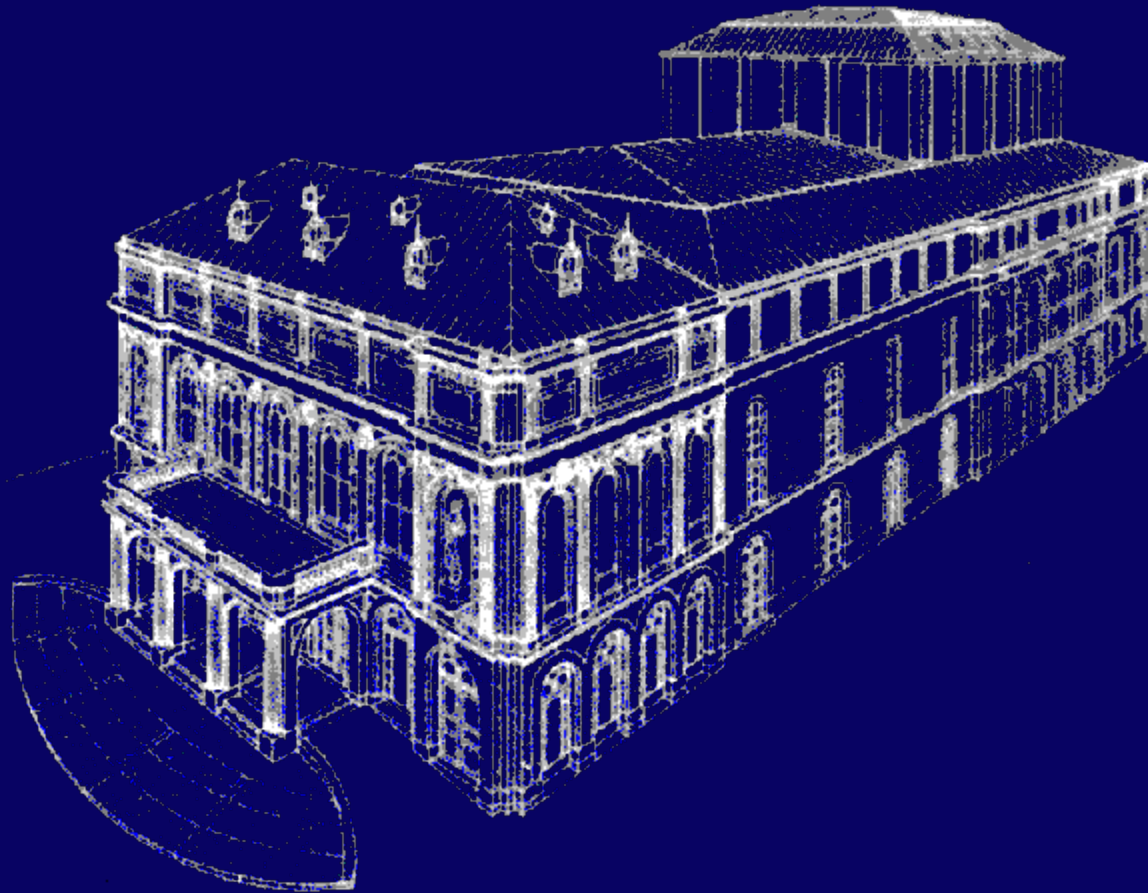


# THEATRE ROYAL DE NAMUR



Réduction des consommations énergétiques

# THEATRE ROYAL DE NAMUR

## Introduction

Le théâtre a été construit au milieu du 19<sup>ième</sup> siècle.

La dernière profonde rénovation a eu lieu de 1995 à 1998.

### Caractéristiques principales

- largeur : 27m
- longueur : 56m
- hauteur sous corniche du corps principal : 15m
- hauteur sous corniche de la cage de scène : 25m

# THEATRE ROYAL DE NAMUR

## Introduction

Le théâtre de NAMUR abrite le Foyer, pouvant accueillir 500 personnes debout, et 3 salles de spectacles :

La Grande Salle ayant une capacité de 900 places assises

L'Amphithéâtre ayant une capacité d'une centaine de places assises

Le Studio ayant une capacité de 110 places assises

Les bureaux de la partie administrative occupent une surface représentant à peu près 15% de la superficie totale des planchers chauffés du théâtre.

# Introduction

## Installation électrique

L'installation est alimentée à partir d'un transformateur unique de 630kVA.

## Installation HVAC

La production de chaleur était assurée par 2 chaudières à gaz de 440kW chacune

Des collecteurs hydrauliques principaux en chaufferie distribuent l'eau de chauffage vers divers récepteurs :

- 4 circuits de chauffage statique par radiateurs
- 1 circuit de chauffage statique par rayonnement de sol
- 2 boucles de distribution vers les batteries des groupes de ventilation
- 1 sous-station située derrière le foyer
- 1 échangeur à plaque préparant l'eau chaude sanitaire

L'installation compte 14 groupes de ventilation allant du plus gros (Grande Salle) au plus petit (extracteur des sanitaires) répartis dans les locaux techniques situés sous les toitures du bâtiment.

Le tableau ci-après rassemble l'essentiel de leurs caractéristiques.

