



# Dimensionnement de l'installation géothermique sur sondes - Projet de construction de l'Hôtel de Ville de Chartres -

Réunion AICVF du 26/05/16 à Chartres

**GEOETHER**

2/20 rue Salvador Allende – 92 000 Nanterre – Tel : 01 55 17 16 10



## MISSIONS DE GEOTHER SUR LE PROJET

- ✓ **Au stade de l'offre : Pré-dimensionnement de la solution géothermique sur sondes verticales profondes (solution variante)**
  
- ✓ **Au stade de la mission d'exécution :**
  - **Réalisation d'un test en réponse thermique sur la première sonde**
  - **Dimensionnement final de l'installation**



## CONTEXTE

# Présentation de la solution de base : Solution géothermique sur pieux

|  |                  |
|--|------------------|
| Nombre de pieux  | 195              |
| Profondeur des pieux                                       | Entre 18 et 22 m |
| Linéaire total de pieux                                    | 3 339 m          |
| Espacement moyen entre les pieux                           | 3,5 m            |
| Coût de la solution de base (pieux + équipement des pieux) | 1 143 k€         |



### Avantages

- Intégration des sondes aux structures métalliques des pieux  
⇒ facilité de mise en œuvre
- Plusieurs sondes par pieux

### Inconvénients

- Possible incidence sur les caractéristiques structurelles des pieux (variations de température au sein du pieu)  
⇒ difficulté d'appréhension de cette incidence et des mesures compensatoires
- Retour d'expérience limité

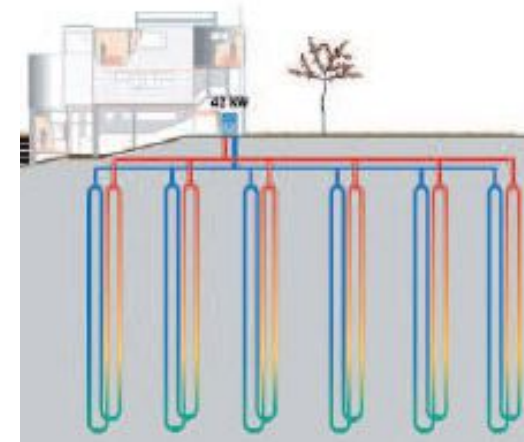




## CONTEXTE

### Présentation de la solution variante: Solution géothermique sur sondes avec fondation sur radier

|  |         |
|--|---------|
| Nombre de sondes                               | 25      |
| Profondeur des sondes                          | 150 m   |
| Linéaire total de sondes                       | 3 750 m |
| Espacement moyen entre les sondes              | 10 m    |
| Coût de la solution variante (sondes + radier) | 958 k€  |



- ✓ **Remarque : le choix du radier + sondes à entraîné une économie de 1 M€ sur le montant total par rapport à la solution de base**

#### Avantages

- Efficacité énergétique par sonde élevée
- Absence d'incidence sur l'aspect structurel du bâtiment
- Coût

