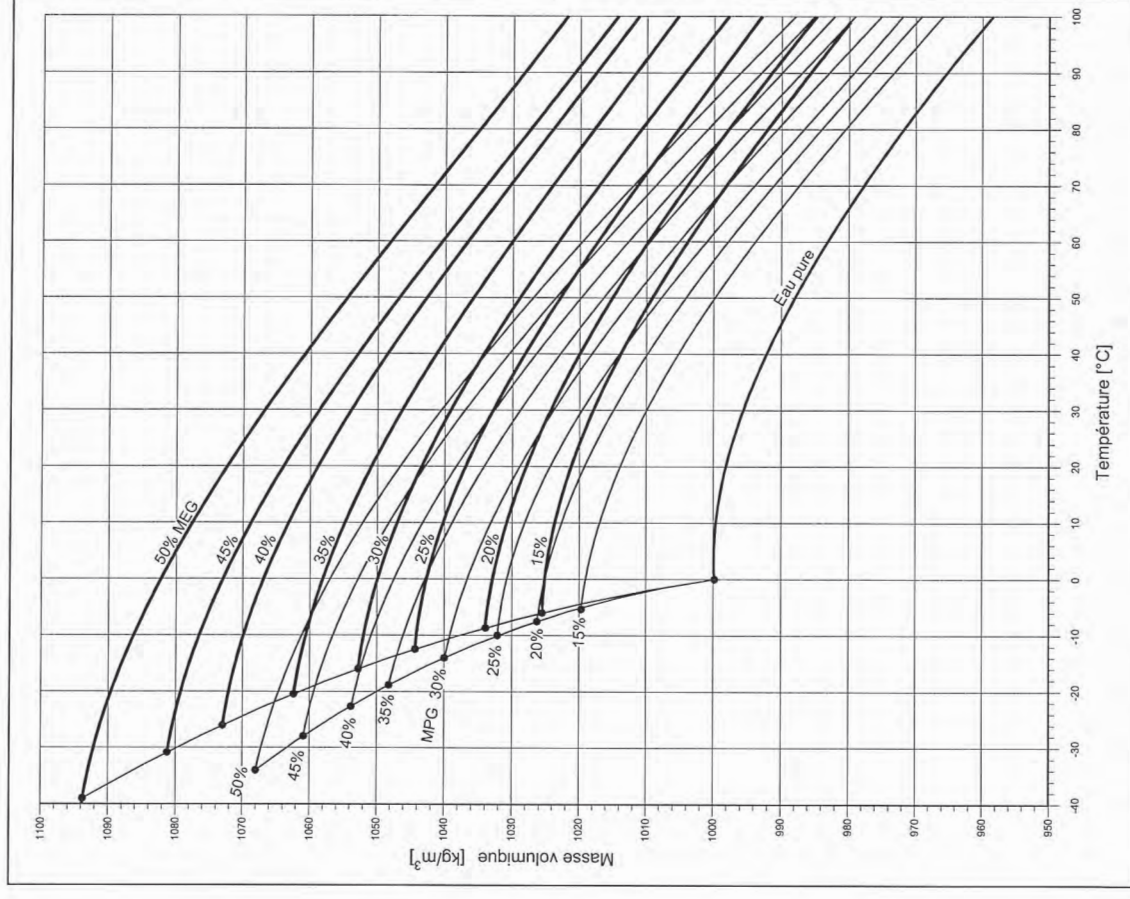
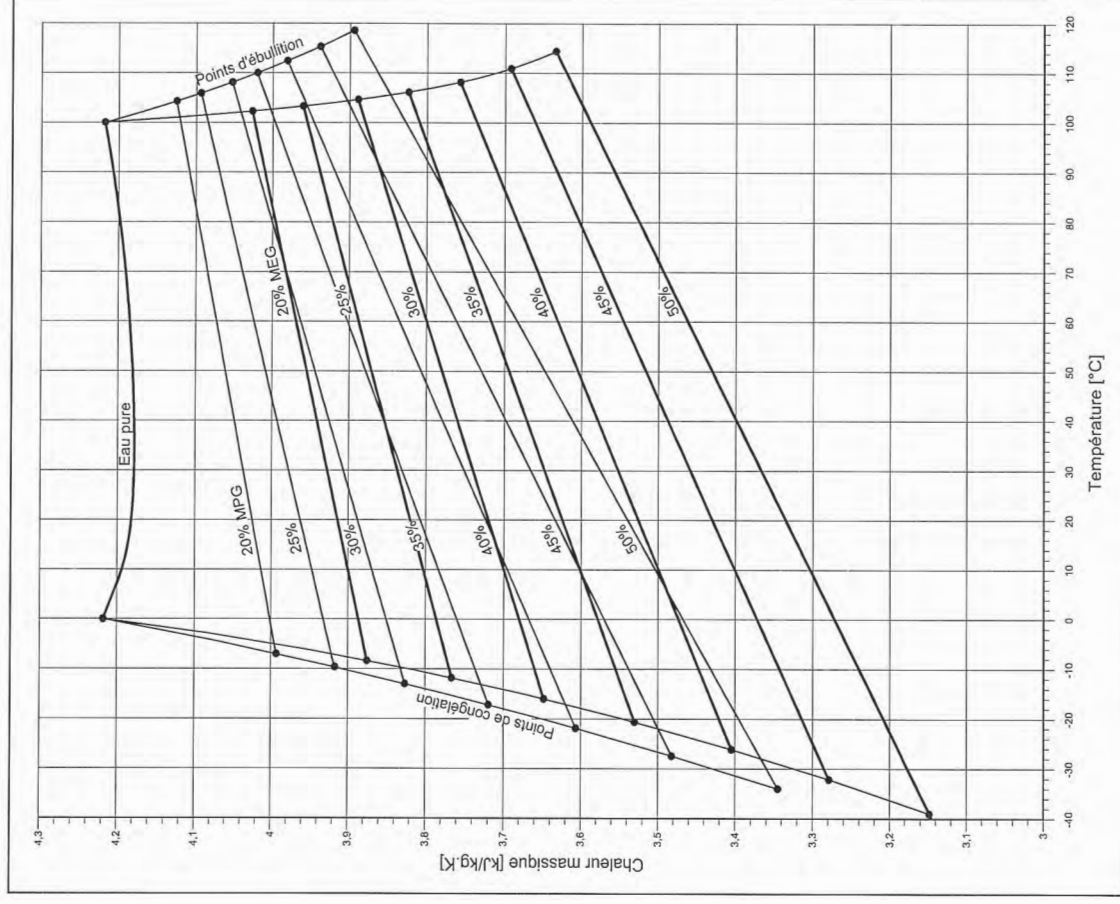
2ème courbe : Consigne de position des vannes en fonction de la température de soufflage :