# Introduction

| N° ref | Ref    | Zone                           | Pulsion (m³/h) | Extraction (m³/h) | Heures/an | P (kW)      | Conso (kWh/an) | Air Neuf Min (%) | Remarque            |
|--------|--------|--------------------------------|----------------|-------------------|-----------|-------------|----------------|------------------|---------------------|
|        |        | <b>TOTAL</b>                   | <b>36.050</b>  | <b>51.700</b>     |           | <b>16,1</b> | <b>77.830</b>  | <b>13</b>        |                     |
| 1      | GP1    | Grande Salle de Spectacle      | 6.075          | 0                 | 5.465     | 1,12        | 6.096          | 60%              | T° pulsion variable |
| 2      | GE1    | Grande Salle de Spectacle      | 0              | 5.700             | 5.465     | 1,05        | 5.719          | 60%              | T° pulsion variable |
| 3      | GP2    | Grande Salle de Spectacle      | 5.575          | 0                 | 5.465     | 1,02        | 5.594          | 60%              | T° pulsion variable |
| 4      | GE2    | Grande Salle de Spectacle      | 0              | 5.700             | 5.465     | 1,05        | 5.719          | 60%              | T° pulsion variable |
| 5      | GPE.3A | Petite Salle de Spectacle      | 3.100          | 3.100             | 5.465     | 1,14        | 6.221          | 60%              | T° pulsion variable |
| 6      | GPE.3B | Petite Salle de Spectacle      | 3.100          | 3.100             | 5.465     | 1,14        | 6.221          | 60%              | T° pulsion variable |
| 7      | GPE4   | Foyer                          | 11.200         | 11.200            | 5.465     | 4,11        | 22.476         | 60%              | T° pulsion variable |
| 8      | GPE5   | Salle de Répétition            | 4.400          | 4.400             | 5.465     | 1,62        | 8.830          | 100%             | T° pulsion variable |
| 9      | GPE6   | Régie                          | 450            | 450               | 4.745     | 0,17        | 784            | 100%             | T° pulsion variable |
| 10     | GPE7   | Salle de rencontre/Billetterie | 1.150          | 1.150             | 4.745     | 0,42        | 2.004          | 100%             | T° pulsion fixe     |
| 11     | GPE8   | Vestiaire/Salle de rencontre   | 1.000          | 1.000             | 4.745     | 0,37        | 1.742          | 100%             | T° pulsion fixe     |
| 12     | GE9A/B | Puits de scène                 | 0              | 11.500            | 50        | 2,11        | 106            | 100%             | T° pulsion fixe     |
| 13     | GE10   | Sanitaires                     | 0              | 1.950             | 8.760     | 0,36        | 3.136          | 100%             | T° pulsion fixe     |
| 14     | GE11   | Sanitaires                     | 0              | 650               | 8.760     | 0,12        | 1.045          | 100%             | T° pulsion fixe     |
| 15     | GE12   | Sanitaires                     | 0              | 300               | 8.760     | 0,06        | 483            | 100%             | T° pulsion fixe     |
| 16     | GE13   | Local Onduleur                 | 0              | 1.500             | 6.000     | 0,28        | 1.652          | 100%             | T° pulsion fixe     |

L'installation HVAC fonctionnait sous le contrôle de 12 automates de régulation et de commande programmables (en abrégé ARCP) de la marque SATCHWELL (type IAC600), placés dans 5 tableaux électriques répartis dans le bâtiment et connectés les uns aux autres par l'intermédiaire d'un bus de communication numérique bifilaire (norme RS485).

Au départ, le CCRN (Centre Culturel Régional Namurois) assumait l'entièreté du coût de fonctionnement des installations techniques.

Depuis 2002, pour des raisons que j'ignore, le Pouvoir Politique a décidé de prendre en charge la totalité des frais de consommation de gaz et d'électricité.

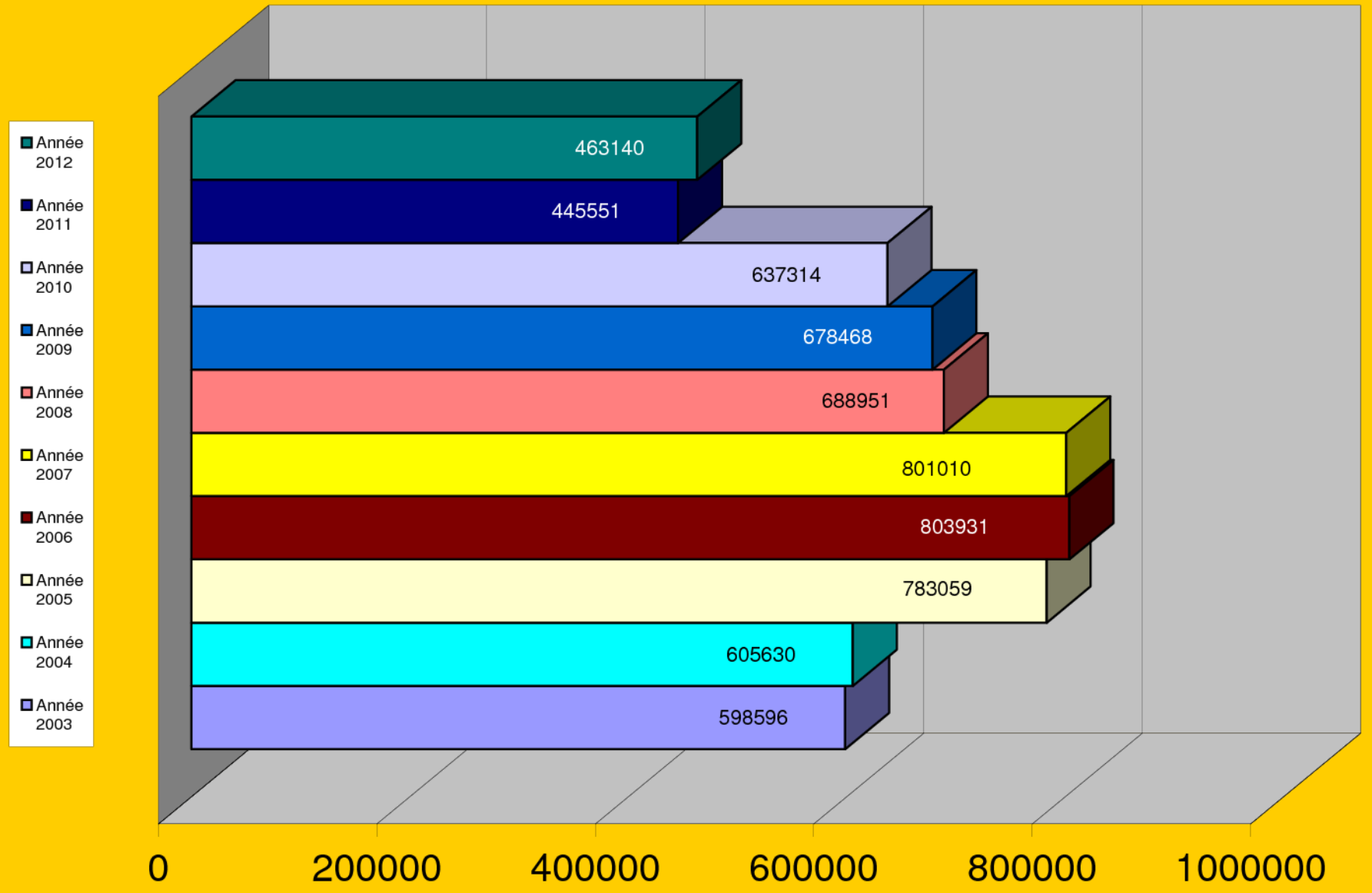
Le CCRN (Centre Culturel Régional Namurois) devait continuer à prendre en charge les frais d'entretien de toutes les installations techniques.

