

SESSION 2011

**AGRÉGATION
CONCOURS EXTERNE**

**Section : GÉNIE CIVIL
Option B : ÉQUIPEMENTS ET ÉNERGIES**

ÉPREUVE PORTANT SUR L'INGÉNIERIE DE PROJET

Durée : 8 heures

Matériel usuel de dessin à l'encre autorisé.

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout autre ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Chaque partie devra obligatoirement être traitée sur une copie distincte.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

RECOMMANDATIONS

- Tous les calculs seront faits à partir de formules littérales écrites, en remplaçant les paramètres par les nombres permettant de trouver le résultat exprimé. Donner quand cela est possible les résultats sous forme de tableaux.
- L'évaluation des schémas, dessins ou plans portera non seulement sur l'exactitude des tracés, la cohérence technique mais aussi sur la qualité graphique et la propreté.
- Toutes les données manquantes sont laissées à votre libre choix et toutes les hypothèses seront soigneusement justifiées.

LISTE DES DOCUMENTS COMPOSANT LE DOSSIER

Dossier sujet (8 pages)

- Présentation générale (2 pages)
- Plan du RDC (1 page A3)
- Plan de la façade Sud (1 page A3)
- Coupe longitudinale AA (1 page A3)
- Coupe transversale BB (1 page A3)
- Parties 1 à 5 (2 pages)

Dossier annexes (31 pages)

- N°1 Extrait du CCTP (7 pages)
- N°2 Pompe à Chaleur CIAT Gamme DYNACIAT (5 pages)
- N°3 Recommandations du BRGM et caractéristiques techniques des SGV (4 pages)
- N°4 Récapitulatif des déperditions de la maison régionale de l'innovation (1 page)
- N°5 Formulaire et abaques de pertes de charge (2 pages)
- N°6 Caractéristiques physiques des mélanges de mono-éthylène glycol (2 pages)
- N°7 Formulaire et tableaux de calcul des charges thermiques et hydriques (2 pages)
- N°8 Extrait de la documentation technique SWEGON (3 pages)
- N°9 Station d'alimentation pour installations de récupération d'eau de pluie (1 page)
- N°10 Cuves de stockage (1 page)
- N°11 Acoustique (3 pages)

Documents réponses (9 pages)

- N° 1 Schéma de principe de l'installation de production/distribution d'énergie 1 A3
- N° 2 Schéma d'implantation des sondes géothermiques 1 A3
- N° 3 Diagramme enthalpique du fluide frigorigène R 410A 1 A4
- N° 4 Schéma de principe de l'installation de traitement d'air 1 A3
- N° 5 Implantation des cuves de stockage d'eau de pluie 1 A4
- N° 6 Etude acoustique 1 A4
- 3 Diagrammes de l'Air Humide 3 A3

Présentation générale

CONSTRUCTION DE LA MAISON REGIONALE DE L'INNOVATION ET DE L'ENTREPRENARIAT

Le projet présenté ici fait partie de l'ERIE, Espace Régional de l'Innovation et de l'Entrepreneariat, financé par le Conseil Régional de Bourgogne.



Figure 1 : Le futur Espace Régional de l'Innovation et de l'Entrepreneariat, à proximité du grand campus dijonnais.

© crédit photo : Mona Lisa Architectes

L'E.R.I.E. sera un lieu fédérateur pour la recherche bourguignonne. Ses 3,5 hectares, voués à l'innovation et à la valorisation des découvertes scientifiques, devraient permettre à terme d'accroître l'attractivité du territoire tout en garantissant la compétitivité de l'économie locale.

L'E.R.I.E. sera scindé en cinq espaces complémentaires sur 26 000 m² :

- ✓ **La maison régionale de l'innovation** destinée à accueillir les structures d'interface dans le domaine de la recherche, du transfert de technologie, de l'innovation et de l'entrepreneariat.
- ✓ **Un immeuble de services "privés"** d'une surface totale de 7 000 m² accueillera des sociétés en lien avec le développement de l'innovation et de l'entrepreneariat (conseils stratégiques, financiers, communication, informatique)
- ✓ **Un immeuble avec des locaux destinés au démarrage d'activités économiques innovantes** (pépinière, start-up, entreprises technologiques en développement). Les locaux seront orientés sur des activités telles que la biotechnologie, la chimie, l'informatique ...
- ✓ **Le projet pharmimage**, dans le domaine de l'imagerie fonctionnelle et la pharmacologie associe l'Université de Bourgogne, le CHU, le Centre Georges-François Leclerc ainsi que des entreprises innovantes dans ce domaine. Sa réalisation comprend la construction d'un bâtiment de 1 500 m² destiné à recevoir un cyclotron au service de la recherche médicale.
- ✓ **Un espace dédié à l'accueil de plateaux technologiques**. Sur cet espace de 4 200 m² seront installés des centres de transfert technologique et les équipes de recherche associées (imagerie, cognition, mouvement...) ainsi que la maison de la métallurgie.

L'E.R.I.E. sera un « site sans voiture ». Il donnera la priorité aux mobilités douces et aux transports en commun, greffant son entrée sur la future station de tramway. Le plan d'aménagement et d'orientation des bâtiments a été conçu pour maximiser les gains d'énergie solaire. Les eaux de pluie seront récupérées pour l'arrosage de ses espaces verts. La biodiversité des espaces verts sera garantie grâce à la plantation d'espèces végétales variées.

La suite de l'étude traitera plus précisément de la maison régionale de l'innovation :



Figure 2 : Maquette numérique 3D de la maison régionale de l'innovation

Ce sera un bâtiment exemplaire en matière de nouvelles technologies et de consommations énergétiques. L'objectif est d'obtenir le label BBC (bâtiment basse consommation). Le bâtiment regroupera, sur 4000 m², 18 structures chargées d'accompagner les entreprises innovantes.

Ce projet concerne la construction d'un bâtiment R+4, sur rez-de-chaussée, avec un niveau partiel en sous-sol, comprenant :

- ✓ Au sous-sol partiel : des locaux techniques.
- ✓ Au rez-de-chaussée : un hall d'accueil, un amphithéâtre, des salles de réunions, et une salle de visioconférence, et des locaux divers (bureaux, cuisine, cafétéria, sanitaires, locaux de rangement).
- ✓ Du R+1 au 4^{ème} étage : des bureaux, des salles de réunions, des locaux d'archives, de stockage, des locaux techniques et des sanitaires.

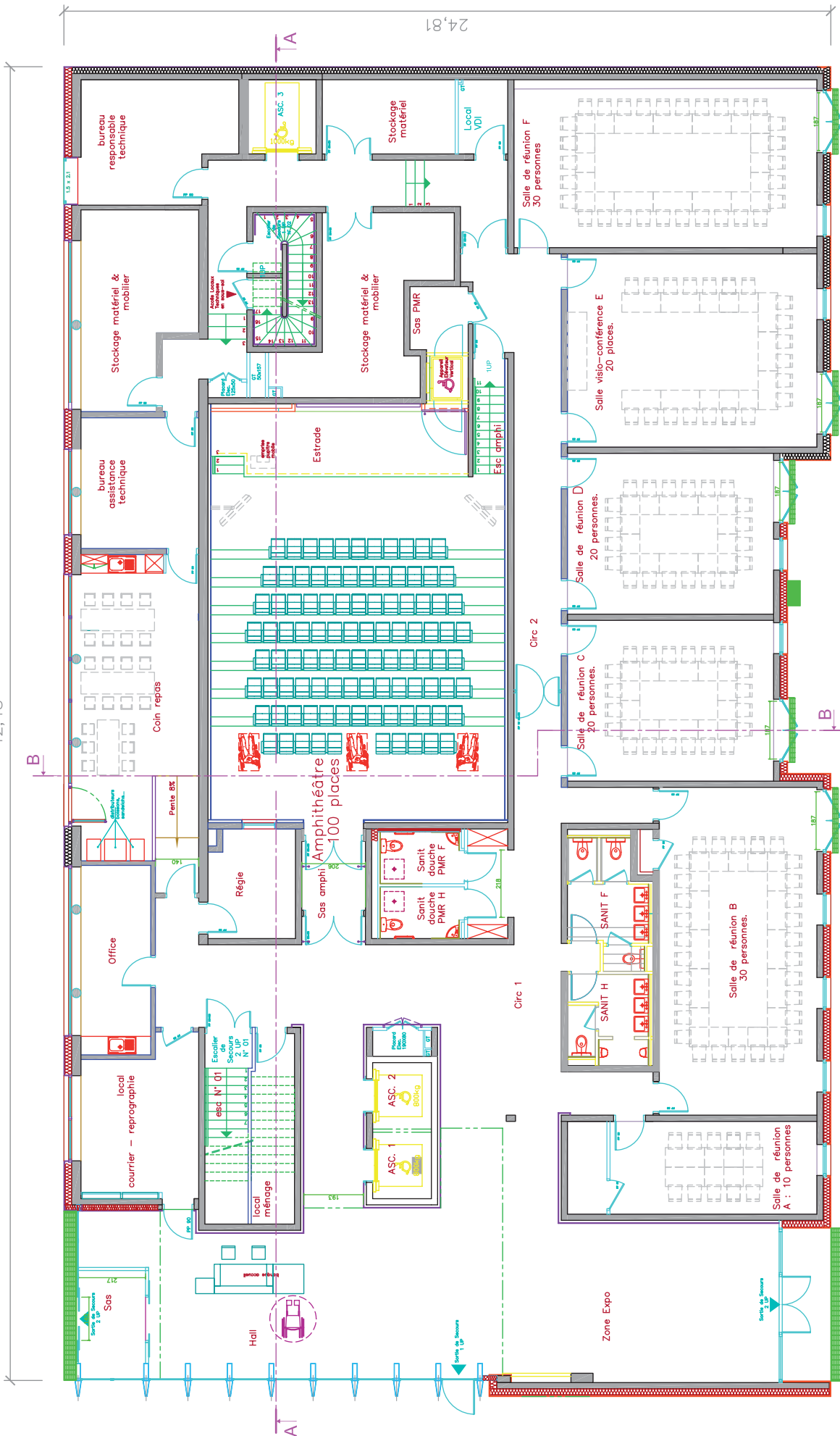
L'établissement, susceptible d'accueillir un effectif de 360 personnes, est classé dans la 3^{ème} catégorie des Etablissements Recevant du Public.