- Zone neutre : 4°C, consigne centrée

Agrégation interne « Sciences industrielles de l'ingénieur »		Session 2014
Epreuve de « Sciences industrielles de l'ingénieur »	Code : (...)	Page 23/37

- Bande proportionnelle chaud : 10°C, bande proportionnelle froid : 10°C.
- ⇒ Maintien de l'hygrométrie constante en reprise avec limitation haute au soufflage par action progressive sur l'humidificateur vapeur. Signal à 0% à l'arrêt de la centrale.
- ⇒ Contrôle d'encrassement du pré filtre par pressostat différentiel.
- ⇒ Séquence de démarrage :
- Etape 1 : le démarrage de la ventilation, soufflage et reprise, sera temporisé de 120s par rapport à la mise en service de la CTA afin d'attendre l'ouverture du registre d'air neuf.
- Etape 2 : Contrôle de débit d'air soufflage par pressostat différentiel. Contrôle de débit d'air repris par pressostat différentiel. L'ensemble avec arrêt ventilation et alarme si débits non établis après temporisation de 10s.
- ⇒ Déclenchement du thermostat antigel sur alarme température batterie chaude :
- Arrêt ventilation,
 - Fermeture du registre d'air neuf,
 - Ouverture vanne batterie chaude
- ⇒ Arrêt de la centrale et alarme en cas de déclenchement du détecteur de fumée avec action sur les registres d'air neuf. L'action sur le registre d'isolement au soufflage est électromagnétique.
- ⇒ Le ventilateur de reprise sera asservi au ventilateur de soufflage et réciproquement. Ils fonctionnent en tout ou rien.
- ⇒ Retour d'état de chaque ventilateur (soufflage et reprise) par contrôle de l'état des contacteurs associés.
- ⇒ Retour d'état de chaque pompe (batterie chaude et batterie froide) par contrôle de l'état des contacteurs associés.