# 1. Détecter les anomalies

| Consommation d'énergie thermique |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Année                            | 2003      | 2004      | 2005      | 2006      | 2007      | 2008      | 2009      | 2010      | 2011      | 2012      |
| M³ gaz                           | 48542     | 47760     | 60314     | 60312     | 52623     | 53427     | 51524     | 61323     | 28017     | 36953     |
| KWh                              | 558231    | 549244    | 693615    | 693583    | 605169    | 614416    | 592522    | 705210    | 322190    | 424959    |
| KWhN                             | 598596    | 605630    | 783059    | 803931    | 801010    | 688951    | 678468    | 637314    | 445551    | 463140    |
| EUROS                            | 15.337,65 | 14.719,14 | 22.202,65 | 27.463,64 | 24.486,86 | 30.449,72 | 34.980,43 | 42.796,87 | 15.642,54 | 20.576,65 |

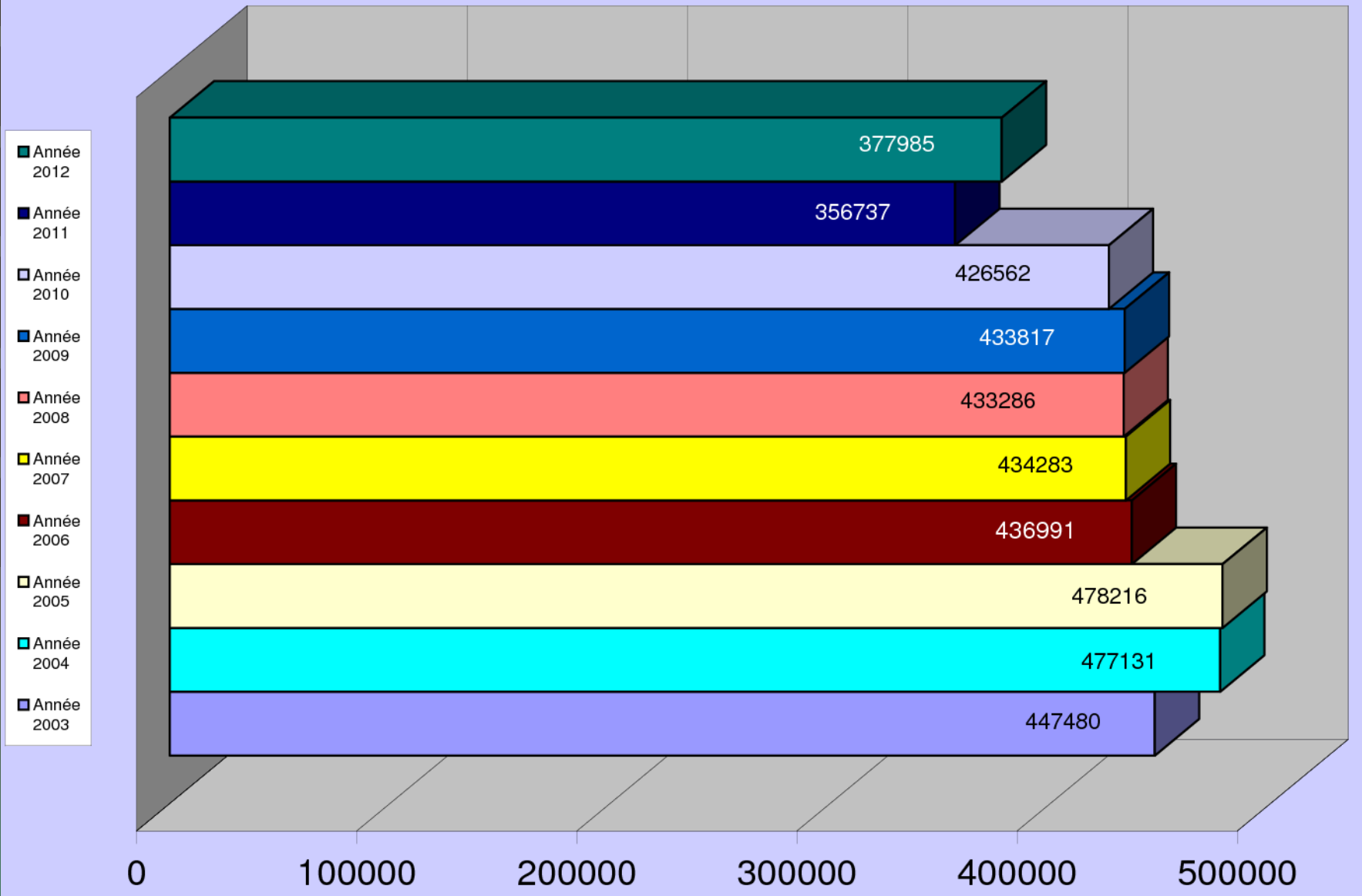
| Consommation d'énergie électrique |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Année                             | 2003      | 2004      | 2005      | 2006      | 2007      | 2008      | 2009      | 2010      | 2011      | 2012      |
| KW                                | 211       | 197       | 197       | 175       | 213       | 169       | 144       | 201       | 160       | 149       |
| KWh <sub>p</sub>                  | 246780    | 269653    | 269401    | 247985    | 244550    | 244541    | 241209    | 239520    | 207889    | 224315    |
| KWh <sub>c</sub>                  | 200700    | 207478    | 208815    | 189006    | 189733    | 188745    | 192608    | 187042    | 148848    | 153670    |
| Total KWh                         | 447480    | 477131    | 478216    | 436991    | 434283    | 433286    | 433817    | 426562    | 356737    | 377985    |
| EUROS                             | 44.318,66 | 51.977,05 | 54.308,90 | 52.699,72 | 53.114,09 | 57.513,85 | 67.311,71 | 69.178,82 | 49.019,29 | 52.119,45 |