#### Inconvénients

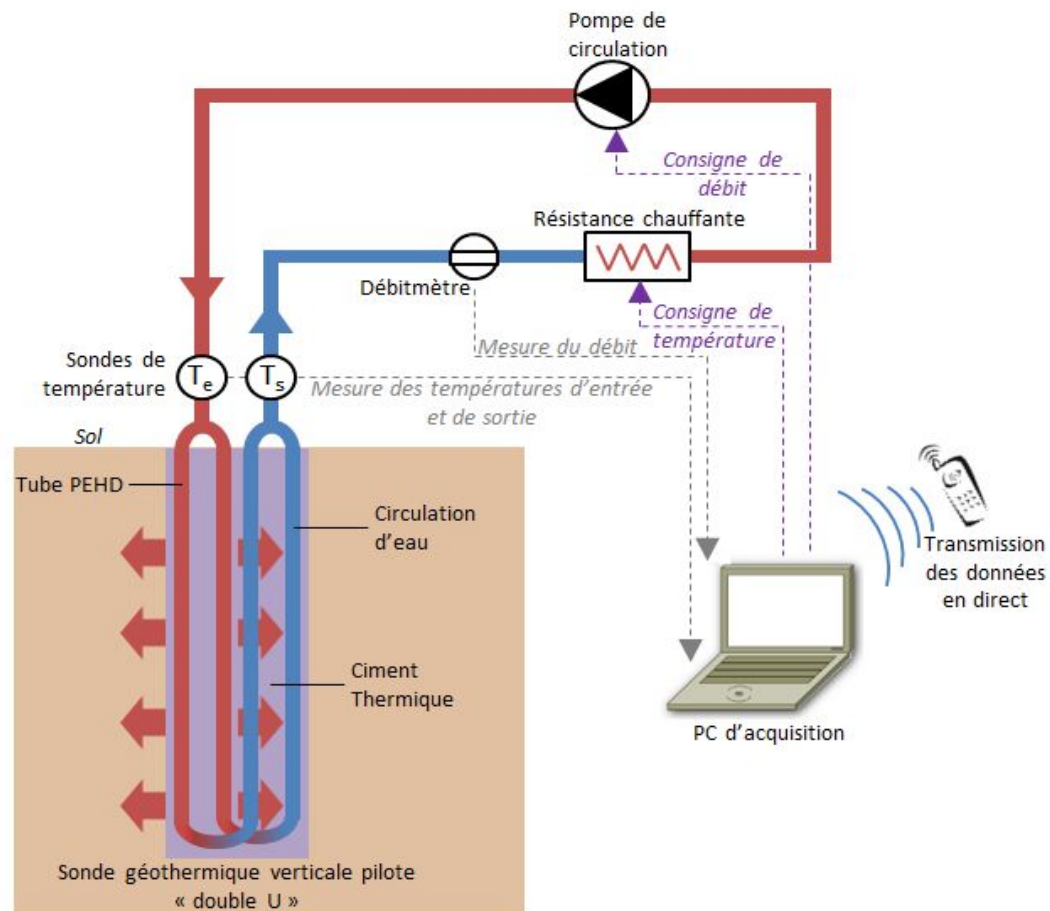
- Possibilité d'implantation des sondes sous le bâtiment



# REALISATION DU TEST EN REPONSE THERMIQUE

## Principe du test

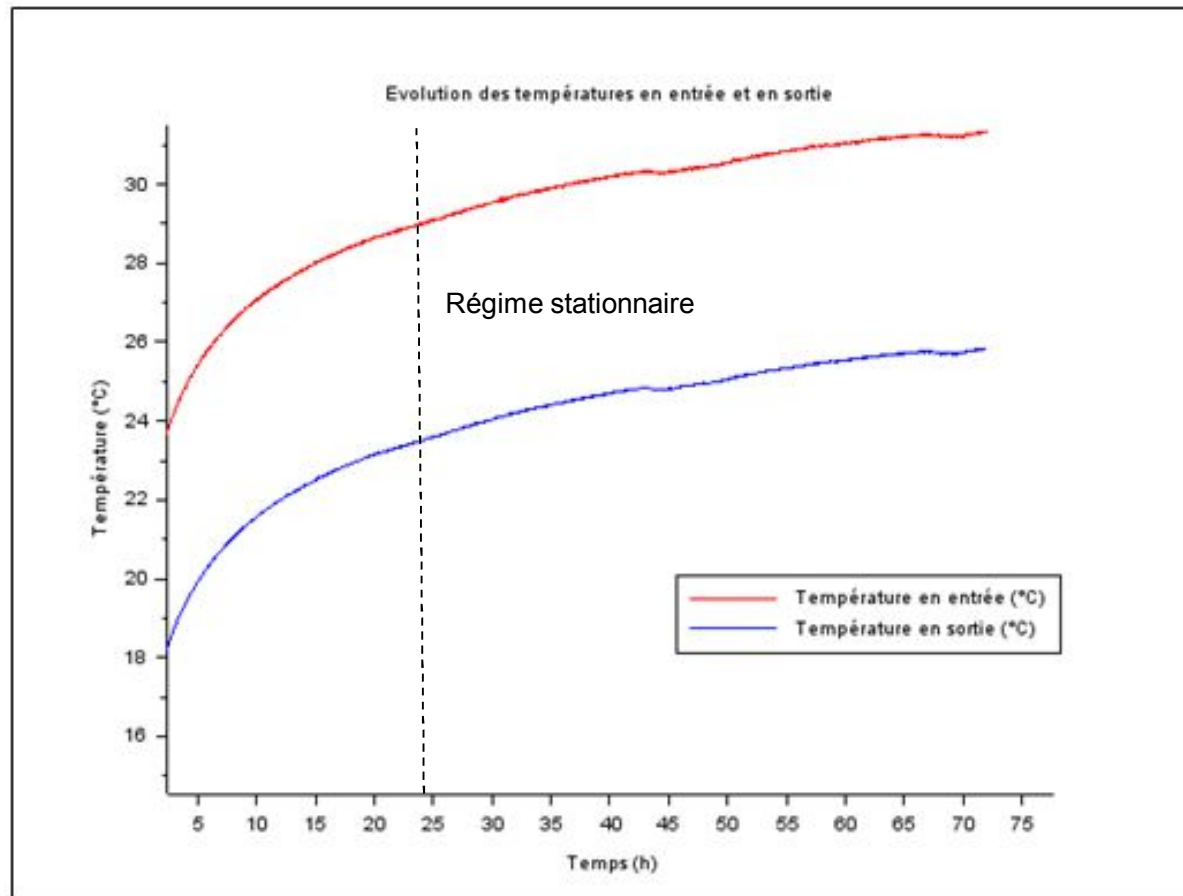
- ✓ Objectif : déterminer les caractéristiques thermiques du sous-sol