DT 7 Propriétés des fluides antigel

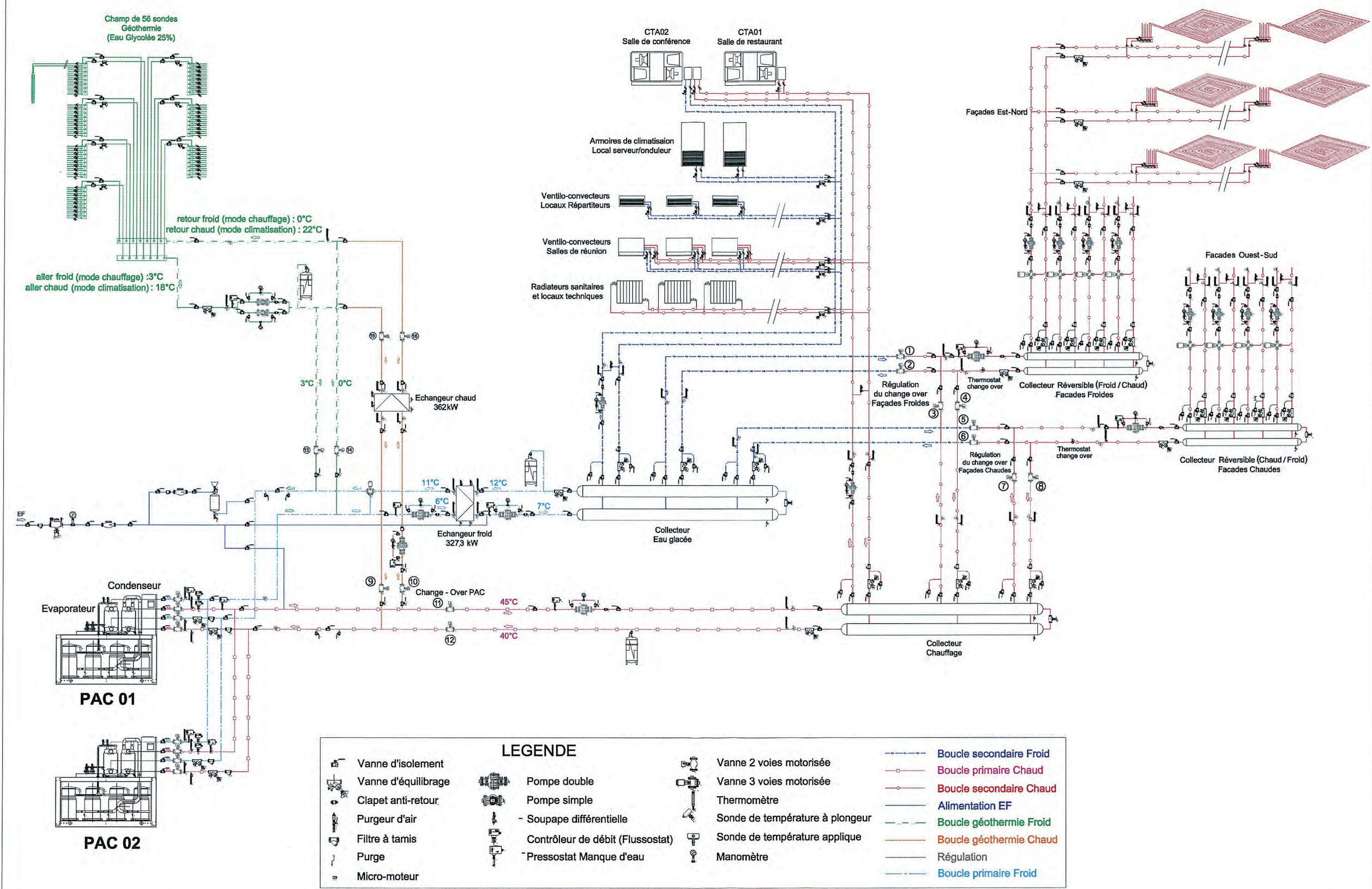


Propriétés de l'eau et des mélanges antigels

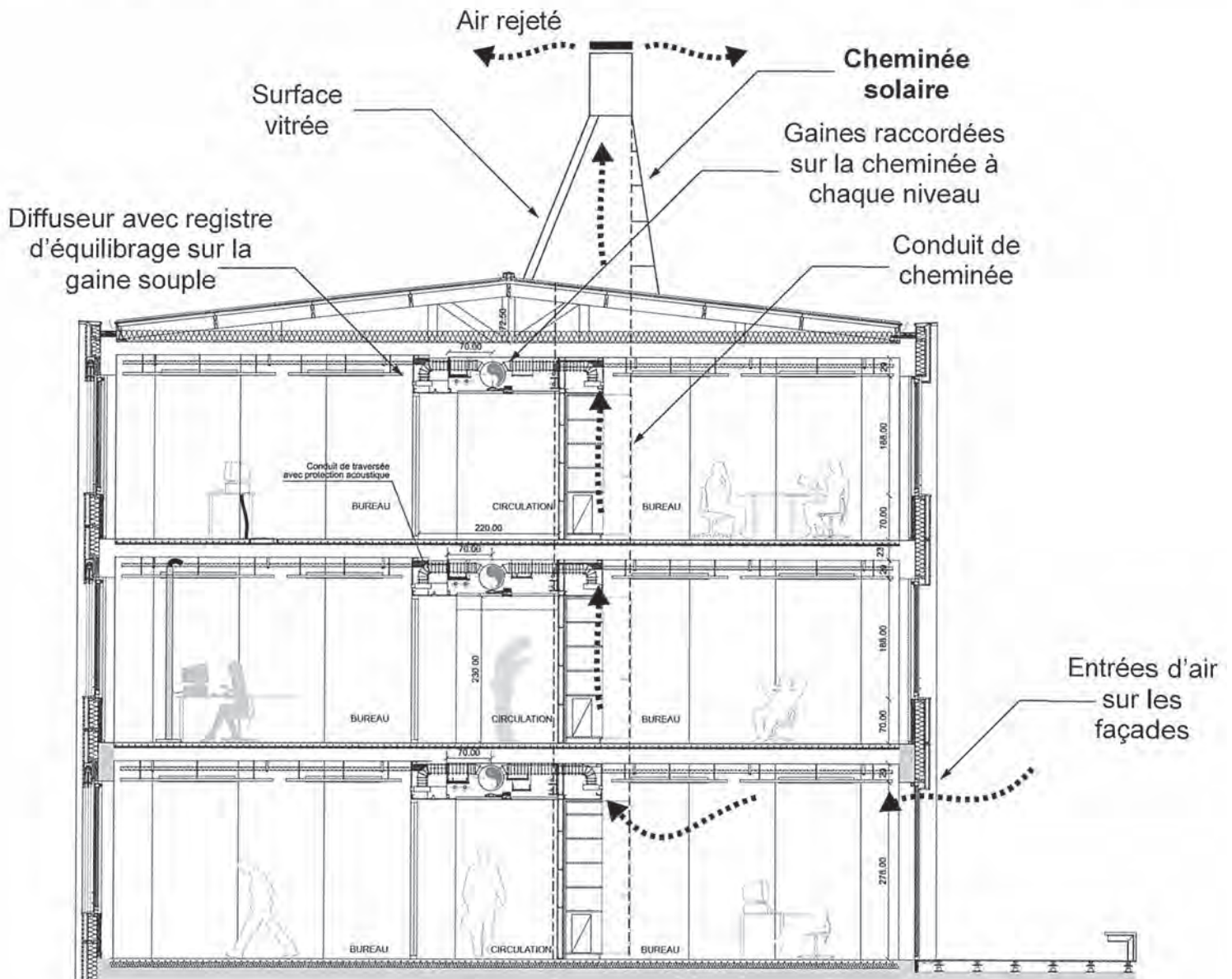
MEG : Monoéthylène-glycol

MPG : Monopropylène-glycol

SCHEMA DE PRINCIPE HYDRAULIQUE GEOTHERMIE HIVER



DT 9 Coupe transversale d'une aile du bâtiment montrant le principe de la ventilation par cheminée solaire



DT 10 Données concernant la structure et les actions mécaniques

On se limite ici à étudier les structures sollicitées par des actions mécaniques de deux types :

- Les actions permanentes liées à la gravité, notées (G)
- Les actions variables liées à l'utilisation des locaux, notées (Q)

On doit vérifier que la structure se comporte correctement selon différents scénarios, notamment :

- **L'état limite de service, nommé ELS** lors duquel l'aptitude au service de l'ouvrage est remise en cause, mais pas sa sécurité (pas de risque de ruine).
On contrôle la structure sous la combinaison (S_{ELS}) = (G) + (Q)
On contrôle l'ouverture des fissures dans le béton et la déformation des composants
- **L'état limite ultime nommé ELU** dont le dépassement peut conduire à la ruine structurelle.
On contrôle la structure sous la combinaison majorée (S_{ELU}) = 1,35 (G) + 1,5 (Q)
On contrôle les limites des résistances mécaniques (contraintes normales et de cisaillement provoquant une destruction irréversible de la matière)

Cahier des charges simplifié à l'état limite de service ELS pour les planchers

- Flèche maximale admissible : $f_{maxi} = \frac{\text{Portée du plancher}}{250}$
- Contraintes maximales admissibles dans les matériaux : $\begin{cases} \sigma_{\text{beton comprimé}} \leq 0,6f_{c28} \\ \sigma_{\text{acier passif tendu}} \leq Fe \end{cases}$

Charges permanentes supportées par le plancher :

- Poids propre du béton armé, précontraint et non armé (on néglige ici les aciers) : 2400 daN.m^{-3}
- Plancher chauffant + chape + revêtement de sol : 30 daN.m^{-2}
- Cloisons : 50 daN.m^{-2}

Charges variables supportées par le plancher :

- Charge d'exploitation du bureau « open space » : 350 daN.m^{-2}

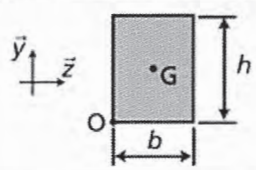
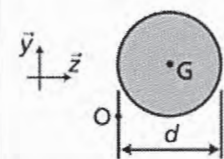
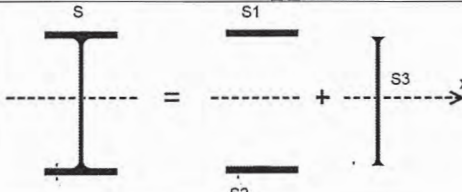
Caractéristiques des bétons selon la réglementation en vigueur (Eurocodes):

Le comportement du béton étant statistiquement variable, non linéaire et variable dans le temps, les données ci-dessous, exprimées en méga pascals sont à prendre en compte :