# Energie thermique normalisée en KWh





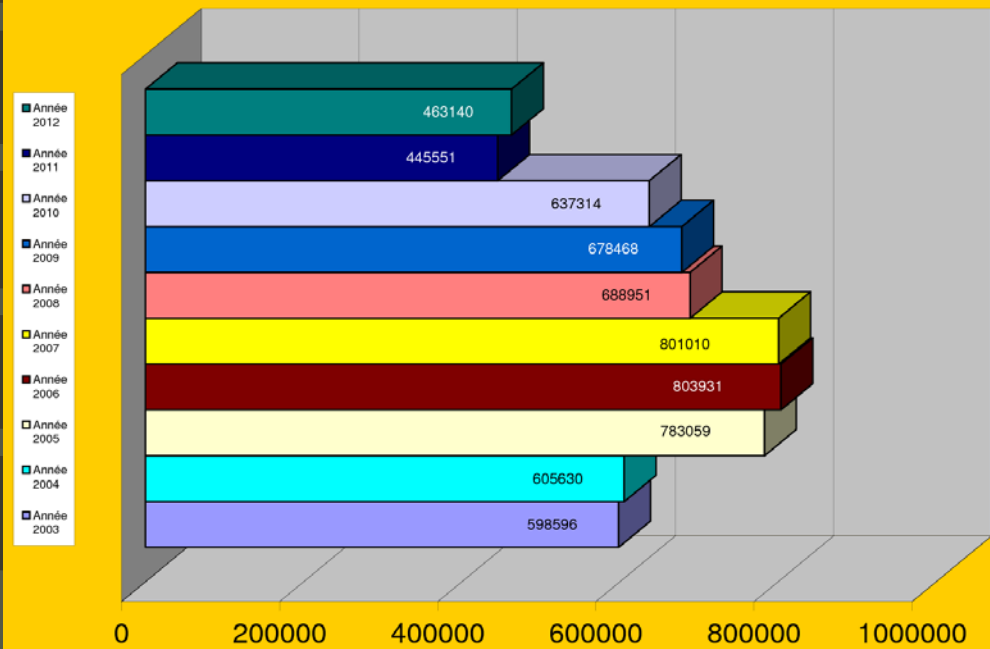
## Energie électrique totale en KWh



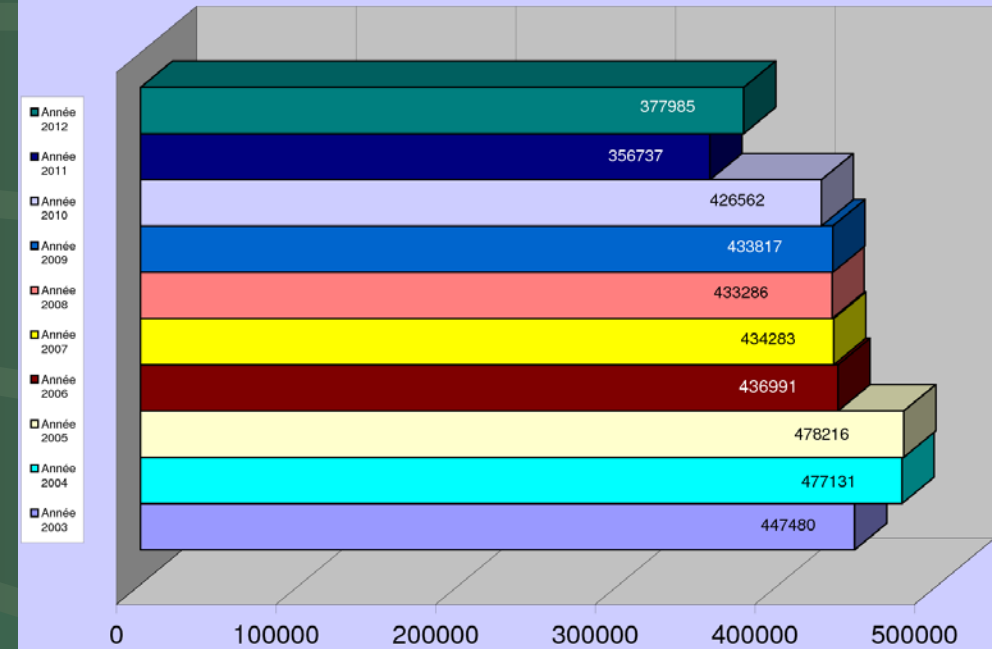


# 1. Détecter les anomalies

Energie thermique normalisée en KWh



Energie électrique totale en KWh



# 1. Détecter les anomalies

Consommation de l'année 2006 = **803.931**kWhN

$$C_s = 803.931 \text{ kWhN} / 3.500 \text{ m}^2 = \textbf{229 kWh/m}^2.\text{an}$$

**anormal**

?