Dossier plans de la maison régionale de l'innovation :

- Plan du RDC
- Plan de la façade sud
- Coupe longitudinale AA
- Coupe transversale BB

42,48

24,81



Echelle : 1 / 125

Epreuve portant sur l'ingénierie de projet

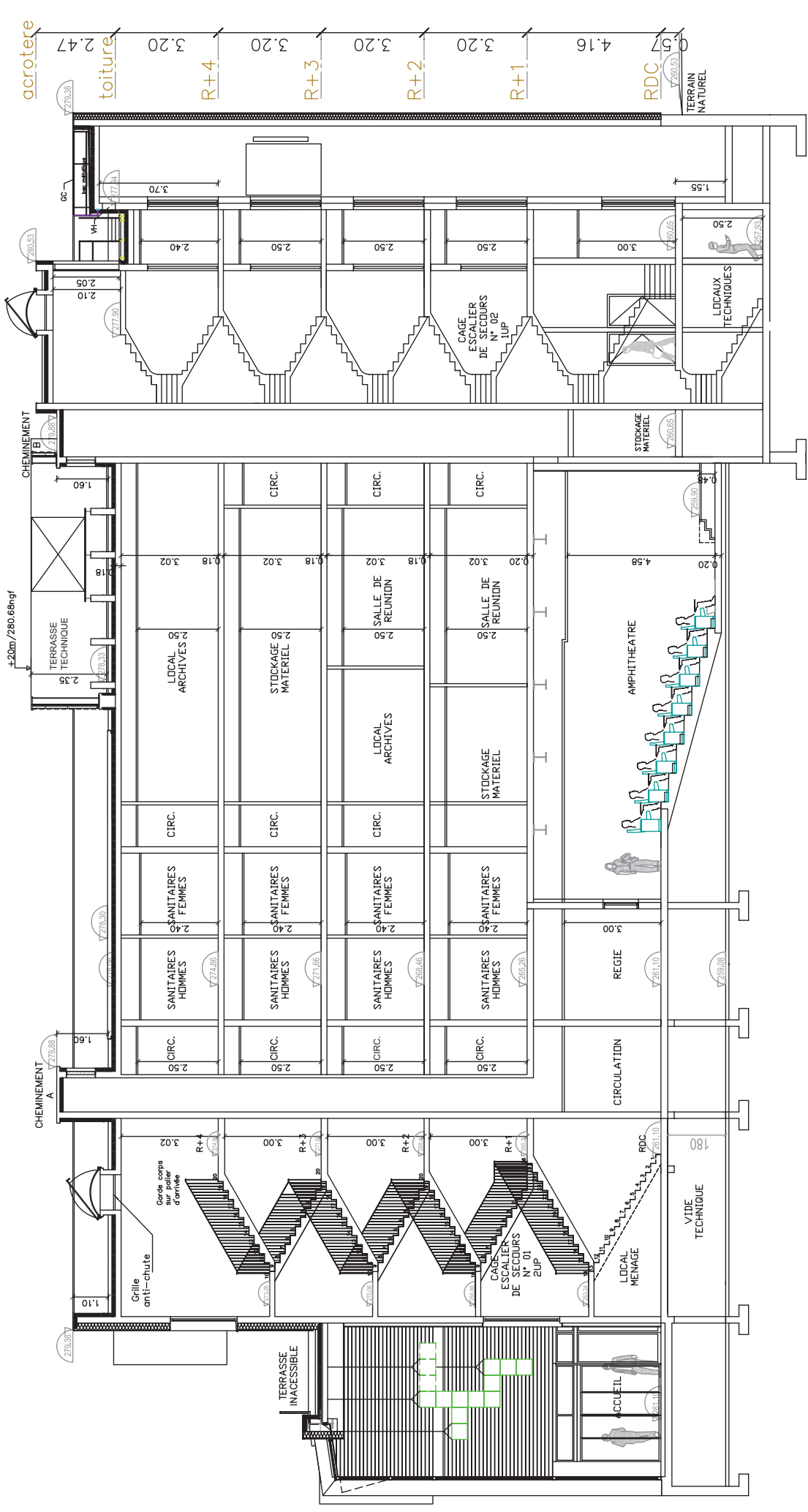
PLAN DU REZ-de-CHAUSSEE
 MAISON REGIONALE DE L'INNOVATION
 ET DE L'ENTREPRENARIAT

Génie Civil
 Option B
 Session 2011



- ① BETON MATRICE GRIS CLAIR
- ② BARDAGE BOIS (MELEZE)
- ③ METAL DEPLOYE (TON ALUMINIUM)
- ④ CHASSIS BOIS – VITRAGE CLAIR
- ⑤ VITRAGE CLAIR
- ⑥ GARDE CORPS LISSE ACIER LAQUE
- ⑦ ACIER GALVANISE
- ⑧ ACIER THERMOLAQUE

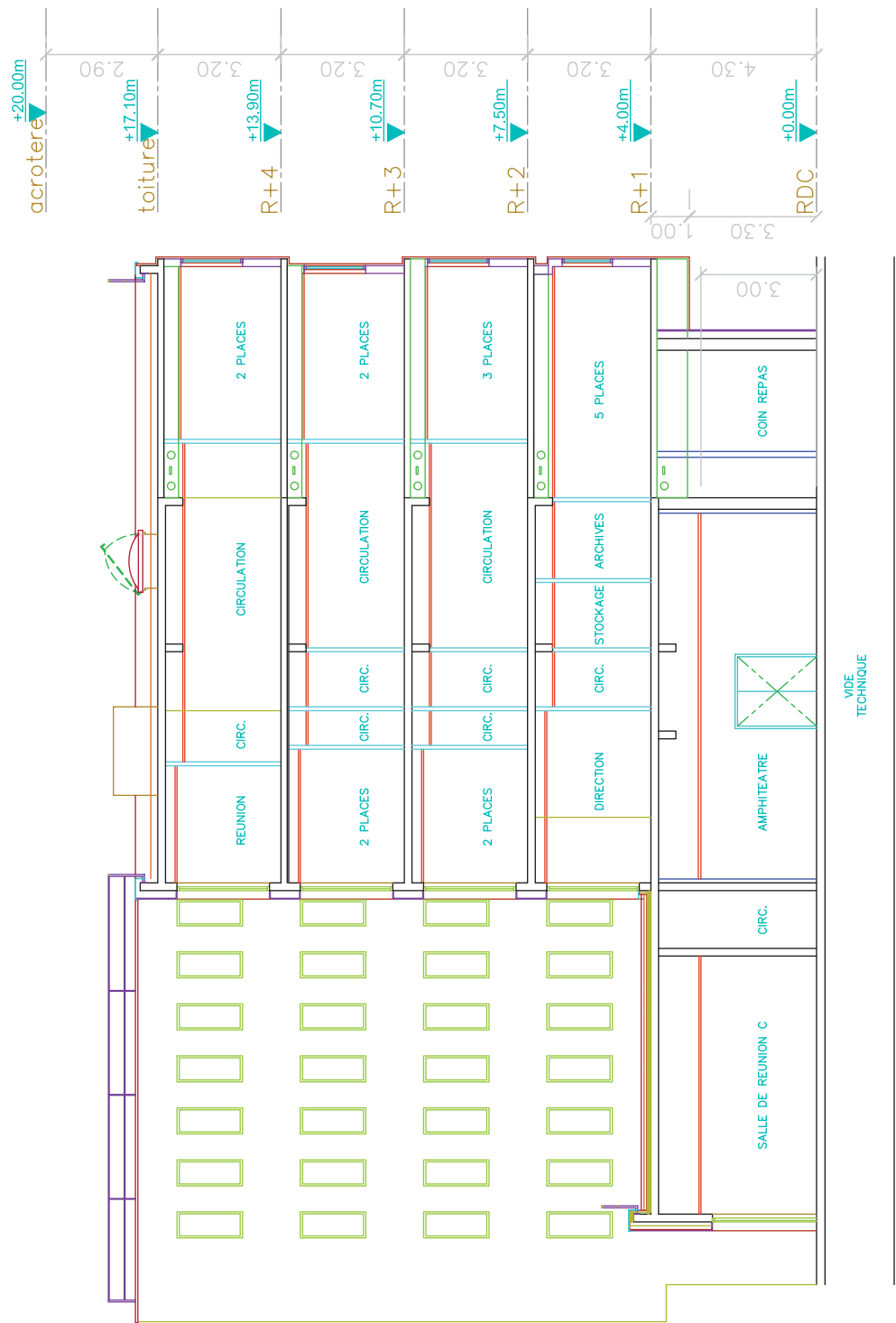
Echelle : 1 / 125	Epreuve portant sur l'ingénierie de projet
ELEVATION SUD	
MAISON REGIONALE DE L'INNOVATION ET DE L'ENTREPRENARIAT	
Génie Civil Option B	Session 2011



E

Echelle : 1 / 125	Epreuve portant sur l'ingénierie de projet
COUPE LONGITUDINALE AA	
MAISON REGIONALE DE L'INNOVATION ET DE L'ENTREPRENARIAT 2011	

Génie Civil
Option B
Session
2011



Echelle : 1 / 125

Epreuve portant sur
l'ingénierie de projet

COUPE TRANSVERSALE BB
MAISON REGIONALE DE L'INNOVATION
ET DE L'ENTREPRENARIAT

Génie Civil
Option B
Session
2011

1^{ère} PARTIE : Conception du système de production/distribution d'énergie du bâtiment

1.1. Le projet doit répondre au niveau de performance permettant d'obtenir un label BBC - Effinergie. Vous préciserez les différentes exigences requises pour ce label, puis vous établirez un comparatif avec la réglementation thermique actuelle RT 2005, ainsi qu'avec les autres labels européens des bâtiments à basse consommation d'énergie (Passivhaus et Minergie).