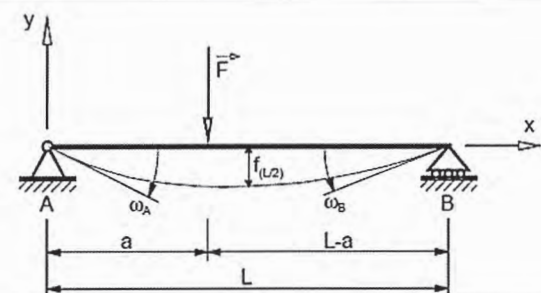
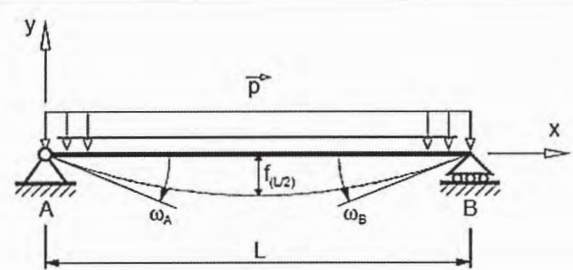
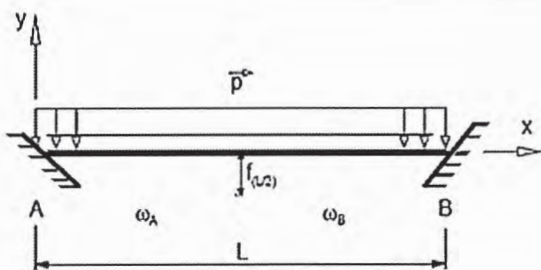
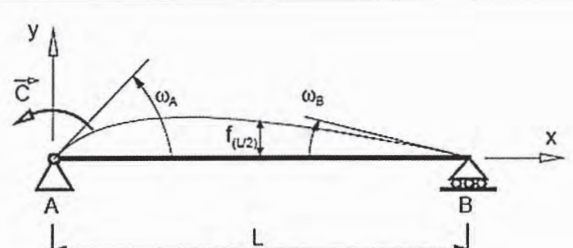
- Résistance « caractéristique » du béton à la compression à 28 jours :
 $f_{c_k} = f_{c_{28}} = 50 \text{ MPa}$
- Résistance moyenne à la compression du béton à 28 jours : $f_{c_m} = f_{c_k} + 8 \text{ MPa}$
- Résistance caractéristique du béton à la traction à 28 jours : $f_{t_{28}} = 0,6 + 0,06f_{c_{28}}$
- Module d'élasticité longitudinal du béton de structure $E_{\text{beton}} = 9500(f_{c_m})^{1/3}$ arrondi au Giga-Pascal près

DT 11 Abaques mécaniques

Caractéristiques géométriques des sections droites

Section droite		
Moment quadratique	$I_{gz} = \frac{b \cdot h^3}{12}$	$I_{gz} = \frac{\pi \cdot D^4}{64}$
Surface complexe S		$I_{profilé S} = I_{âmes} + 2 \times I_{semelles}$

Flèches des cas de charge courants

Schéma mécanique	Moment maximal	Flèche en $x = \frac{L}{2}$
	Non précisé	$f = \frac{F \cdot a}{48 \cdot E \cdot I_{gz}} \cdot (3L^2 - 4a^2)$
	$M_{fz,max} = \frac{p \cdot L^2}{8}$ en $x = \frac{L}{2}$	$f = \frac{5 \cdot p \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_{gz}}$
	$M_{fz,max} = \frac{p \cdot L}{2}$ en $x = \frac{L}{2}$	$f = \frac{p \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_{gz}}$
	Non précisé	$f = \frac{C \cdot L^2}{16 \cdot E \cdot I_{gz}}$

DT 12 Abaques mécaniques (suite)

Conventions liées au calcul de béton utilisées en ingénierie de la construction

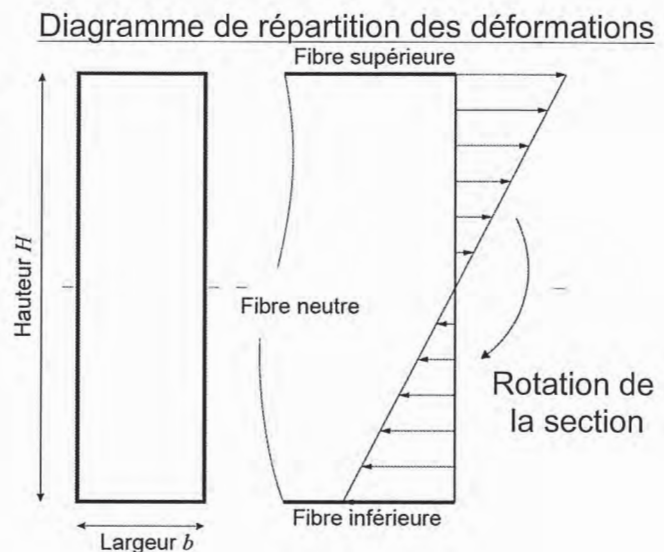
On adopte ici les conventions des ingénieurs de génie civil, à savoir :

- La résistance du béton tendu est souvent négligée car le béton fissure en zone tendue.
- Les contraintes de compression sont comptées positives, et celles de traction négatives.
- On suppose une adhérence parfaite entre l'acier et le béton, sans glissement

Représentation des phénomènes de déformation dans une section droite de poutre

Lors d'une sollicitation de flexion, les sections pivotent autour de la fibre nommée « fibre neutre ».

Une fibre de longueur L peut ainsi voir sa longueur varier de ΔL et on note $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$ la variation relative de longueur de la fibre.



Contrainte normale dans une section

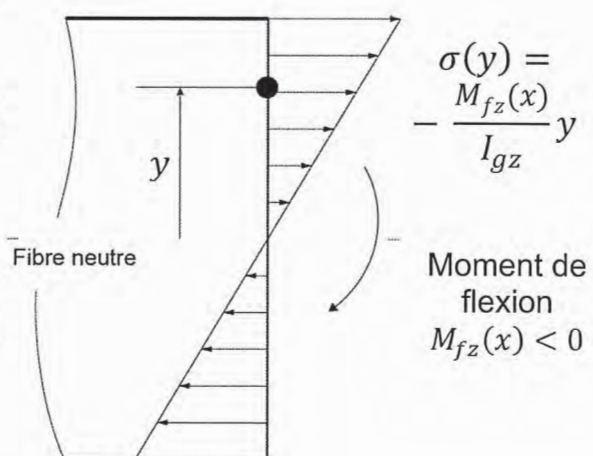
On appelle contrainte normale « σ » l'expression de la densité surfacique de force normale à une section de la matière, en un point.

Les déformations dans la section sont liées aux contraintes normales par la loi de Hooke : $\sigma = E\varepsilon$.