**normal**

Par comparaison, le  $C_s$  de l'hôtel de ville est +/-110kWh/m<sup>2</sup>.an

Un autre indicateur pourrait être : kWhN / place de spectateur  
afin de le comparer avec beaucoup d'autres salles de spectacles en  
Belgique et à l'étranger.

**En tout cas, c'est surtout la croissance continue de 2003 à 2007  
qui avait attiré notre attention.**

## 2. Rechercher des informations

Depuis 1998, contrat liant le CCRN  
et une société privée pour  
l'entretien de l'installation HVAC  
du théâtre



Impartialité de la recherche de  
l'origine des anomalies si un audit  
est réalisé par une tierce partie  
compétente

Possibilité d'obtention d'un subside auprès de la Région Wallonne pour la réalisation  
d'un audit énergétique moyennant le respect de certaines conditions.

Procédure de marché public en avril 2008, commande de l'audit en juillet 2008  
avec obligation de rentrer le rapport en septembre 2008

Entretemps, recherche d'informations par mes propres moyens

Les techniciens du théâtre avaient transféré entièrement la conduite de l'HVAC  
à la société privée alors que le contrat ne le prévoyait pas

Les techniciens du privé ne connaissaient pas le matériel utilisé et certains outils  
de l'équipement originel avaient disparu de manière volontaire ou involontaire

## 2. Rechercher des informations

Pour pallier l'incompétence des techniciens du privé, le CCRN avait conclu un contrat avec la société bruxelloise ayant sous-traiter les travaux de régulation du chantier (1998)

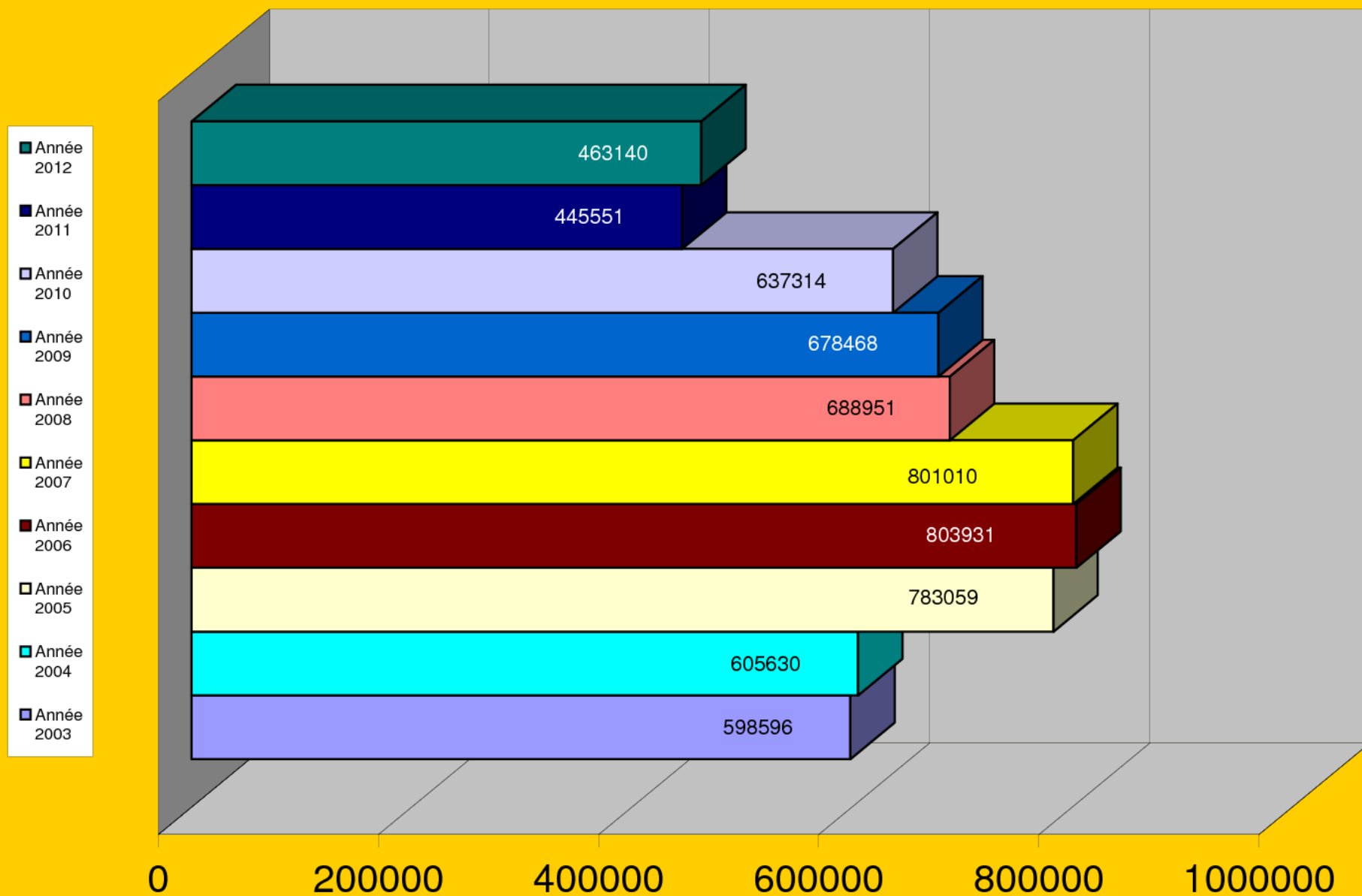
La société bruxelloise devait gérer la conduite de l'installation de régulation. Elle avait opté pour une télé-gestion via ligne téléphonique beaucoup plus rentable financièrement. Elle exigeait 1.500€/mois