1.2. A partir des éléments donnés dans l'extrait du CCTP (Annexe N°1), vous devez élaborer un schéma de principe de l'ensemble de l'installation de production/distribution d'énergie pour le chauffage, le rafraîchissement et la climatisation, de la maison régionale de l'innovation (Document réponse N°1).

Ce schéma de principe devra être conforme au cahier des charges et comporter : la production d'énergie à partir des sondes géothermiques, les réseaux primaires et secondaires avec tous les éléments de sécurité, de régulation et les équipements nécessaires au bon fonctionnement des installations.

2^{ème} PARTIE : Dimensionnement de l'installation géothermique

2.1. Performance de la Pompe A Chaleur

2.1.1. A partir des extraits du CCTP et des différents documents annexes, sélectionner le modèle de PAC adapté.

2.1.2. Tracer le cycle frigorifique de la PAC retenue sur le document réponse N°3, en précisant toutes les hypothèses manquantes. Rassembler les caractéristiques des points dans un tableau récapitulatif.

2.1.3. A partir des éléments de la question précédente, évaluer le coefficient de performance réel de la PAC. Toutes les hypothèses posées seront justifiées. Comparer ce résultat à la valeur annoncée par le constructeur.

2.1.4. Quelle valeur du COP moyen annuel peut-on attendre sur ce projet ? Argumenter votre réponse.

2.1.5. Vérifier si l'énergie prélevée dans le sol respecte les valeurs préconisées par le BRGM.

2.2. Etude du réseau de Sondes Géothermiques Verticales (SGV)

2.2.1. Déterminer le nombre de sondes géothermiques nécessaires pour le mode de fonctionnement hiver.

Un réseau aérien, divisé en deux parties, a pour fonction de collecter les sondes géothermiques du groupe Géocooling, d'une part, et les sondes géothermiques du groupe PAC, d'autre part. Le réseau aérien est fixé au plafond du vide sanitaire. Le bureau d'étude a déterminé la position des branches principales du réseau aérien, sur le plan du sous-sol (voir document réponse N°2).

2.2.2. Compléter le schéma hydraulique du réseau primaire (Document réponse N°2) en effectuant le raccordement de toutes les sondes à ce réseau aérien (le nombre de sondes raccordées correspondra au résultat de la question précédente). Employer des couleurs différentes pour le réseau PAC et le groupe Géocooling. Proposer une analyse critique de la solution retenue.

2.2.3. Dimensionner l'ensemble du réseau hydraulique primaire du groupe PAC (de la sonde du groupe PAC la plus éloignée jusqu'au local technique PAC). Un tableau récapitulatif rassemblera l'ensemble des résultats (débits, diamètres, pertes de charge). L'équilibrage hydraulique de l'ensemble est attendu.

3^{ème} PARTIE : Traitement d'air

3.1. A partir des indications du CCTP et des plans de la salle de réunion F du rez-de-chaussée, effectuer la conception complète de l'installation de traitement d'air de cette salle de réunion. Les dimensionnements devront être réalisés dans les conditions les plus défavorables en été et en hiver. Pour l'été, prendre comme hypothèse de départ, les conditions intérieures suivantes : $T_i = 26^\circ\text{C}$ et $\phi_i = 50\%$.

Tracer les évolutions de l'air sur les diagrammes psychrométriques fournis, et déterminer les caractéristiques des différents éléments composant l'installation de traitement d'air de la salle de réunion F (puissances, débits d'air).

Sélectionner, à partir du document constructeur (Annexe N°8), les unités intérieures à installer (nombre de modules de confort, références, puissances). Tous les choix techniques effectués devront être clairement justifiés.

3.2. Réaliser un schéma de principe de l'installation depuis la CTA double flux jusqu'aux modules de confort, avec tous les éléments nécessaires pour ce type d'installation, afin de respecter les critères du CCTP et la réglementation en vigueur. Faire apparaître les différents réseaux aérauliques, hydrauliques avec tous les composants (sondes, actionneurs, régulateurs) des boucles de régulation (Document réponse N° 4).

3.3. Lorsque la salle de réunion F est occupée à sa capacité maximum d'accueil en période hivernale, déterminer la valeur de l'humidité relative dans la pièce. Analyser la dérive de ce paramètre en période estivale et ses incidences sur l'installation.

4^{ème} PARTIE : Etude de la récupération des eaux de pluie

Le maître d'ouvrage a prévu la mise en place d'une récupération d'eaux pluviales, permettant d'alimenter les toilettes (WC) de tout le bâtiment. Le stockage devant être à l'abri du gel, une première solution consiste à implanter des cuves dans le local PAC.

4.1. Analyser le choix du maître d'ouvrage, en appuyant votre réflexion sur le volume d'eau consommé par les toilettes, les données pluviométriques du site et la place nécessaire dans le local PAC pour le stockage. En déduire le volume d'eau économisé sur une année, le volume de stockage et réaliser, à l'échelle, l'implantation des cuves, sur le document réponse N°5. Proposer éventuellement d'autres solutions.

4.2. Vérifier la sélection du groupe de surpression mentionné dans le CCTP.

5^{ème} PARTIE : Etude acoustique du local technique PAC

5.1. Déterminer le niveau de bruit global réverbéré (en dBA) dans le local PAC. Les cuves de stockage d'eau de pluie ne seront pas prises en compte pour cette étude. Les hypothèses complémentaires seront clairement exposées. Compléter le document réponse N°6.

5.2. Déterminer le niveau de bruit engendré dans le bureau situé au RDC, par le fonctionnement de la PAC (bureau situé au dessus du local technique PAC). Les transmissions latérales sont estimées à + 3 dB / octave.

Conclure sur le traitement acoustique de l'ensemble.

DOSSIER ANNEXES

Annexe N°1 : Extrait du Cahier des Clauses Techniques Particulières Lot : Chauffage – Ventilation – Climatisation

1. Généralités

1.1. Objet des travaux

Le présent CCTP a pour objet la description des installations de Chauffage Ventilation Climatisation dans le cadre de la construction de la maison régionale de l'innovation.

1.2. Installation projetée

Mise en place de deux pompes à chaleur eau/eau permettant une production d'eau chaude et d'eau glacée centralisée pour le traitement de l'ensemble des locaux.

Ventilation :

- Des locaux sanitaires
- Des bureaux et des salles de réunions
- De l'amphithéâtre
- De la cafétéria
- Des locaux électriques et techniques

Chauffage :

- Des bureaux et des salles de réunions
- De l'amphithéâtre
- Du hall d'accueil
- De la cafétéria
- Des circulations
- Des sanitaires

Climatisation :

- Des salles de réunions du RDC
- De l'amphithéâtre
- Du local informatique
- De la régie

2. Bases de calcul

2.1. Données climatiques de base

Caractéristiques du site :

- Lieu : Dijon (21)
- Altitude : 245 m
- Latitude du lieu : 47°20 N
- Longitude du lieu : 05° 03 E
- Degrés Jours Unifiés : 2 669 °C.j

Conditions climatiques de base :

Conditions Extérieures		
	<i>Température sèche</i>	<i>Humidité relative</i>
Eté	32°C	38 %
Hiver	- 11°C	90 %

Conditions d'ambiance :

	Bureaux		Amphithéâtre		Salles de réunions RDC		Salles de réunions Etg	
	<i>Température</i>	<i>Humidité</i>	<i>Température</i>	<i>Humidité</i>	<i>Température</i>	<i>Humidité</i>	<i>Température</i>	<i>Humidité</i>
Eté	NC	NC	26°C	NC	26°C	NC	NC	NC
Hiver	19°C	NC	19°C	NC	19°C	NC	19°C	NC

Nota : En période estivale, pour les locaux climatisés, la température intérieure sera inférieure de 5°C à la température extérieure, lorsque celle-ci sera supérieure à la température extérieure été de base.

2.2. Acoustique

D'une manière générale, les caractéristiques phoniques des installations CVC seront étudiées et réalisées de manière à ne pas engendrer, dans les locaux et au voisinage, des niveaux sonores supérieurs à ceux indiqués ci dessous.

Tableau des niveaux de pression acoustique à respecter :

Désignation	Niveau de pression acoustique à ne pas dépasser en dBA	Equivalent NR
Bureaux	30	25
Amphithéâtre	30	25
Salles de réunions	30	25
Hall d'accueil	30	25

2.3. Occupation / Ventilation

La ventilation des bureaux sera conforme au Code du Travail, Articles, R.232-5 à R 232-5-9.

Désignation des locaux	Débit minimal en m ³ /h.pers
Bureaux, Salles de réunions, locaux sans travail physique	25

Occupation :

- Bureaux : 1 personne pour 10 m²
- Salles de réunion A : 10 personnes
- Salles de réunion B et F : 30 personnes par salle
- Salles de réunion C, D, E : 20 personnes par salle
- Amphithéâtre : 100 personnes
- Du hall d'accueil : 1 personne pour 7 m²
- Coin repas : 1 personne pour 1,7 m²

Les extractions dans les locaux à pollution spécifique seront conformes au Règlement Sanitaire Départemental :

Désignation	Débit d'extraction en m ³ /h
Pièces à usage collectif :	
- Cabinet d'aisance isolé	30
- Douches isolées	45
- Bains, douches, et cabinet d'aisance groupés	30 + 15 N ^(*)
- Lavabos groupés	10 + 5 N ^(*)
- Vidoir	30

(*) : N : Nombre d'équipements

2.4. Calcul des déperditions et des apports

Performance des parois :

Désignation	Structure			Isolation		
	Type	Epaisseur (mm)	Localisation	Type	Epaisseur (mm)	Coefficient de transmission de la paroi (W/m ² K)
Mur sur extérieur Est, Sud, Ouest	Béton	200	Extérieur	Laine de verre	200	0,155
Mur sur extérieur Ossature bois Nord	Bois + Métallique	--	Répartie	Laine de verre	200	0.154
Toiture terrasse	Béton		Int sur FP Extérieur	Laine de verre Efigreen Duo	150 120	0.111
Plancher sur vide sanitaire	Béton		Sous dalle	Flocage CF 2h	120	0.215
Plancher sur extérieur	Béton		Sous dalle	FibraXTherm E	150	0.215

Performance des menuiseries :

Localisation	Type	Composition	Uw (W/m ² K)	FS Vitrage	TI Vitrage	Stores	Brises soleil
Nord	Bois / Alu	4/16/4/16/4	1.00	0.40	0.70	Intérieur	Sans
Est	Bois / Alu	4/16/4/16/4	1.00	0.40	0.70	Intérieur	Sans
Sud	Bois / Alu	4/16/4/16/4	1.00	0.40	0.70	Extérieur	Horizontaux
Ouest	Bois / Alu	4/16/4/16/4	1.00	0.40	0.70	Intérieur	Verticaux

FS : Facteur Solaire - TI : Transmission Lumineuse

Les déperditions seront calculées conformément à la norme NF EN 12 831 « Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base » et la Réglementation Thermique 2005 (RT 2005).