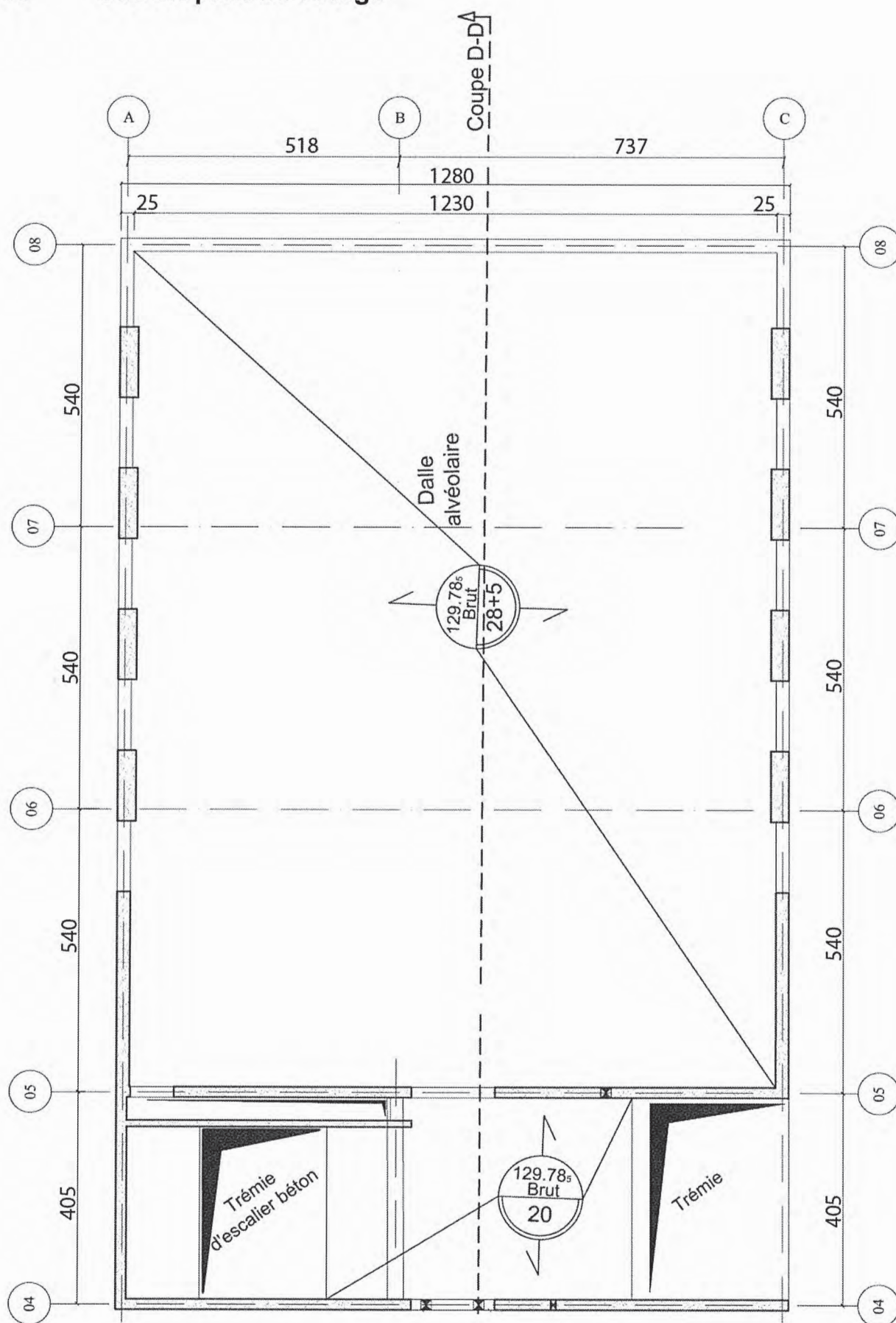
Dans une poutre homogène en flexion simple, il est possible de calculer la valeur des contraintes normales par la relation $\sigma(y) = -\frac{M_{fz}(x)}{I_{gz}} y$

y désigne l'altitude de la fibre considérée par rapport à la fibre neutre.

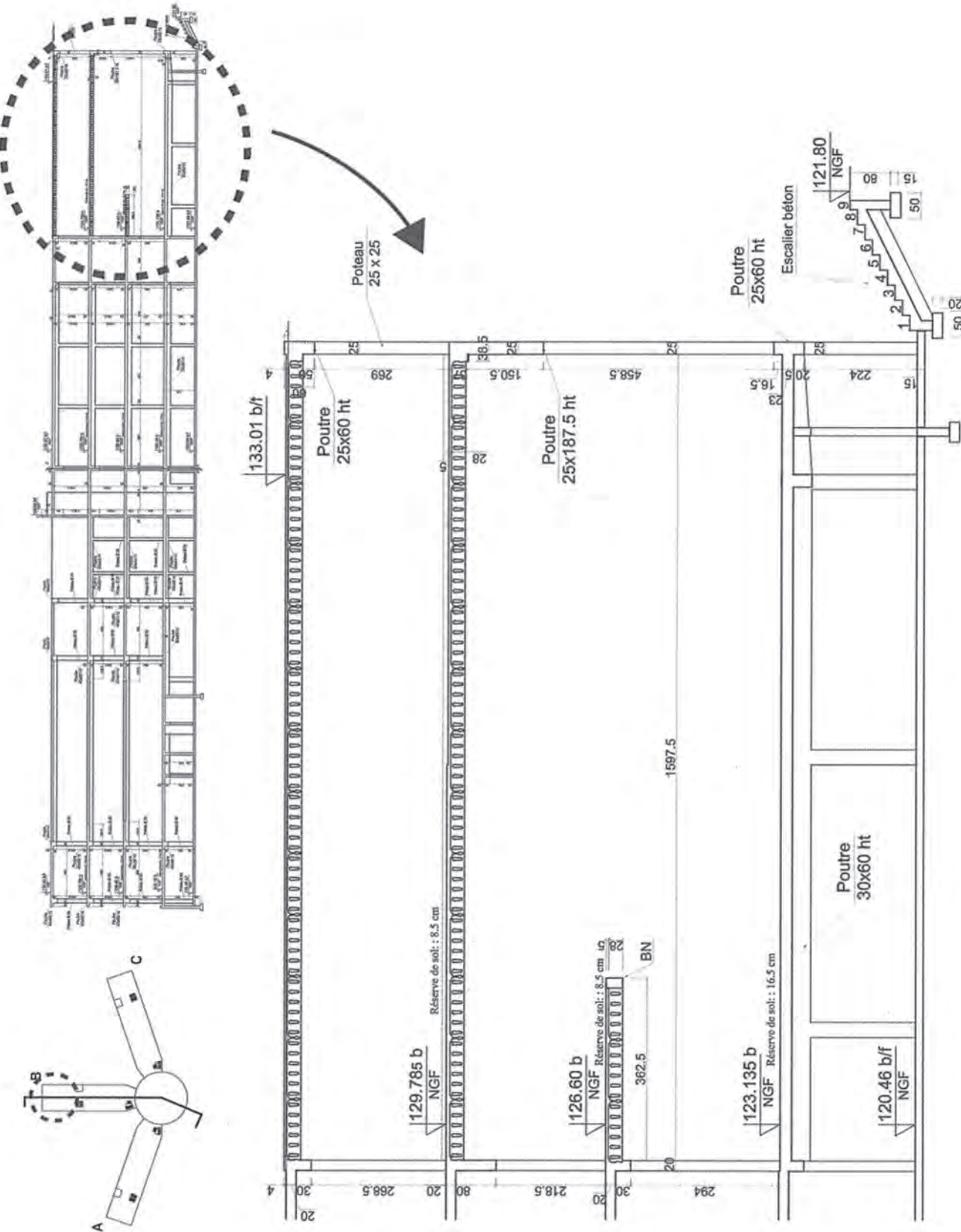
Calcul d'une contrainte normale dans une section homogène d'abscisse x