# REALISATION DU TEST EN REPONSE THERMIQUE

## Résultats du test réalisé



- ✓ Calcul de la conductivité par la loi de la source de chaleur linéaire



# REALISATION DU TEST EN REPONSE THERMIQUE

## Résultats du test réalisé

| Paramètres mesurés                          | Valeurs issues du test   | Valeurs estimées         |
|---|--------------------------|--------------------------|
| Température moyenne initiale $T_0$          | 14,7 °C                  | 14 °C                    |
| Capacité Calorifique volumique $C_p$        | 2,1 MJ/m <sup>3</sup> .K | 2,1 MJ/m <sup>3</sup> .K |
| Conductivité thermique du terrain $\lambda$ | 1,97 W/m.K               | 2,0 W/m.K                |

**Conductivité satisfaisante**

### Coupe géologique :

- 0 à 7 m : argile à silex
- 7 à 30 m : argile crayeuse
- 30 à 140 m : craie à silex
- 140 à 150 m : argile grise





## REALISATION DU DIMENSIONNEMENT FINAL

### Principe de dimensionnement d'un champ de sondes

**Objectif du dimensionnement : assurer la pérennité de l'installation au long terme.**

⇒ L'exploitation de l'énergie du sous-sol doit être adaptée en fonction de ses caractéristiques thermiques **afin que le sous-sol puisse se régénérer thermiquement**

Risque d'un mauvais dimensionnement : température trop élevée/trop basse dans les sondes => endommagement de l'installation

#### **Paramètres de dimensionnement :**

- *Paramètres fixes:*

- ✓ Caractéristiques thermiques du sous-sol

- *Paramètres variables :*

- ✓ Besoins énergétiques du bâtiments
- ✓ Longueur des sondes
- ✓ Espacement entre sondes
- ✓ Géométrie du champ de sonde
- ✓ Nombre de sondes

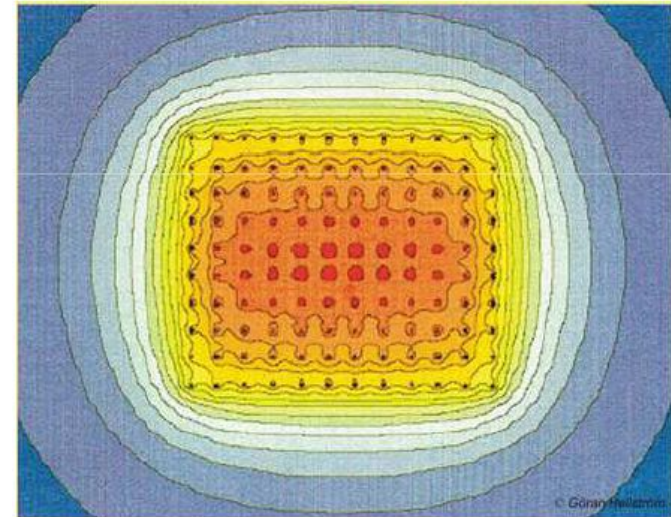
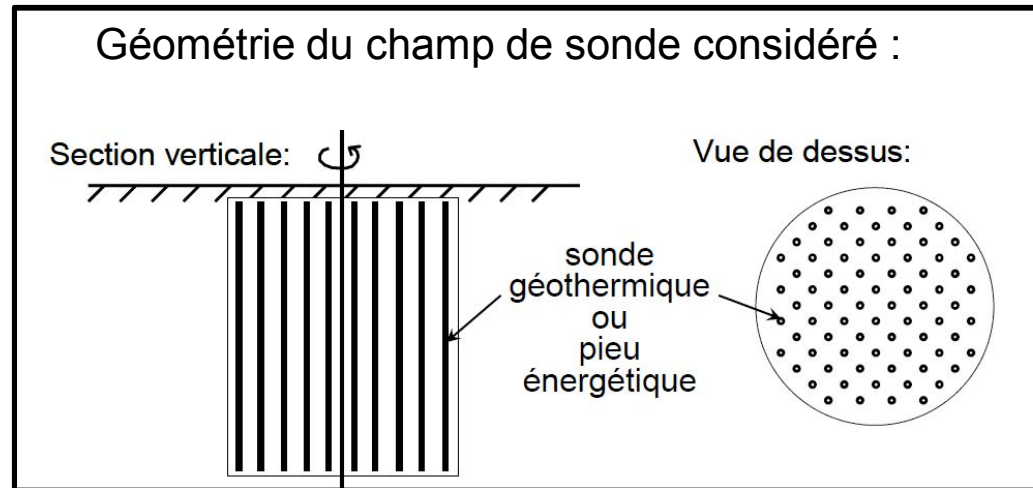