Selon mes renseignements auprès de cette société, le théâtre communiquait les heures de début d'un spectacle mais pas toujours l'heure de sa fin d'où le fonctionnement souvent continu des ventilateurs

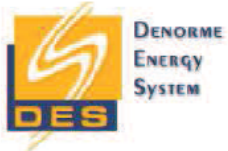
En conclusion, j'ai compris qu'il serait difficile de connaître la véritable responsabilité de chacun

Je reste persuadé que mon enquête est à l'origine de la diminution significative des consommations en 2008 et 2009

# Energie thermique normalisée en KWh



# 3. Confirmer et analyser les informations



Couthuin, le 16 septembre 2008

Client : Théâtre de Namur – Audit  
HVAC

Denorme Energy System  
rue de la Motte 6B à 4218 Couthuin  
tél. : 085/71.40.71 GSM : 0475/93.26.33 Fax : 085/71.40.70  
e-mail : info@denorme.be

## AUDIT ENERGETIQUE Théâtre de Namur – Audit HVAC



Etabli par : Grégory De Hoe  
Stéphane Denorme  
Véronique Denorme

Toutes les données contenues dans le présent rapport sont strictement confidentielles et, sauf accord écrit de l'autre partie, ne peuvent être révélées à des tiers que moyennant l'accord express d'une personne pouvant engager DES.

Mesures enregistrées = meilleures preuves matérielles

Eté = période peu propice en matière de chauffage

Eté = peu ou pas d'activité théatrale

Estimation des pertes énergétiques au travers de l'enveloppe du bâtiment = 340.000kWh/an

A partir des données de base relevées sur place, DES a calculé les besoins thermiques liés à l'occupation de la grande salle

### 3. Confirmer et analyser les informations

Taux d'air neuf = 0%

Taux d'air neuf = 0%

|                        |     |       |       |       |       |       |       | Personnes |       |       |
|------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|
|                        |     | 0     | 100   | 200   | 300   | 400   | 500   | 600       | 700   | 800   |
| T° ext (°C)            | 30  | -23,3 | -33,3 | -43,3 | -53,3 | -61,3 | -66,3 | -71,3     | -76,3 | -81,3 |
|                        | 25  | -15,0 | -25,0 | -35,0 | -45,0 | -53,0 | -58,0 | -63,0     | -68,0 | -73,0 |
|                        | 20  | -6,7  | -16,7 | -26,7 | -36,7 | -44,7 | -49,7 | -54,7     | -59,7 | -64,7 |
|                        | 15  | 1,7   | -8,3  | -18,3 | -28,3 | -36,3 | -41,3 | -46,3     | -51,3 | -56,3 |
|                        | 10  | 10,0  | 0,0   | -10,0 | -20,0 | -28,0 | -33,0 | -38,0     | -43,0 | -48,0 |
|                        | 5   | 18,3  | 8,3   | -1,7  | -11,7 | -19,7 | -24,7 | -29,7     | -34,7 | -39,7 |
|                        | 0   | 26,7  | 16,7  | 6,7   | -3,3  | -11,3 | -16,3 | -21,3     | -26,3 | -31,3 |
|                        | -5  | 35,0  | 25,0  | 15,0  | 5,0   | -3,0  | -8,0  | -13,0     | -18,0 | -23,0 |
|                        | -10 | 43,3  | 33,3  | 23,3  | 13,3  | 5,3   | 0,3   | -4,7      | -9,7  | -14,7 |
|                        |     |       |       |       |       |       |       |           |       |       |
| Perte Totale (kW/K)    |     | 1,7   | 1,7   | 1,7   | 1,7   | 1,7   | 1,7   | 1,7       | 1,7   | 1,7   |
| Perte salle (kW/K)     |     | 1,7   | 1,7   | 1,7   | 1,7   | 1,7   | 1,7   | 1,7       | 1,7   | 1,7   |
| Perte air frais (kW/K) |     | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0       | 0,0   | 0,0   |
| T° pulsion             |     | 20,7  | 19,4  | 18,1  | 16,8  | 16,0  | 16,0  | 16,0      | 16,0  | 16,0  |
| Charge totale          |     | 5,0   | 10,0  | 15,0  | 20,0  | 25,0  | 30,0  | 35,0      | 40,0  | 45,0  |
| Charge Eclairage       |     | 5,0   | 5,0   | 5,0   | 5,0   | 5,0   | 5,0   | 5,0       | 5,0   | 5,0   |
| Charge Personnes       |     | 0,0   | 5,0   | 10,0  | 15,0  | 20,0  | 25,0  | 30,0      | 35,0  | 40,0  |

L'intérêt de minimiser l'air neuf est clairement visible pour les périodes hors représentation : la charge thermique nécessaire est réduite de 60 à 95% (selon la T° ext) : charge de 1,7 à 43,3 kW, contre 17,8 à 116,9. Pour les spectacles, la ventilation avec air neuf est essentielle pour apporter les frigories nécessaires.