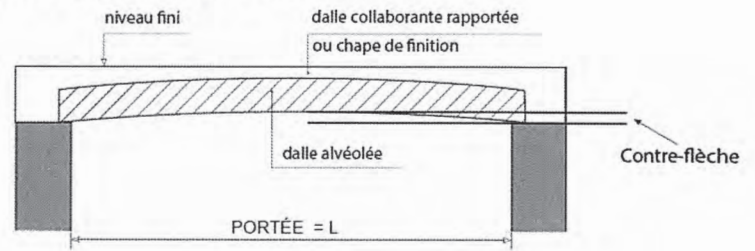
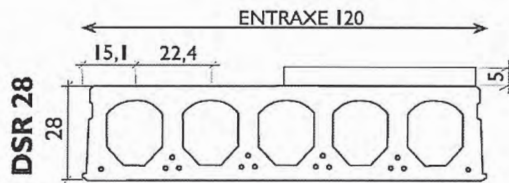
DT 13 Vue en plan de l'étage



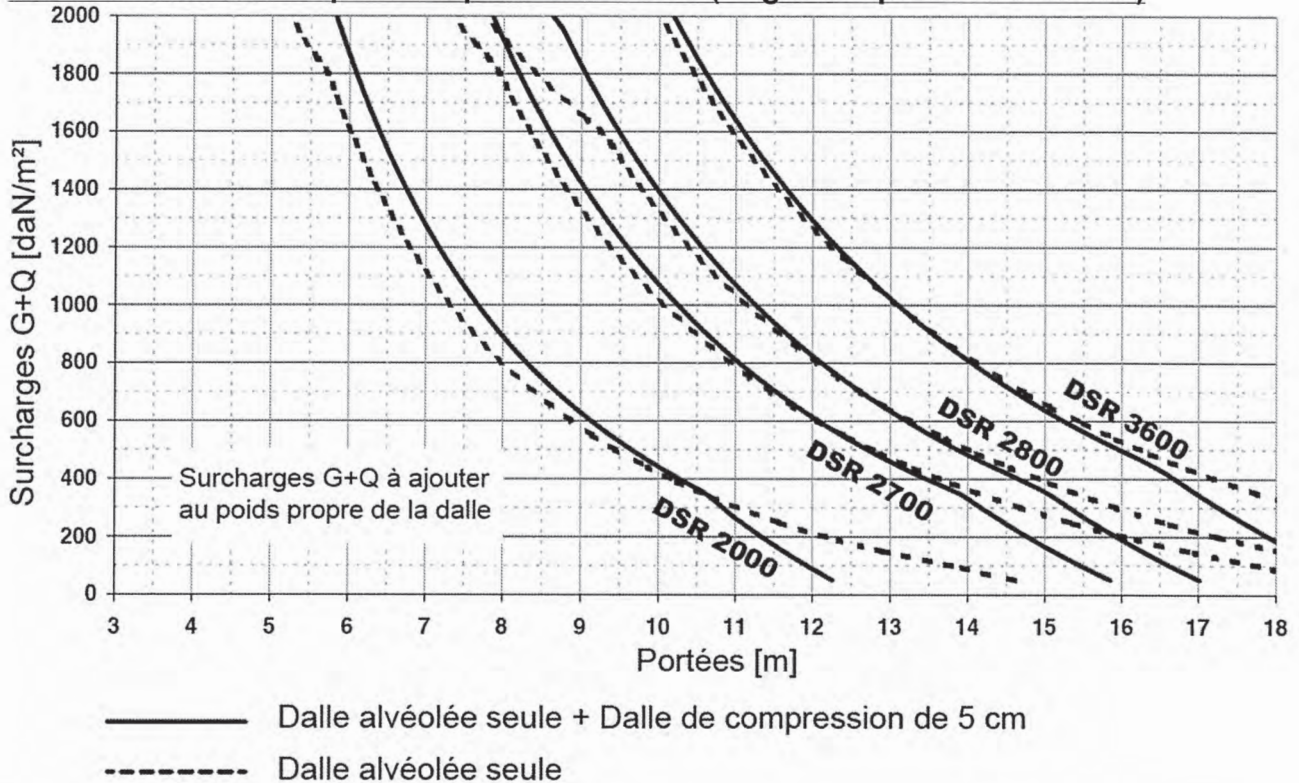
DT 14 Extrait de détail de la coupe longitudinale DD - Aile B sur plancher dalles alvéolaires



DT 15 Caractéristiques des dalles alvéolaires DSR 20 à 36



Portées admissibles pour les planchers DSR. (Degré coupe-feu une heure)



Caractéristiques des dalles renforcées DSR (avec dalle collaborante de 50 mm)