Eclairage:

Localisation	Type	Commande	Puissance (W/m ²)
Bureaux	Fluorescent Haut rendement	Détection Gradation	9
Salles de réunions	Fluorescent Haut rendement	Détection Gradation	9
Communs	Fluorescent Haut rendement	Détection	6

2.5. Régimes de fonctionnement

- PAC en mode hiver :
 - Régime d'eau primaire : 0°C / 3°C
 - Régime d'eau secondaire : 45°C / 40°C
- PAC en mode été :
 - Régime d'eau primaire : 35°C / 30°C
 - Régime d'eau secondaire : 7°C / 12°C
- Echangeur géocooling :
 - Régime d'eau primaire : 10°C / 14°C

2.6. Dimensionnement des réseaux hydrauliques

Les vitesses dans les canalisations seront limitées aux valeurs suivantes :

DN (mm)	12	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
Vitesse (m/s)	0,30	0,35	0,45	0,50	0,60	0,70	0,80	0,95	1,10	1,20	1,30	1,30

Les pertes de charges ne pourront excéder 16 daPa/ml. De plus les paramètres suivants devront être pris en compte dans le calcul :

- la température du fluide,
- la nature des canalisations,
- l'adjonction d'antigel (suivant %),
- les pertes de charge accidentelles ainsi que tous les accessoires et robinetteries hydrauliques.

Les canalisations hydrauliques seront réalisées en tube acier, passage en apparent dans les locaux techniques, en gaine technique et en faux plafond. Elles seront exécutées en tube acier noir conforme à la norme, NF A 49-115.

2.7. Dimensionnement du réseau d'alimentation en Eau Froide des toilettes

Conformément au DTU 60.11, le coefficient de simultanéité (y), défini à partir du nombre (x) d'appareils desservis, permet de déterminer le débit probable de soutirage (Qp) à partir du débit de base des appareils (Qb) :

Coefficient de simultanéité : $y = \frac{0,8}{\sqrt{x-1}}$ et Débit probable de soutirage : $Qp = Qb.y$

- Débit de base d'un WC avec réservoir : 0,12 Litres/s
- Volume des réservoirs des WC : 6 litres
- Scénario d'utilisation des toilettes : 2 fois par jour et par personne
- Capacité d'accueil du bâtiment : 360 pers
- Nombre de WC à alimenter :

Niveau	RDC	1 ^{er}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}
Nb WC à alimenter	6	4	4	4	4

2.8. Récupération des eaux pluviales

Surface en toiture collectée : 1 250 m²

Le coefficient de restitution retenu pour une toiture terrasse sera égal à 0,6.

Valeurs moyennes mensuelles des précipitations sur Dijon (moyenne sur la période de référence de 1961 à 1990) :

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Précipitations (mm)	59,2	52,5	52,8	52,2	86,3	62,4	51,0	65,4	66,6	57,6	64,2	62,0

3. Description des installations

3.1. Sondes géothermiques

L'installation géothermique complète sera composée d'un ensemble de sondes géothermiques, de profondeur 100 m. Les sondes seront installées sous le bâtiment.

Une sonde géothermique est déjà installée sur le site. Cette sonde a été utilisée pour réaliser le test de réponse thermique du terrain, étape préalable au dimensionnement définitif de l'installation. Elle intégrera le système géothermique complet. Pour plus de détails sur le test de réponse thermique correspondant au terrain, se reporter à l'annexe N°3.

Caractéristique du forage :

Le diamètre du puits de forage sera de 165 mm environ. Un scellement efficace du puits de forage est indispensable, non seulement pour prévenir toute pollution accidentelle des eaux souterraines, mais également pour assurer un bon contact thermique entre la sonde géothermique et le terrain. Le puits de forage sera cimenté sur toute sa hauteur jusqu'à la profondeur correspondant au raccordement de la tête de sonde (1,5 m environ).

Installation des sondes géothermiques :

Les sondes géothermiques sont constituées d'une tuyauterie double U en PEHD (polyéthylène haute densité), densité (PE 100), de diamètre externe DN 32, et sont munies de cunettes de décantation au niveau du pied de sonde. Le tuyau d'injection du coulis de remplissage sera disposé au centre de la sonde, au travers des écarteurs, et sera installé jusqu'au pied de sonde. Avant de réaliser le remplissage du puits de forage, un test en pression sera effectué pour chacune des deux tuyauteries en U constituant la sonde géothermique.

Raccordements des sondes géothermiques :

Sur site, chaque sonde géothermique peut être raccordée à un réseau aérien, divisé en deux parties (un groupe PAC et un groupe Géocooling) installé dans le vide sanitaire jusqu'au local technique PAC au sous-sol. L'emplacement des canalisations sera défini afin d'éviter, la gêne et les dégâts dus aux dilatations. Des compensateurs de dilatation seront prévus, si nécessaires. Les canalisations aériennes seront fixées sur des supports suspendus aux planchers hauts ou aux murs intérieurs pour la distribution intérieure.

Equilibrage des circuits géothermiques :

L'équilibrage est obligatoire. La procédure et la méthode d'équilibrage sont soumises à l'approbation du Maître d'œuvre.

3.2. Production d'eau chaude et d'eau glacée

La production de chaleur, pour l'ensemble du bâtiment, sera assurée par deux pompes à chaleur Eau/Eau situées dans le local technique au sous-sol, raccordées aux sondes géothermiques verticales. L'eau chaude et l'eau glacée produites alimenteront un circuit plancher chauffant/rafraîchissant pour le hall, les poutres dynamiques deux tubes et les batteries change over de la CTA de l'amphithéâtre.

Les deux PAC seront monobloc, à condensation par eau avec régulation intégrée, avec fluide frigorigène R 410A. Elles assureront chacune 100% des besoins du bâtiment (une en secours).

3.3. Principe du circuit Géocooling

Afin de permettre le rafraîchissement gratuit des bureaux en été, il sera mis en place un réseau en parallèle de celui des PAC. Ce réseau sera associé à un groupe de sondes géothermiques, une pompe double et un échangeur à plaques dimensionné pour combler la totalité des besoins du bâtiment. En période de mi-saison, ce circuit permettra de rafraîchir le bâtiment sans utiliser les PAC.

Le réseau géocooling alimentera les circuits suivants par le biais de vannes 3 voies de dérivation :

- Circuit plancher chauffant/rafraîchissant pour le hall d'exposition
- Circuit poutres dynamiques des salles de réunions
- Circuit poutres dynamiques des bureaux

Afin d'éviter le gel du réseau en hiver, un réseau séparatif sera mis en place, permettant de glycoler (taux de mono-éthylène glycol MEG : 30%) la partie sonde géothermique. La séparation des réseaux est réalisée par un échangeur à plaques, placé dans le local PAC au sous sol.

Inversion des réseaux Groupe PAC et Groupe Géocooling :

Les deux réseaux aériens, groupe PAC et groupe Géothermiques, seront inversés tous les ans, grâce à un jeu de vannes, de façon à optimiser la régénération de chaleur du sol et à garantir un fonctionnement pérenne de l'installation.

3.4. Circuits secondaires

Depuis le secondaire des pompes à chaleur, il sera créé un collecteur comprenant quatre circuits hydrauliques pour l'ensemble du bâtiment :

- Circuit change over plancher chauffant/rafraichissant pour le hall d'exposition (V3V)
- Circuit change over poutres dynamiques des salles de réunions communes au RDC (V3V)
- Circuit change over batteries de la CTA amphithéâtre (passage direct)
- Circuit change over poutres dynamiques des bureaux pour les étages (V3V)

Les circuits seront régulés par vannes 3 voies en fonction de la température extérieure.

3.4.1. Ballon tampon

Sur le réseau secondaire des pompes à chaleur, il sera mis en place un ballon tampon d'une capacité de 600 litres. Ce ballon sera placé dans le local technique PAC au sous sol.

3.4.2. Remplissage et traitement d'eau

Depuis l'arrivée eau froide, le présent lot prévoit la mise en œuvre d'une installation de remplissage, avec un pot d'introduction de produits de traitement d'eau, monté avec montage by-pass, vanne d'isolement et filtre à tamis

Circuits eau glycolée : L'installation sera glycolée à 30%. Il est prévu un pot d'introduction de glycol pour le circuit primaire Géocooling et primaire PAC.

Un pot à boue largement dimensionné sera placé sur le retour général primaire.

3.4.3. Pompes de circulation

Afin d'assurer le débit d'eau primaire de la pompe à chaleur, le débit d'eau du circuit géocooling, ainsi que le débit d'eau secondaire de la pompe à chaleur, il est prévu trois groupes de deux pompes simples à débit fixe (dont une de secours) assurant chacune 100% du débit.

Les circuits secondaires alimentant les poutres dynamiques seront équipés de pompes doubles à débit variable.

3.4.4. Expansion

L'expansion de circuits de petite capacité sera réalisée par des vases d'expansion fermés, à membrane sous pression d'azote. La température de l'eau dans le vase sera toujours inférieure à 50°C afin de protéger la membrane. Le vase sera raccordé sur les réseaux les plus froids et le montage sera réalisé de telle sorte que le vase ne puisse jamais être isolé.