### 3. Confirmer et analyser les informations

Taux d'air neuf = 60%

Taux d'air neuf = 60%

|                        |     |       |       |       |       |       |       | Personnes |       |       |
|------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|
|                        |     | 0     | 100   | 200   | 300   | 400   | 500   | 600       | 700   | 800   |
| T° ext (°C)            | 30  | -41,7 | -51,7 | -61,7 | -71,7 | -79,7 | -84,7 | -89,7     | -94,7 | -99,7 |
|                        | 25  | -21,9 | -31,9 | -41,9 | -51,9 | -59,9 | -64,9 | -69,9     | -74,9 | -79,9 |
|                        | 20  | -2,1  | -12,1 | -22,1 | -32,1 | -40,1 | -45,1 | -50,1     | -55,1 | -60,1 |
|                        | 15  | 17,8  | 7,8   | -2,2  | -12,2 | -20,2 | -25,2 | -30,2     | -35,2 | -40,2 |
|                        | 10  | 37,6  | 27,6  | 17,6  | 7,6   | -0,4  | -5,4  | -10,4     | -15,4 | -20,4 |
|                        | 5   | 57,4  | 47,4  | 37,4  | 27,4  | 19,4  | 14,4  | 9,4       | 4,4   | -0,6  |
|                        | 0   | 77,3  | 67,3  | 57,3  | 47,3  | 39,3  | 34,3  | 29,3      | 24,3  | 19,3  |
|                        | -5  | 97,1  | 87,1  | 77,1  | 67,1  | 59,1  | 54,1  | 49,1      | 44,1  | 39,1  |
|                        | -10 | 116,9 | 106,9 | 96,9  | 86,9  | 78,9  | 73,9  | 68,9      | 63,9  | 58,9  |
|                        |     |       |       |       |       |       |       |           |       |       |
| Perte Totale (kW/K)    |     | 4,0   | 4,0   | 4,0   | 4,0   | 4,0   | 4,0   | 4,0       | 4,0   | 4,0   |
| Perte salle (kW/K)     |     | 1,7   | 1,7   | 1,7   | 1,7   | 1,7   | 1,7   | 1,7       | 1,7   | 1,7   |
| Perte air frais (kW/K) |     | 2,3   | 2,3   | 2,3   | 2,3   | 2,3   | 2,3   | 2,3       | 2,3   | 2,3   |
| T° pulsion             |     | 20,7  | 19,4  | 18,1  | 16,8  | 16,0  | 16,0  | 16,0      | 16,0  | 16,0  |
| Charge totale          |     | 5,0   | 10,0  | 15,0  | 20,0  | 25,0  | 30,0  | 35,0      | 40,0  | 45,0  |
| Charge Eclairage       |     | 5,0   | 5,0   | 5,0   | 5,0   | 5,0   | 5,0   | 5,0       | 5,0   | 5,0   |
| Charge Personnes       |     | 0,0   | 5,0   | 10,0  | 15,0  | 20,0  | 25,0  | 30,0      | 35,0  | 40,0  |

#### Observations :

1. Lorsque la salle est remplie, il faut que la T° extérieure soit inférieure à 5°C pour qu'il y ait une demande de chaleur. En pratique donc, il n'y a donc très rarement besoin de chauffage additionnel lorsque la salle est pleinement utilisée.
2. Par contre, lorsque la salle est vide, il y a un besoin de chauffage jusqu'à une T° extérieure de 15°C environ, besoin principalement dû au taux d'air neuf important. On remarque donc que l'essentiel de la consommation de chauffage est dû aux périodes d'inoccupation<sup>2</sup> de la salle.

### 3. Confirmer et analyser les informations

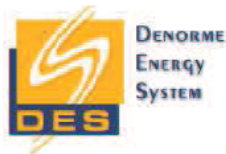


Pour un taux d'air neuf de 100% :

|                        |       |       |       |       |       |       |        | Personnes |        |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----------|--------|
|                        |       |       |       |       |       |       |        | 700       | 800    |
| T° ext (°C)            | 30    | 25    | 20    | 15    | 10    | 5     | 0      | -5        | -10    |
|                        | 0     | 100   | 200   | 300   | 400   | 500   | 600    | 700       | 800    |
|                        | -54,0 | -64,0 | -74,0 | -84,0 | -92,0 | -97,0 | -102,0 | -107,0    | -112,0 |
|                        | -26,5 | -36,5 | -46,5 | -56,5 | -64,5 | -69,5 | -74,5  | -79,5     | -84,5  |
|                        | 1,0   | -9,0  | -19,0 | -29,0 | -37,0 | -42,0 | -47,0  | -52,0     | -57,0  |
|                        | 28,5  | 18,5  | 8,5   | -1,5  | -9,5  | -14,5 | -19,5  | -24,5     | -29,5  |
|                        | 56,0  | 46,0  | 36,0  | 26,0  | 18,0  | 13,0  | 8,0    | 3,0       | -2,0   |
|                        | 83,5  | 73,5  | 63,5  | 53,5  | 45,5  | 40,5  | 35,5   | 30,5      | 25,5   |
|                        | 111,0 | 101,0 | 91,0  | 81,0  | 73,0  | 68,0  | 63,0   | 58,0      | 53,0   |
|                        | 138,5 | 128,5 | 118,5 | 108,5 | 100,5 | 95,5  | 90,5   | 85,5      | 80,5   |
|                        | 166,0 | 156,0 | 146,0 | 136,0 | 128,0 | 123,0 | 118,0  | 113,0     | 108,0  |
| Perte Totale (kW/K)    | 5,5   | 5,5   | 5,5   | 5,5   | 5,5   | 5,5   | 5,5    | 5,5       | 5,5    |
| Perte salle (kW/K)     | 1,7   | 1,7   | 1,7   | 1,7   | 1,7   | 1,7   | 1,7    | 1,7       | 1,7    |
| Perte air frais (kW/K) | 3,8   | 3,8   | 3,8   | 3,8   | 3,8   | 3,8   | 3,8    | 3,8       | 3,8    |
| T° pulsion             | 20,7  | 19,4  | 18,1  | 16,8  | 16,0  | 16,0  | 16,0   | 16,0      | 16,0   |
| Charge totale          | 5,0   | 10,0  | 15,0  | 20,0  | 25,0  | 30,0  | 35,0   | 40,0      | 45,0   |
| Charge Eclairage       | 5,0   | 5,0   | 5,0   | 5,0   | 5,0   | 5,0   | 5,0    | 5,0       | 5,0    |
| Charge Personnes       | 0,0   | 5,0   | 10,0  | 15,0  | 20,0  | 25,0  | 30,0   | 35,0      | 40,0   |

Un taux d'air neuf maximum n'est par contre pas spécialement intéressant au point de vue énergétique lorsque la salle est remplie, car la T° minimale de pulsion demandée (16°C) implique de chauffer l'air pulsé lorsque la T° extérieure est trop fraîche.