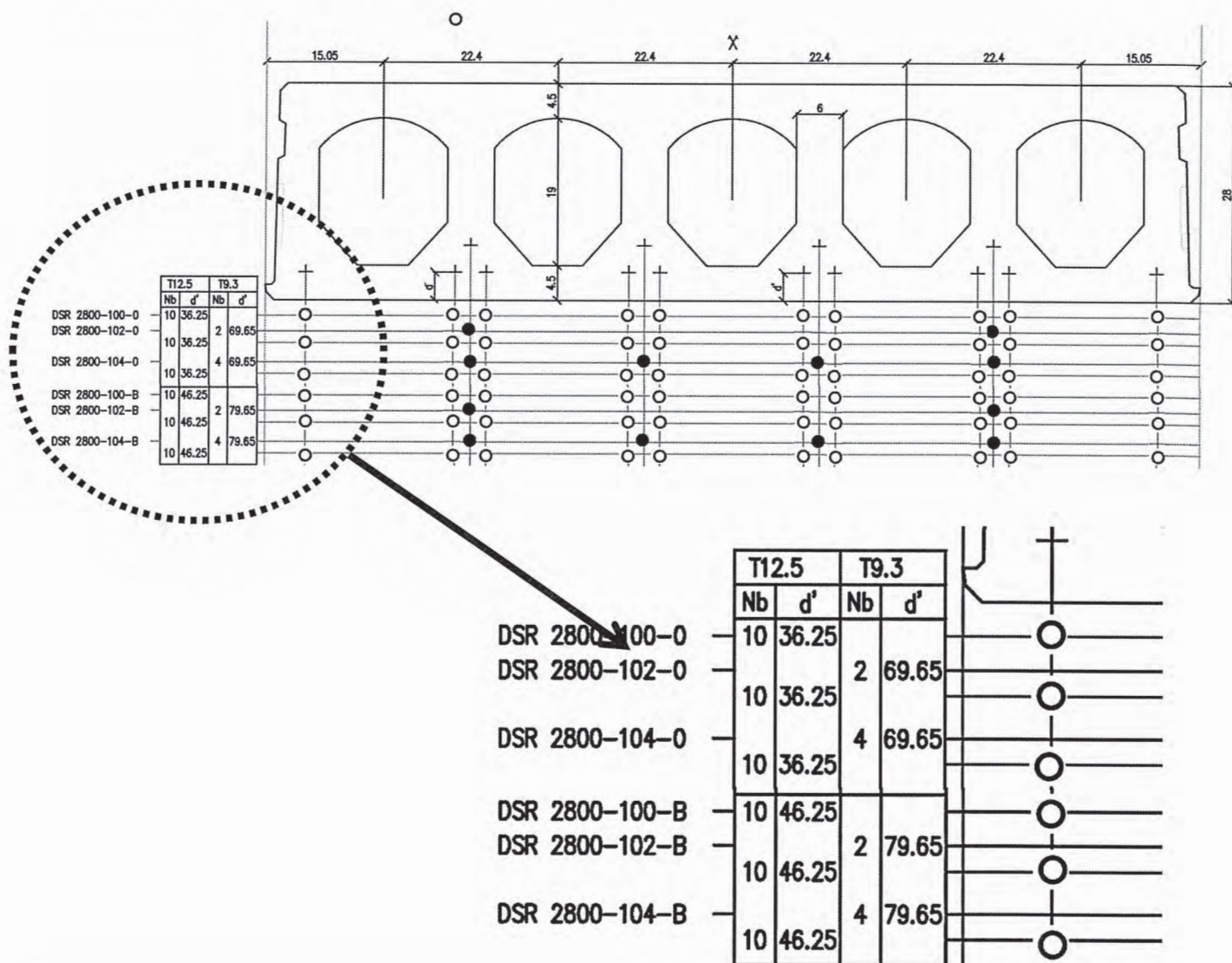
Type de dalle	Section (cm ²)	Moment d'inertie (cm ⁴)	V_s (cm)	V_i (cm)	V_s et V_i : distances entre les fibres supérieures et inférieures et le centre d'inertie de la section béton
DSR 20 (20+5)	1977	133 505	11,28	13,72	
DSR 28 (28+5)	1941	311 149	15,26	17,74	
DSR 32 (32+5)	2027	414 796	16,87	20,13	

DT 16 Données sur les torons de précontrainte

Position des torons

Nb : Nombre de torons sur le lit horizontal

d' : distance du centre de l'armature à la fibre inférieure



Caractéristique des torons de précontrainte

Torons 7 fils, EN 10138



Module d'élasticité longitudinal : $E_p = 200\,000\text{ MPa}$

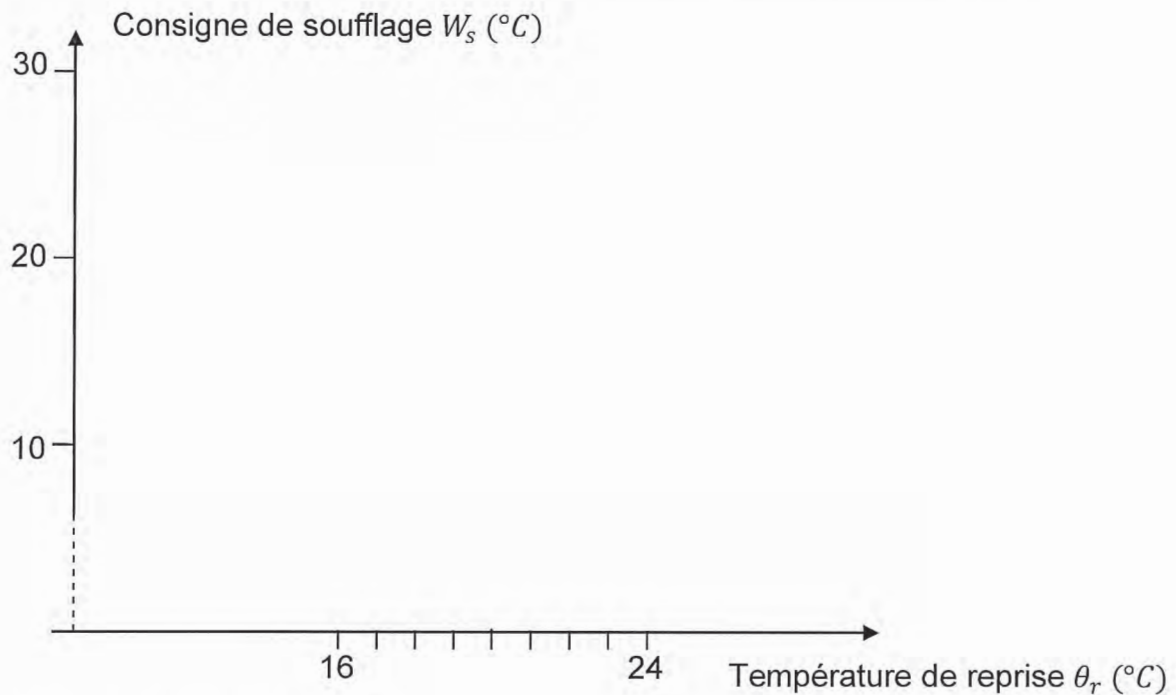
Code	Diamètre (mm)	Contrainte limite de rupture (MPa)	Masse ($g.m^{-1}$)	Section (mm^2)	Rupture mini. (kN)	Rupture maxi. (kN)
T6.85	6,85	2060	220,2	28,2	58,1	68,8
T9.3	9,3	1860	406,1	52	96,7	111,0
T12.5	12,5	1860	726,3	93,0	173	199,0