3.4.5. Comptage et équipements divers

Un compteur de calorie pour chaque zone alimentée, sera mis en place sur les circuits suivants :

- retour circuit secondaire Géocooling
- retour circuit secondaire Pompes A Chaleur
- retour circuit plancher chauffant
- retour circuit poutres dynamiques salles de réunions communes
- retour circuit CTA Amphithéâtre

3.5. Emetteurs dans les salles de réunion du RDC

Les locaux seront chauffés et rafraîchis par des modules de confort, installés en plafond de marque SWEGON type Parasol (ou similaire), fonctionnant suivant le principe des poutres thermiques 2 tubes. La pose des équipements respectera le tramage du bâtiment, permettant ainsi une divisibilité ultérieure des locaux.

Les modules de confort sont du type à induction ; le débit d'air primaire permet la création d'un débit de soufflage important. L'induction est assurée par des buses réparties sur les côtés du module. La diffusion s'effectue suivant quatre directions, ce qui maximise la zone de brassage de l'air entrant et de l'air ambiant.

Les modules de confort, prévus pour un fonctionnement sans condensation, ne seront pas raccordés à un réseau d'évacuation des condensats.

Caractéristiques techniques des modules de confort pour les salles de réunions du RDC :

- Marque/type : Swegon type Parasol MF 1200
- Débit d'air primaire : 120 m³/h
- Régime eau refroidissement : 14/19 °C
- Régime eau chauffage : 40/35 °C
- Le nombre de modules sera limité à 4 par salle de réunion

L'amenée d'air neuf hygiénique dans les salles de réunion se fera en partie sur les poutres dynamiques, et le complément sera assuré par des diffuseurs plafonniers suivant les débits d'air neuf réglementaires.

4. Traitement de l'air

4.1. Centrale de traitement d'air des bureaux et salles de réunions

L'air neuf sera traité par une centrale de traitement d'air, installée en terrasse. Elle assurera l'amenée d'air neuf hygiénique des bureaux et des salles de réunion. Dans l'optique de la gestion d'énergie, il sera mis en place une CTA double flux à récupération d'énergie.

La centrale d'air SWEGON GOLD (ou similaire) est une unité de traitement d'air complète avec ventilateurs d'air de soufflage et d'air extrait à entraînement direct, filtres, et échangeur de chaleur rotatif offrant une efficacité sensible de 85 %.

Le réseau aéraulique sera réalisé en gaine d'acier galvanisé, de forme circulaire ou rectangulaire suivant les passages, et sera calorifugé. Pour l'équilibrage des réseaux, il sera utilisé des régulateurs à débit constant.

La reprise s'effectuera dans les bureaux et les salles de réunion, à partir de bouches placées dans les faux plafonds.

Afin de pouvoir mesurer le taux de gaz carbonique dans les salles de réunions, il sera installé, en gaine, des sondes de CO₂ asservies au volet motorisé placé sur le soufflage.

En sortie de la gaine technique coupe feu à chaque niveau, il sera prévu un clapet coupe feu 2 heures, sur les conduits de soufflage et de reprise.

4.2. Centrale de traitement amphithéâtre

L'air neuf et le traitement de l'amphithéâtre seront assurés par une centrale de traitement d'air, installée en terrasse. Elle assurera l'amenée d'air neuf hygiénique et le traitement climatique de l'amphithéâtre. Il sera mis en place une CTA double flux à récupération d'énergie, avec batterie change over. Une sonde de CO₂ sera placée sur le réseau de reprise afin de faire varier le débit de la CTA en fonction de l'occupation.

5. Régulation

5.1. Principe

La régulation de l'ensemble des installations techniques du présent lot sera assurée par des régulateurs électroniques communicants, de marque SIEMENS, ou techniquement équivalent. L'ensemble de ces équipements sera liaisonné par un bus de GTC permettant le recueil, le traitement et l'exploitation des données sur un poste de supervision.

5.2. Régulation local technique PAC

La régulation de l'ensemble de la production est assurée par le régulateur interne. Il sera relié à la GTC via le bus et une Interface de communication correspondant au protocole utilisé.

5.3. Régulation des poutres dynamiques

Chaque module de confort SWEGON sera équipé d'un régulateur électronique autonome et communicant. Il assurera la gestion des vannes 2 voies (change over) en fonction de la température du local. La sonde de température sera du type potentiomètre avec décalage du point de consigne de +/- 3°C par rapport à la consigne ; elle possèdera un BP de présence/relance. Ces éléments seront paramétrables (amplitude, programme horaire).

Afin de limiter les problèmes de condensation dans les bureaux, chaque étage sera équipé d'une sonde de mesure de température et d'hygrométrie. Cette mesure permettra de connaître la température de rosée de l'air ambiant de l'étage. La température de départ du réseau poutre dynamique devra, dans tous les cas, être supérieure à la température de rosée de chaque étage. La régulation permettra de moduler la température de ce réseau en fonction du risque de condensation constaté sur les étages.

5.4. Régulation local CTA

Un régulateur numérique assurera la régulation des CTA bureaux et amphithéâtre et sera relié à la GTC du bâtiment. Cette régulation pilotera les éléments des CTA (V3V batterie change over, volet d'air, ventilateur, etc..).

6. Réseau de récupération des eaux pluviales

6.1. Principe de la distribution d'eau froide

La distribution d'eau froide potable alimente les sanitaires, les cuisines et tous les points de puisage du bâtiment.

Une récupération des eaux pluviales sera réalisée. Un réseau, en parallèle du réseau principal, alimentera les WC.

Pour fonctionner dans des limites de bruit contrôlables, les robinetteries ne seront pas alimentées à plus de 3 bars, pression à laquelle répondent les matériels en test acoustique.

L'origine du réseau «EF WC» sera le surpresseur, situé dans le local technique PAC au sous-sol. Le réseau cheminera en aérien dans le vide sanitaire, puis dans les gaines techniques et les faux plafonds afin d'alimenter les WC des différents blocs sanitaires.

6.2. Surpresseur

Afin d'assurer une pression suffisante de 3 bars au point de puisage le plus défavorisé du réseau «EF WC», il sera mis en place un surpresseur. Celui-ci sera composé d'une pompe et d'un système d'alimentation en eau potable et en eau de pluie. Le basculement sera automatique. En cas de bas niveau d'eau, le commutateur à flotteur fait passer le distributeur à 3 voies sur le réservoir d'appoint.

Proposition de matériel :

- Marque : SOTRALENTZ ou techniquement équivalent
- Type : Station d'alimentation pour installations de récupération d'eaux de pluie
- Débit max : 4.5 m³/h
- Hm : 4 bars
- Encombrement : 565 x 480 x 372 mm

6.3. Evacuation eaux pluviales

Les chutes EP seront raccordées sur les naissances en attente en sous face de dalle. Les naissances seront du type tronconique. Les chutes EP des terrasses descendront dans les gaines techniques prévues à cet effet. Les EP seront collectées en faux plafond du vide sanitaire. Les eaux pluviales feront l'objet d'un système de récupération à usage spécifique des sanitaires. Le réseau EP sera distinct du réseau EU/EV jusqu'à l'extérieur du bâtiment. Le réseau EP sera raccordé au réseau public sur regard de branchement.

Le stockage EP sera installé dans le local technique PAC au Sous Sol. Il sera composé de plusieurs cuves en polyester opaque. Les cuves seront fermées et raccordées en parallèle. L'ensemble permettra d'alimenter une colonne EF raccordée aux réservoirs des cuvettes de WC.

Annexe N°2 : Pompe à Chaleur CIAT Gamme DYNACIAT

Groupes de production d'eau glacée

Efficacité énergétique élevée
Compacts et silencieux
Compresseurs Scroll
Echangeurs à plaques brasées
Régulation électronique auto adaptative



DYNACIAT LG



Froid ou chaud



Puissance frigorifique : 35 à 350 kW
Puissance calorifique : 40 à 210 kW

UTILISATION

Les producteurs d'eau glacée ou d'eau chaude monoblocs à condensation par eau DYNACIAT série LC, sont des machines de puissance moyenne particulièrement adaptées aux applications de conditionnement d'air ou de chauffage de locaux collectifs et tertiaire, ainsi que les process et locaux industriels.

Ces appareils, monoblocs sont conçus pour être implantés en standard à l'intérieur d'un local, hors gel et hors intempéries.

Pour fonctionner en mode FROID, ces groupes doivent être refroidis par une circulation d'eau venant d'une source externe : nappe, eau de ville en utilisant une vanne de contrôle de débit ou raccordés à un aéroréfrigérant ou une tour de refroidissement.

Sur une source d'eau la série LGP peut être utilisée en mode CHAUD comme pompe à chaleur pendant la période hivernale.

Reliée à un plancher chauffant ou rafraîchissant, des ventilo-convecteurs ou une centrale de traitement d'air, une pompe à chaleur série LGP, permet le chauffage et la climatisation des bâtiments grâce à un jeu de vannes placées sur le réseau hydraulique (non fourni).

Chaque machine est entièrement assemblée, câblée électriquement (régulation et puissance), chargée en réfrigérant et testée en usine.

La mise en oeuvre est simplifiée, seuls les raccordements électriques et hydrauliques sont à prévoir sur le site.

GAMME

DYNACIAT série LG - LGP

modèles Froid seul ou chaud seul à condenseur à eau.

DYNACIAT série ILG

modèles pompes à chaleur Eau/Eau réversibles.

DYNACIAT série LGN

modèles Froid seul sans condenseur (pour split system).