## REALISATION DU DIMENSIONNEMENT FINAL

### Présentation du logiciel de modélisation PILESIM 2

- ✓ PILESIM2 = programme de simulation dynamique basé sur l'outil de simulation TRNSYS
- ✓ Simulation heure par heure du système jusqu'à 50 années de fonctionnement
- ✓ Plusieurs fonctionnements simulables : chauffage seul, chauffage + géocooling, chauffage + froid actif, **chauffage + froid actif + thermofrigopompe**



Source: G. Hellström

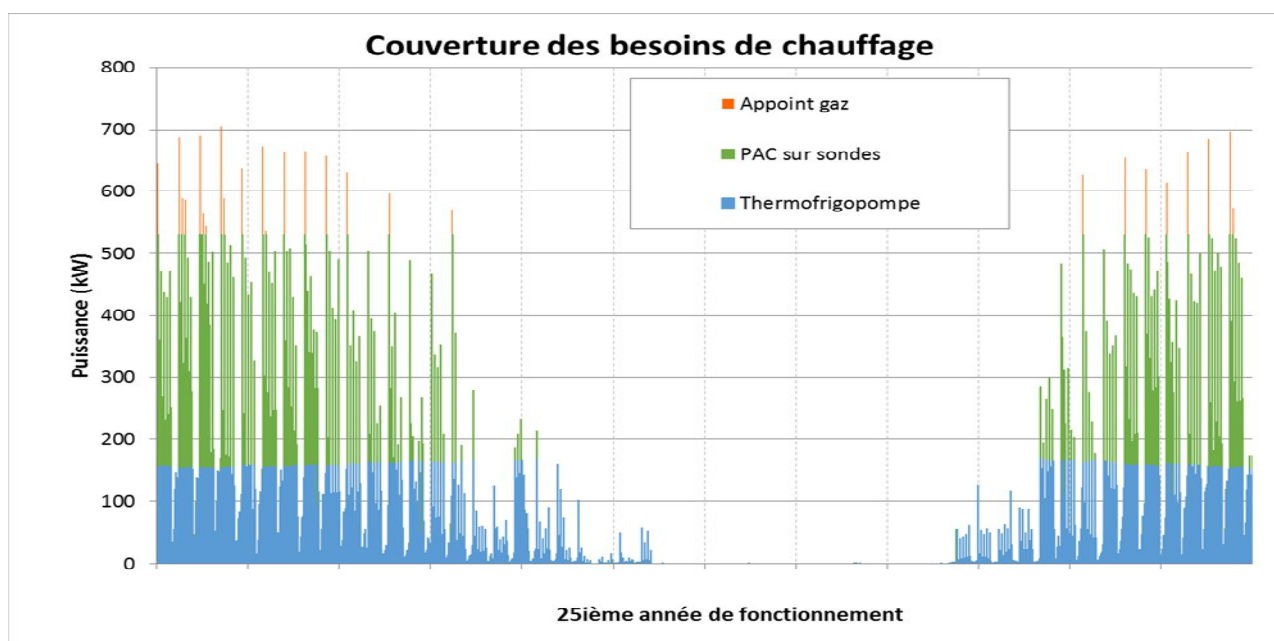
- ✓ Prise en compte des préconisations de dimensionnement telles que les extremums de température dans les sondes (de  $-3^{\circ}\text{C}$  à  $35^{\circ}\text{C}$ ), débit dans les sondes