DR 1. Document réponse 1 : tracé des courbes de lois de régulation

Question Q 31

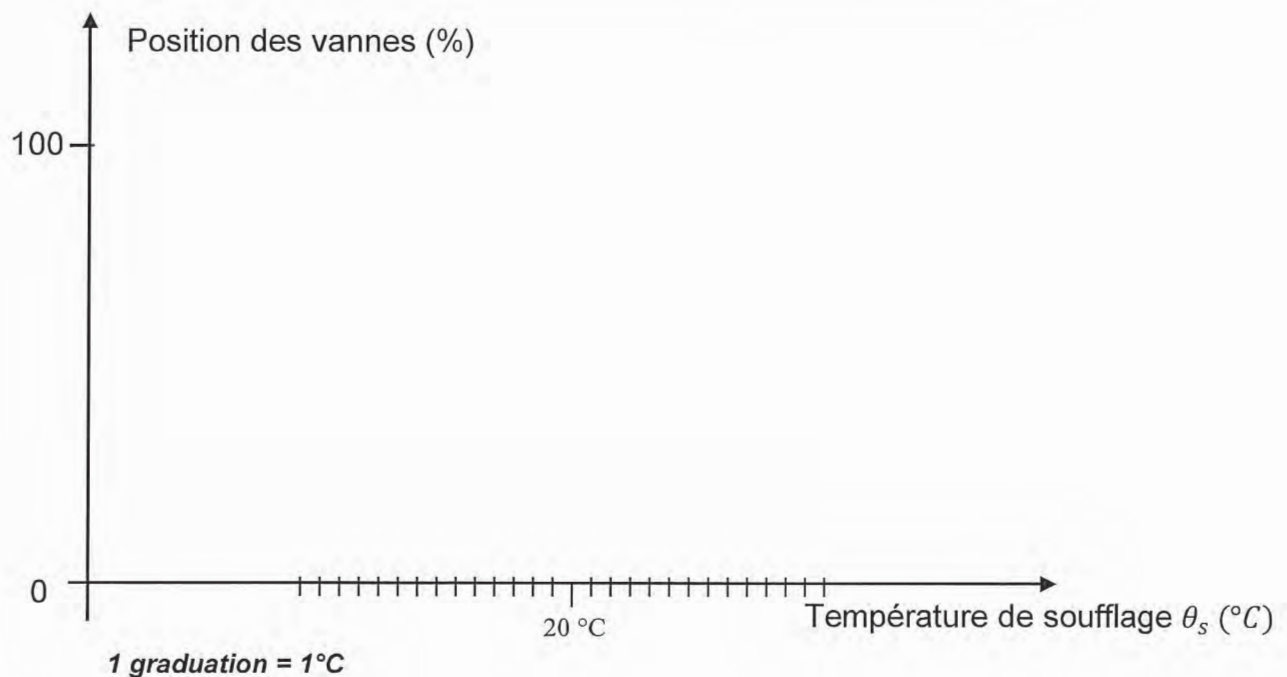
1ère courbe : loi de cascade

Consigne de soufflage en fonction de la température de reprise



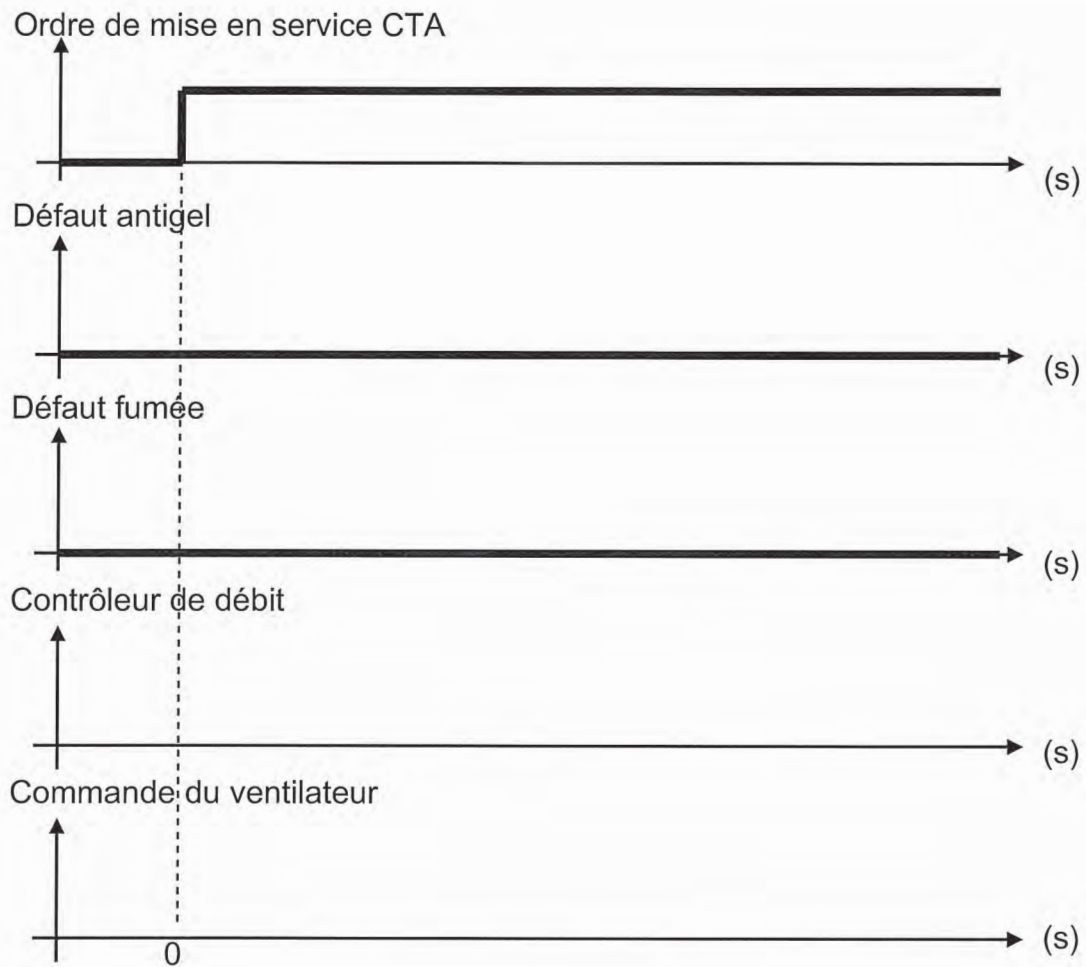
2ème courbe : diagramme statique

Position des vannes en fonction de la température de soufflage



DR 2. Document réponse 2 : étude logique

Question Q 32



SCHEMA DE PRINCIPE HYDRAULIQUE GEOTHERMIE ETE