DESRIPTIF

Les DYNACIAT série LG sont livrés en standard avec les composants suivants :

- condenseur à eau
- évaporateur eau glacée
- régulation de puissance en sortie d'eau glacée ou chaude
- coffret électrique de contrôle, automaticité et démarrage :
 - . Alimentation électrique : 3~50Hz 400V (+6%/-10%) + terre
 - . Circuit commande 1~50Hz 230V (+6%/-10%)(transformateurs montés en standard sur la machine)
- carrosserie pour installation intérieure

■ Conformité aux directives Européennes CE

- Directive "BASSE TENSION" (LVD)
- Machines 98 / 37 CEE
- Electromagnétique CEM 89 / 336 CEE
- Equipement sous pression DESP 97 / 23 CEE
 - . catégorie 2 (LG-LGP-ILG)
 - . hors domaine DESP (LGN) ensemble incomplet

■ Conforme aux normes

- EN 60-204 et EN 378-2

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES ET ÉLECTRIQUES

DynaCiat® ILG		120V	150V	200V	240V	300V
Puissance frigorifique ①	kW	29,2	38,0	50,8	59,1	77,0
Puissance absorbée ①	kW	8,0	10,2	13,9	15,8	20,2
Efficacité EER ③		3,65	3,72	3,65	3,74	3,81
Puissance calorifique ②	kW	38,9	50,8	67,9	78,6	101,5
Puissance absorbée ②	kW	9,1	11,7	16,1	18,1	23,3
Performances COP ③		4,27	4,34	4,22	4,34	4,35
Niveau puissance sonore	dB(A)	67	70	69	70	73
Compresseur		SCROLL hermétique 2900 tr/mn				
Mode de démarrage		Direct en cascade				
Nombre		1		2		
Type huile frigorifique		POE 3MAF (32 cst).				
Quantité d'huile	l (cir1)	3.25	3.6	5.5	8.1	9.2
Nb circuits frigorifiques		1				
Fluide frigorigène (GWP)		R410A (1720)				
Charge frigorigène	kg (cir1)	3.9	4	6.5	7.8	9.7
Alimentation électrique	ph/Hz/V	3-50Hz 400V (+6%/-10%) + Terre				
Intensité nominale Maxi	A	23.0	28.0	41.0	46.0	56.0
Intensité démarrage	A	118.0	198.0	139.0	141.0	226.0
Intensité démarrage option Soft Start	A	81.0	118	90.0	104.0	146.0
Pouvoir de coupure	kA	50				
Protection coffret		IP22				
Section Maxi câbles	mm²	50	50	50	50	50
Tension circuit Cde	ph/Hz/V	1-50Hz 230V (+6%/-10%) -transformateur monté				
Régulation de puissance	%	100-0	100-0	100-50-0	100-50-0	100-50-0
Circuit intérieur		Echangeur à plaques brasées				
Contenance en eau	l	2.7	3.6	4.8	5.3	9.9
Débit d'eau minimum	m³/h	5	6,5	9	10	13,5
Débit d'eau Maximum	m³/h	14	18	25	28	36
Raccordements eau	∅	G 1"1/2				G 2"
Pression de service maxi	bar	10 bars coté EAU				
Circuit extérieur		Echangeur à plaques brasées				
Contenance en eau	l	2.7	3.6	4.8	5.8	9.9
Débit d'eau minimum	m³/h	5	6,5	9	10	13,5
Débit d'eau Maximum	m³/h	14	18	25	28	36
Raccordements eau	∅	G 1"1/2				G 2"
Pression de service maxi	bar	10 bars coté EAU				
Température stockage	°C	-20°C / +50°C				
Volume eau mini	l	226	299	197	222	292
Hauteur en service ④	mm	1201	1201	1201	1201	1201
Longueur	mm	798	798	1492	1492	1492
Profondeur	mm	883	883	883	883	883
Poids à vide	kg	226	289	379	452	595
Poids ordre de marche	kg	237	301	394	468	622

Puissances basées sur :

① / FROID : +12°C/+7°C et +30°C/+35°C

② / CHAUD : +40°C/+45°C et +12°C/+7°C

③ EER ou COP en valeurs brutes

④ Hauteur hors plots-attaches de manutention

Tournez la page S.V.P.

PUISSANCES FRIGORIFIQUES - UTILISATION FROID



DYNACIAT ILG

R410A	ILG	Température sortie d'eau à l'évaporateur °C	TEMPÉRATURE SORTIE D'EAU AU CONDENSEUR °C												
			30		35		40		45		50		55		
			Pf kW	Pa kW	Pf kW	Pa kW	Pf kW	Pa kW	Pf kW	Pa kW	Pf kW	Pa kW	Pf kW	Pa kW	
	120V	Eau	5	28,9	7,1	27,3	7,9	25,6	8,8	23,8	9,9	21,8	11,1	19,8	12,3
			7	31,0	7,1	29,2	8,0	27,4	8,9	25,5	9,9	23,4	11,1	21,4	12,3
			12	36,5	7,2	34,5	8,0	32,5	8,9	30,5	9,9	28,2	11,1	25,9	12,3
			15	40,0	7,3	38,0	8,0	36,0	8,9	33,5	9,9	31,0	11,1	28,7	12,3
			18	43,5	7,3	41,5	8,1	39,5	8,9	37,0	9,9	34,5	11,1	32,0	12,3
	150V	Eau	5	37,0	9,2	35,5	10,1	33,5	11,3	31,5	12,6	29,3	14,0	27,0	15,4
			7	40,0	9,2	38,0	10,2	35,9	11,4	33,8	12,7	31,5	14,1	29,0	15,5
			12	47,0	9,3	45,0	10,3	42,6	11,4	40,0	12,8	37,5	14,3	34,8	15,7
			15	51,5	9,4	49,0	10,3	46,5	11,5	44,0	12,8	41,0	14,3	38,5	15,8
			18	56,5	9,5	54,0	10,4	51,0	11,5	48,3	12,8	45,0	14,3	42,0	15,8
	200V	Eau	5	50,2	12,3	47,4	13,8	44,2	15,6	41,0	17,6	37,4	19,9	33,8	22,2
			7	53,6	12,4	50,8	13,9	47,4	15,6	44,0	17,6	40,4	19,9	36,8	22,2
			12	63,7	12,5	60,2	13,9	56,8	15,6	52,8	17,6	48,6	19,9	44,6	22,2
			15	70,0	12,5	66,0	14,0	62,5	15,6	58,4	17,6	54,0	19,9	49,6	22,2
			18	76,0	12,6	72,0	14,0	68,0	15,7	64,0	17,7	59,6	19,9	55,0	22,2
240V	Eau	5	58,6	14,2	55,4	15,8	51,9	17,6	48,2	19,8	44,2	22,2	40,4	24,6	
		7	62,0	14,2	59,1	15,8	55,6	17,6	51,8	19,8	47,6	22,2	43,4	24,6	
		12	73,6	14,4	70,0	16,0	66,0	17,8	62,0	19,8	57,2	22,2	52,4	24,6	
		15	81,0	14,4	77,0	16,0	73,0	17,8	68,3	19,8	63,0	22,2	58,2	24,4	
		18	88,0	14,6	84,0	16,0	80,0	17,8	75,2	19,8	69,6	22,2	64,0	24,4	
300V	Eau	5	76,0	18,2	72,0	20,2	68,0	22,4	64,0	25,0	59,4	28,0	55,0	30,6	
		7	80,7	18,2	77,0	20,2	73,0	22,6	68,7	25,2	64,0	28,0	59,0	30,8	
		12	95,0	18,6	91,0	20,4	86,0	22,8	81,0	25,4	75,6	28,4	70,7	31,2	
		15	104,0	18,8	100,0	20,6	95,0	22,8	90,2	25,4	83,7	28,4	79,0	31,4	
		18	113,5	19,0	109,0	20,8	104,0	23,0	98,0	25,6	92,0	28,6	86,0	31,4	

Pf : Puissance frigorifique
Pa : Puissance absorbée compresseurs.

Zone d'utilisation eau glycolée obligatoire.
Encrassement de calcul 0,00005 m² °C/W
Conditions Eurovent