# REALISATION DU DIMENSIONNEMENT FINAL

## Résultats de la modélisation

| <b>Paramètres</b>   | <b>Valeur obtenue</b> |
|---|-----------------------|
| Energie totale moyenne en chaud produite  | 385 MWh/an            |
| % couverture moyen des besoins de chaud   | 99 %                  |
| % couverture moyen des besoins de chaud produit par les sondes (25 ans)               | 25 %                  |
| Puissance de pointe moyenne en chaud produite par les sondes                          | 376 kW                |
| % couverture moyen des besoins de chaud produit par les locaux informatiques (25 ans) | 74 %                  |
| Puissance de pointe chaud produite par les locaux informatiques                       | 168 kW                |
| COP moyen sur 25 ans (chaud)  | 3,4                   |

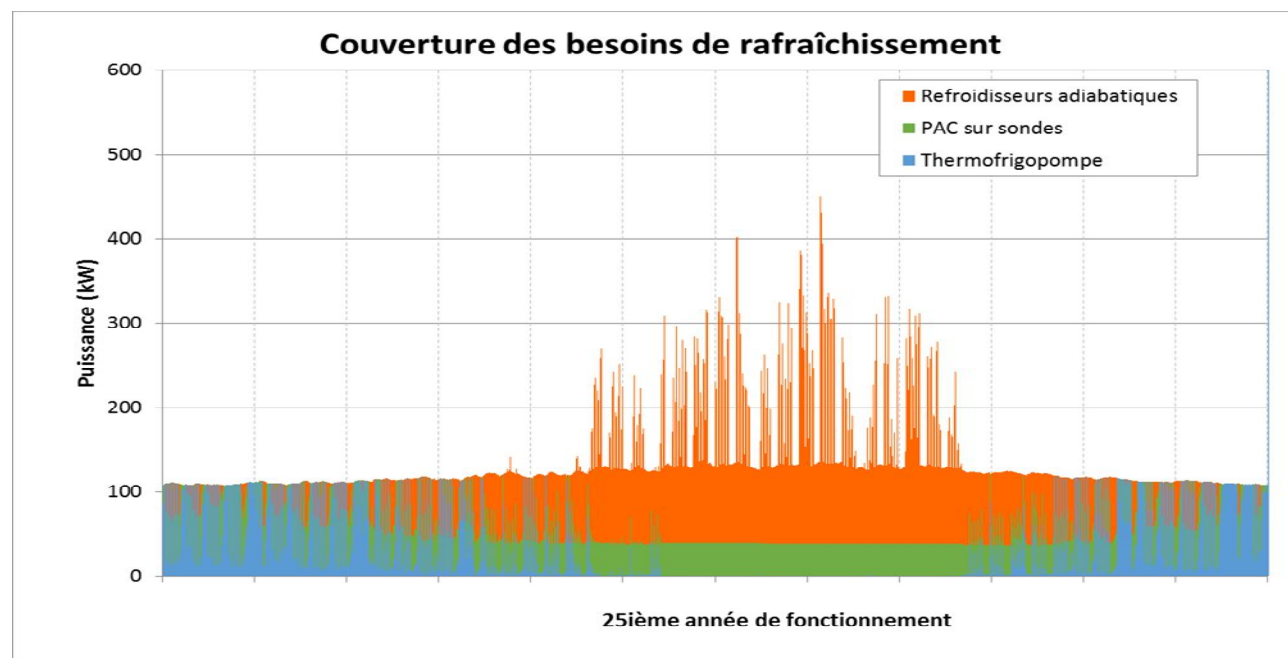




# REALISATION DU DIMENSIONNEMENT FINAL

## Résultats de la modélisation

| <b>Paramètres</b>  | <b>Valeur obtenue</b> |
|--|-----------------------|
| Energie totale en froid totale produite  | 636 MWh/an            |
| % couverture moyen des besoins de froid  | 56 %                  |
| % couverture moyen des besoins de froid par les sondes sur 25 ans              | 38 %                  |
| Puissance de pointe moyenne en froid produite par les sondes                   | 116 kW                |
| % couverture moyen des besoins de froid par chauffage des bâtiments sur 25 ans | 18 %                  |
| Puissance de pointe froid produite par les locaux informatiques                | 119 kW                |
| EER moyen sur 25 ans (froid)   | 2,6                   |





## CONCLUSION

- ✓ **Meilleure couverture des besoins de chaud et de froid que la solution sur pieux => couverture énergétique 1,6 fois supérieure à la solution de base**
- ✓ **Coûts optimisés => économie de 1 M€**