PUISSANCES CALORIFIQUES - UTILISATION CHAUD



DYNACIAT ILG

DYNACIAT LG

R410A	ILG	Température sortie d'eau à l'évaporateur °C	TEMPÉRATURE SORTIE D'EAU AU CONDENSEUR °C												
			30		35		40		45		50		55		
			Pc kW	Pa kW	Pc kW	Pa kW	Pc kW	Pa kW	Pc kW	Pa kW	Pc kW	Pa kW	Pc kW	Pa kW	
120V	Eau glycolée	-8	26,6	6,5	26,4	7,3	25,7	8,3	24,8	9,1					
		-4	30,2	6,5	29,5	7,2	28,8	8,2	28,0	9,1	27,1	10,3			
		2	35,9	6,6	35,2	7,3	34,3	8,1	33,4	9,2	32,5	10,3	31,2	11,9	
	Eau pure	5	39,9	6,6	38,9	7,3	38,0	8,1	36,9	9,1	35,9	10,2	34,8	11,4	
		7	42,2	6,6	41,1	7,3	40,1	8,2	38,9	9,1	37,5	10,2	36,5	11,4	
		10	45,6	6,7	44,5	7,4	43,4	8,2	42,1	9,1	40,3	10,1	39,3	11,4	
		12	48,5	6,8	47,3	7,5	46,0	8,2	44,6	9,1	43,1	10,1	41,7	11,4	
		15	51,4	6,8	50,4	7,5	49,4	8,2	47,6	9,1	46,1	10,1	44,7	11,4	
	150V	Eau glycolée	-8	34,6	8,2	34,0	9,2	33,5	10,3	32,7	11,4				
			-4	38,7	8,3	38,0	9,2	37,4	10,4	36,6	11,5	35,9	12,9		
			2	46,3	8,4	45,3	9,3	44,5	10,5	43,8	11,7	42,3	13,0	41,5	14,5
		Eau pure	5	51,4	8,5	50,4	9,4	49,4	10,5	48,4	11,7	47,0	13,1	45,9	14,8
7			54,2	8,6	53,2	9,5	52,2	10,5	50,8	11,7	49,5	13,1	48,5	14,8	
10			58,8	8,7	57,6	9,6	56,3	10,6	54,8	11,8	53,3	13,2	51,7	14,8	
12			62,4	8,9	61,2	9,7	59,7	10,6	58,1	11,8	56,5	13,1	54,8	14,8	
15			66,0	8,9	64,8	9,7	63,0	10,6	61,3	11,8	59,7	13,1	57,8	14,8	
200V		Eau glycolée	-8	46,4	11,1	45,0	12,7	44,1	14,4	43,3	16,3				
			-4	52,3	11,1	50,9	12,8	50,2	14,3	49,1	16,2	47,7	18,2		
			2	62,3	11,3	60,9	12,7	59,6	14,3	58,0	16,1	56,1	18,0	54,7	20,6
		Eau pure	5	69,6	11,4	67,9	12,8	66,2	14,3	64,5	16,0	62,3	18,2	61,1	20,2
	7		73,1	11,5	71,3	12,8	69,6	14,3	67,9	16,1	66,0	18,2	64,1	20,1	
	10		79,5	11,3	77,8	12,9	75,4	14,4	73,5	16,2	71,0	18,2	68,7	20,0	
	12		83,7	11,7	82,2	13,0	80,2	14,4	78,0	16,1	75,4	18,1	73,0	19,9	
	15		87,9	11,7	86,4	13,0	84,6	14,4	82,6	16,1	79,6	18,1	77,1	19,9	
	240V	Eau glycolée	-8	53,1	13,1	52,3	14,6	51,7	16,6	50,5	18,3				
			-4	59,8	13,0	58,8	14,6	57,8	16,5	56,5	18,3	55,4	20,9		
			2	71,3	13,2	69,9	14,7	68,4	16,5	66,8	18,5	65,6	20,8	63,8	23,3
		Eau pure	5	80,8	13,2	78,3	14,6	76,8	16,3	74,3	18,2	72,1	20,4	69,9	22,9
7			85,0	13,3	83,2	14,7	81,1	16,3	78,6	18,1	76,1	20,4	73,6	22,8	
10			92,4	13,5	89,6	14,9	87,7	16,4	85,5	18,2	82,7	20,3	79,6	22,8	
12			98,2	13,7	96,1	15,0	93,5	16,5	90,9	18,2	87,3	20,3	84,2	22,8	
15			104,0	13,7	102,0	15,0	100,0	16,5	97,0	18,2	93,0	20,3	90,0	22,8	
300V		Eau glycolée	-8	89,1	16,5	87,7	18,3	86,4	20,6	85,1	23,0				
			-4	77,7	16,7	76,5	18,4	75,0	20,7	73,7	23,2	72,2	25,7		
			2	92,6	16,9	91,1	18,6	89,5	20,8	87,8	23,4	85,5	26,0	83,1	28,9
		Eau pure	5	103,3	17,0	101,4	18,8	99,4	20,9	97,2	23,3	94,5	26,0	91,5	29,7
	7		107,9	17,1	106,3	18,8	104,1	20,9	101,5	23,3	98,9	26,1	95,1	29,8	
	10		117,2	17,4	114,6	19,1	112,1	21,1	109,1	23,4	106,2	26,2	101,6	29,9	
	12		124,1	17,5	121,3	19,3	118,6	21,3	115,7	23,4	112,5	26,3	107,7	29,9	
	15		131,0	17,5	128,0	19,3	125,5	21,3	122,6	23,4	119,4	26,3	114,6	29,9	

Pc : Puissance calorifique
Pa : Puissance absorbée compresseurs.

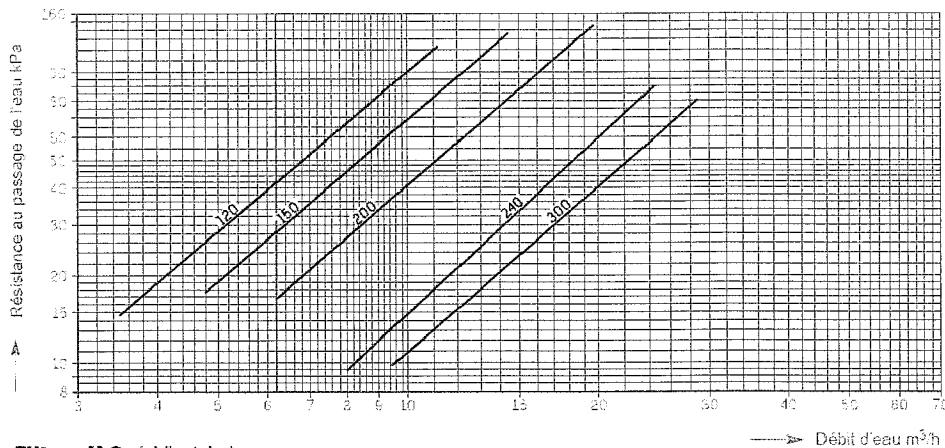
Zone d'utilisation eau glycolée obligatoire.
Encrassement de calcul 0,00005 m² °C/W
Conditions Eurovert

RÉSISTANCE AU PASSAGE DE L'EAU

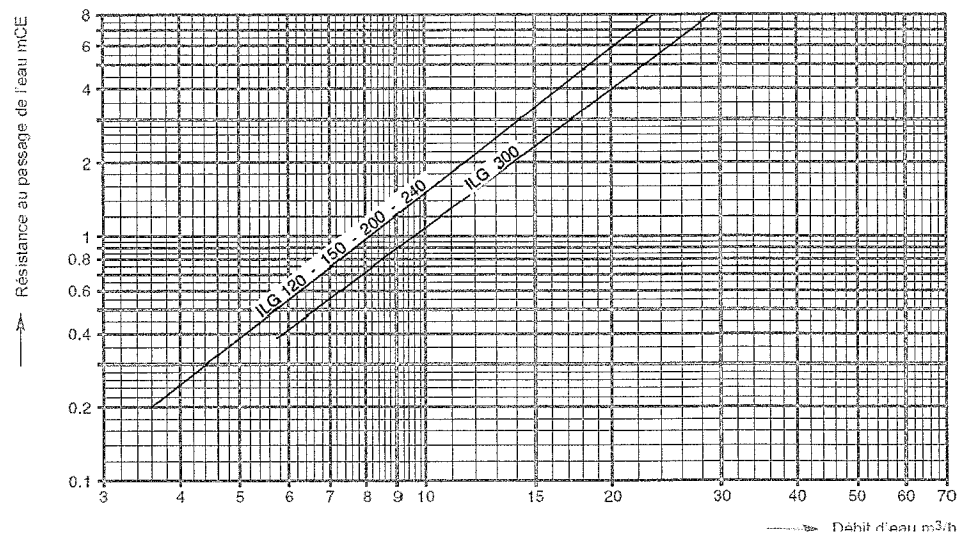
ILG 120 - 300

Dans l'évaporateur (utilisation interdite en dehors de ces limites)

CIRCUIT INTERIEUR ET CIRCUIT EXTERIEUR



Filtre - ILG (obligatoire)



NIVEAUX SONORES

La gamme DYNACIAT LG - LGP - LGN - ILG se distingue par une conception rigoureuse intégrant les dernières techniques d'assemblage "noiseless", garantissant une atténuation des vibrations et des sources sonores :

- ▣ Compresseur(s) Scroll monté (s) sur plots antivibratiles.
- ▣ Montage anti vibratile de circuit frigorifique sur une structure isolée du châssis (120 à 600).
- ▣ Tuyauteries désolidarisées de la structure de l'appareil.
- ▣ Panneautage double paroi, avec isolation laine minérale 25 mm (753 à 1200).
- ▣ Plots antivibratiles à placer entre le sol et l'appareil fournis en standard (753 à 1200).

▣ Niveaux de pression acoustique ref 2×10^{-5} Pa \pm 3 dB

Conditions de mesure :

- ▣ champ libre
- ▣ à 10 mètres de la machine, 1,50 mètre du sol
- ▣ directivité 2

Tailles	SPECTRE DE NIVEAU DE PRESSION (dB)							Niveau Lp global dB(A)
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	
120	46	34	34	28	28	29	28	35
150	47	43	41	35	29	33	25	39
200	47	28	29	31	31	33	30	38
240	47	37	37	31	31	32	31	38
300	50	46	44	38	32	36	28	42
350	51	43	43	37	33	38	31	42
400	52	44	45	37	36	39	32	44
500	53	43	45	36	38	40	34	45
540	51	46	44	39	34	37	33	43
600	52	48	47	41	35	39	31	45
753	57	36	38	43	41	37	37	46
900	57	37	39	44	42	38	38	47
1000	57	37	39	44	42	38	38	47
1100	58	39	40	44	42	42	42	49
1200	58	41	40	45	43	44	44	50

Annexe N°3 : Recommandations du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) et caractéristiques techniques des Sondes Géothermiques Verticales (SGV)

Recommandations du BRGM

Les prescriptions à respecter pour le dimensionnement sont les suivantes :

Dimensionnement du capteur	
Energie maximale prélevée dans le sol pour un terrain normalement humide	100 kWh/ml ^(*) .an
Energie maximale prélevée dans le sol pour un terrain meuble et sec (cailloux ou graviers secs)	65 kWh/ml ^(*) .an

^(*) kWh par mètre linéaire de sonde verticale ou de longueur de forage

Les valeurs peuvent varier de façon significative en fonction de la nature des terrains (eau, terrains secs), de leur altération et de la présence de fractures.

Les valeurs sont valides pour :

- de l'extraction de chaleur pouvant inclure la production d'eau chaude sanitaire,
- des profondeurs de sonde de 40 à 100 m,
- des sondes composées de tubes en double « U ».

Le paramètre, qui a le plus d'influence, est la conductivité thermique du terrain choisi pour implanter la SGV. Il peut être déterminé sur la base de valeurs prises dans la littérature, sur la base d'abaques, mais également à partir de tests de réponses thermiques du terrain.

Principe du Test de Réponse Thermique (TRT)

Le test de réponse thermique consiste à injecter de la chaleur de façon constante dans le terrain par l'intermédiaire de la sonde verticale et à mesurer, au cours du temps, la température en entrée et en sortie de sonde. Cette opération s'effectue, en circuit fermé, pressurisé, au sein duquel un fluide caloporteur est mis en circulation à l'aide d'une pompe, et chauffé en continu par l'intermédiaire d'une résistance électrique.

Au cours du test, les transferts thermiques, proches de la sonde, sont essentiellement radiaux et relativement constants le long de la sonde. L'évolution de la température moyenne du fluide, en fonction de la conductivité thermique moyenne peut alors être mise en équation.

Appareillage du Test de Réponse Thermique :

Le matériel, mis en œuvre lors du test, est constitué d'un système de chauffe, d'une pompe de circulation, d'un vase d'expansion et de dégazeurs. Des vannes permettent d'isoler certains secteurs afin d'effectuer la purge d'air du système ou de faire circuler l'eau de refroidissement.

Un système complet de mesure et d'acquisition de données (automate) est intégré dans ce module de chauffage pour l'enregistrement des paramètres fournis par huit capteurs :

- La température circuit aller et retour du fluide caloporteur
- La température extérieure et intérieure au module
- Le débit du fluide caloporteur
- La consommation électrique
- La pression circuit aller et retour du fluide caloporteur



Figure N°1 : Appareillage de test

Les valeurs mesurées sont transmises toutes les deux heures par GSM.

Test de Réponse Thermique du terrain réalisé dans le cadre de la construction de l'E.R.I.E. :

Les terrains rencontrés lors du forage sont :

- De 0 à 3 m : limons argileux,
- De 3 à 100 m : marnes argileuses avec passages sableux plus ou moins limoneux, présence de cailloutis.
- Pas de venue d'eau significative.

La cimentation a été réalisée avec du ciment à haute conductivité thermique.

Le test s'est déroulé en 2 phases : la première correspond à la mise en circulation dans la sonde, sans activer la chauffe, le but étant d'homogénéiser la température dans la sonde. La deuxième phase constitue le test effectif. La « chauffe » du fluide est activée et a été réalisée sur une durée de 44 heures consécutives. Il est à noter que le test a été interrompu à cause d'une chute de pression dans le circuit.

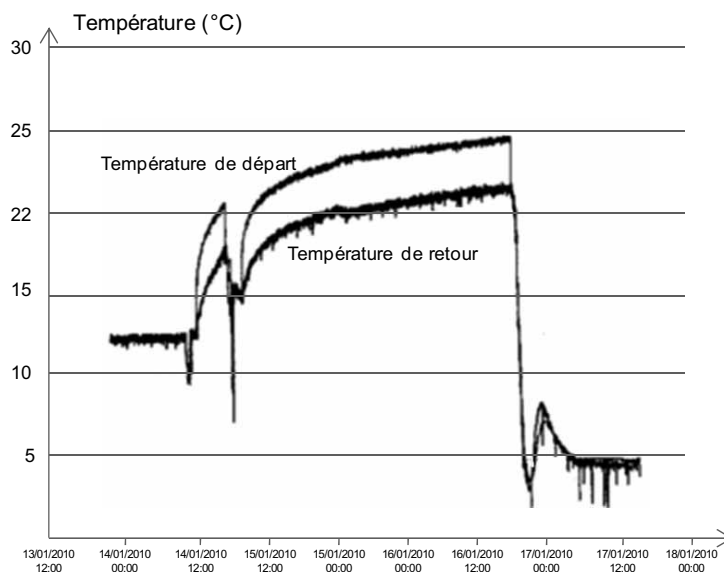


Figure N°2 : Evolution des températures de départ et de retour dans la sonde, lors du test

L'enclenchement du module de sonde implique une dérive des températures du fluide dans la sonde (voir figure N°2).

Les paramètres du test sont les suivants :

- Longueur effective de la sonde géothermique : 100 m
- Type de sonde : PE double U (4 x 32 mm)
- Diamètre des forages : 140 mm
- Débit : 19 litres /min
- Puissance moyenne fournie pendant le test : 4,7 kW
- Température initiale moyenne du fluide dans le forage : 12,5 °C

Paramètres thermiques retenus

Les paramètres thermiques indispensables à la modélisation des échanges de chaleur autour des sondes géothermiques sont :

- La conductivité thermique moyenne de la roche le long du forage, ce paramètre est une grandeur physique caractérisant le transfert de chaleur par conduction.
- La capacité thermique volumique moyenne de la roche le long du forage, ce paramètre quant à lui, caractérise la capacité du sous-sol à stocker de la chaleur. La capacité thermique volumique moyenne du terrain est de : 2,0 MJ/m³.K
- Le flux géothermique du sous sol : 100 mW/m²
- La résistance thermique du forage : 0,13 m²K/W

Conclusion

Le TRT a permis de déterminer la conductivité thermique moyenne ($\lambda = 2,74$ W/m.K) des terrains au droit du site. Ce résultat peut être utilisé pour modéliser l'évolution du champ de sondes géothermiques dans le temps et ainsi optimiser son dimensionnement.

Calcul de la puissance maximale soutirable

La table suivante permet de calculer la puissance maximum soutirable par mètre de sonde en double U, en fonction de la conductivité thermique des roches et des caractéristiques de l'installation.

Conductivité thermique du terrain λ (W/m.K)	Puissance maximale soutirable du terrain en Watt par mètre de sonde en double U			
	avec production d'eau chaude 2 200 heures /an		sans production d'eau chaude sanitaire 1800 heures/an	
	sans nappe souterraine	avec une nappe souterraine active	sans nappe souterraine	avec une nappe souterraine active
1,0	29,8	35,0	31,6	36,6
1,1	30,9	36,2	32,8	37,8
1,2	32,1	37,3	34,0	39,0
1,3	33,2	38,5	35,1	40,2
1,4	34,2	39,6	36,2	41,3
1,5	35,3	40,6	37,3	42,4
1,6	36,3	41,7	38,4	43,4
1,7	37,3	42,7	39,4	44,5
1,8	38,3	43,8	40,5	45,6
1,9	39,4	44,8	41,6	46,7
2,0	40,4	45,8	42,6	47,7
2,1	41,4	46,8	43,7	48,7
2,2	42,4	47,8	44,7	49,7
2,3	43,4	48,8	45,6	50,7
2,4	44,3	49,7	46,6	51,6
2,5	45,3	50,6	47,6	52,5
2,6	46,2	51,5	48,5	53,4
2,7	47,1	52,4	49,4	54,3
2,8	47,9	53,3	50,3	55,1
2,9	48,8	54,0	51,2	55,9
3,0	49,7	54,8	52,0	56,7
3,1	50,5	55,6	52,9	57,5
3,2	51,3	56,4	53,7	58,3
3,3	52,1	57,2	54,7	59,1
3,4	52,9	57,8	55,3	59,8
3,5	53,7	58,6	56,3	60,5
3,6	54,4	59,3	56,8	61,1
3,7	55,2	60,0	57,5	64,7
3,8	55,9	60,6	58,3	65,5
3,9	56,6	61,2	59,0	63,1
4,0	57,3	61,7	59,7	63,7

Implantation des ouvrages sur le terrain

Le foreur s'assurera de la conformité de l'implantation du (des) forage(s) sur plan et sur le terrain. Ainsi, des distances minimales sont à respecter avec les arbres (5 m), les réseaux enterrés non hydrauliques (1,5 m), les fondations, puits, fosses septiques, évacuations (3 m).

La disposition des capteurs, suivant une maille carrée, est à proscrire (voir schéma figure N°3) en raison des interférences thermiques entre forages. Par contre, une disposition en ligne est recommandée avec des variantes possibles : lignes parallèles avec intervalles décalés ou lignes perpendiculaires.

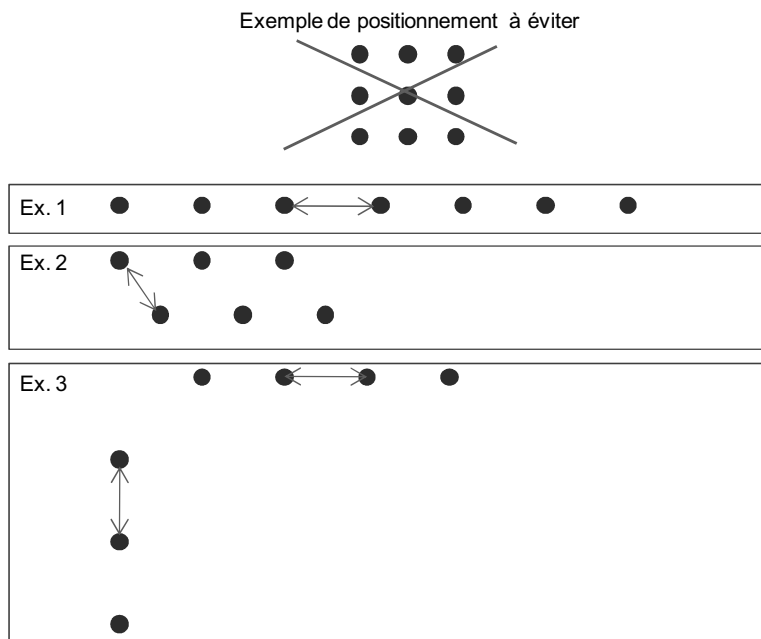


Figure N°3 : Extrait du rapport COSTIC « Générateur réversible eau glycolée/eau »

Extrait de documentation technique de la Sonde Géothermique Verticale double U de marque TERRA

Matériau : Polyéthylène Haute Densité - PE100 - Avis Technique n°14/07-1207

DN Sonde (mm)	PN (bar)	Ep. (mm)	Ø Pied de sonde (mm)	Longueur sonde (m)										Flux ALLER	Flux RETOUR
32	16	2,9	110	60	70	80	90	100	110	120	140	150	2 tubes Ø32	2 tubes Ø32	

Propriétés :

		PE 100
Densité	kg/m ³	960
Résistance à la traction	MPa	23
Allongement à la rupture	%	500
Module d'élasticité	MPa	1700
Rugosité absolue	mm	0,02
Dureté	Shore D	65
Coefficient de dilatation linéaire	mm/m°C	0,2
Conductivité thermique	W/m°C	0,4
Résistance minimale requise (MRS)	MPa	10
Contrainte de calcul	MPa	8



Figure N°4 : Tube Polyéthylène Haute Densité



Figure N°5 : Pied de sonde

Implantation :

La sonde sera scellée à l'aide d'un ciment de type bentonite afin d'optimiser l'échange thermique avec le sol. La distance entre 2 sondes sera, au minimum, de 5 m pour des profondeurs < 50 m, et de 6 m pour des profondeurs < 100 m.