# 3. Confirmer et analyser les informations



Couthuin, le 16 septembre 2008

Client : Théâtre de Namur – Audit  
HVAC

Denorme Energy System  
rue de la Motte 6B à 4218 Couthuin  
tél. : 085/71.40.71 GSM : 0475/93.26.33 Fax : 085/71.40.70  
e-mail : info@denorme.be

## AUDIT ENERGETIQUE Théâtre de Namur – Audit HVAC



Etabli par : Grégory De Hoe  
Stéphane Denorme  
Véronique Denorme

Toutes les données contenues dans le présent rapport sont strictement confidentielles et, sauf accord écrit de l'autre partie, ne peuvent être révélées à des tiers que moyennant l'accord express d'une personne pouvant engager DES.

Mesures enregistrées = meilleures preuves matérielles

Été = période peu propice en matière de chauffage

Été = peu ou pas d'activité théatrale

Estimation des pertes énergétiques au travers de l'enveloppe du bâtiment = 340.000kWh/an

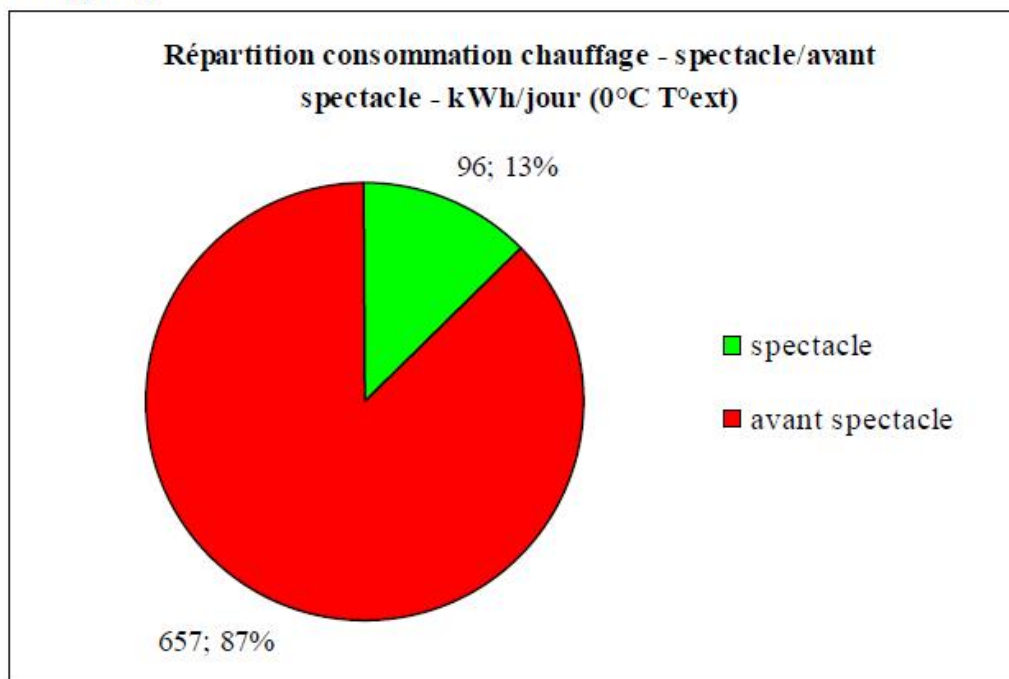
A partir des données de base relevées sur place, DES a calculé les besoins thermiques liés à l'occupation de la grande salle

DES a estimé que, pour la grande salle, 87% de l'énergie consommée concerne les périodes hors spectacles



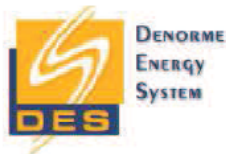
### 3. Confirmer et analyser les informations

En prenant comme hypothèse que la salle est utilisée pour les spectacles le soir de 19h à 24h, la répartition de consommation de chauffage pour la période de spectacle et d'avant spectacle serait la suivante (en kWh/jour) :



On a donc environ 87% de la consommation de chauffage pour la période hors spectacle. Cette valeur sera même plus élevée sur l'année, car la T° extérieure n'est plus souvent proche de 0°C en Belgique, même en hiver.

# 3. Confirmer et analyser les informations



Couthuin, le 16 septembre 2008

Client : Théâtre de Namur – Audit  
HVAC

Denorme Energy System  
rue de la Motte 6B à 4218 Couthuin  
tél. : 085/71.40.71 GSM : 0475/93.26.33 Fax : 085/71.40.70  
e-mail : info@denorme.be

## AUDIT ENERGETIQUE Théâtre de Namur – Audit HVAC



Etabli par : Grégory De Hoe  
Stéphane Denorme  
Véronique Denorme

Toutes les données contenues dans le présent rapport sont strictement confidentielles et, sauf accord écrit de l'autre partie, ne peuvent être révélées à des tiers que moyennant l'accord express d'une personne pouvant engager DES.

Mesures enregistrées = meilleures preuves matérielles

Été = période peu propice en matière de chauffage

Été = peu ou pas d'activité théatrale

Estimation des pertes énergétiques au travers de  
l'enveloppe du bâtiment = 340.000kWh/an

A partir des données de base relevées sur place, DES a calculé  
les besoins thermiques liés à l'occupation de la grande salle

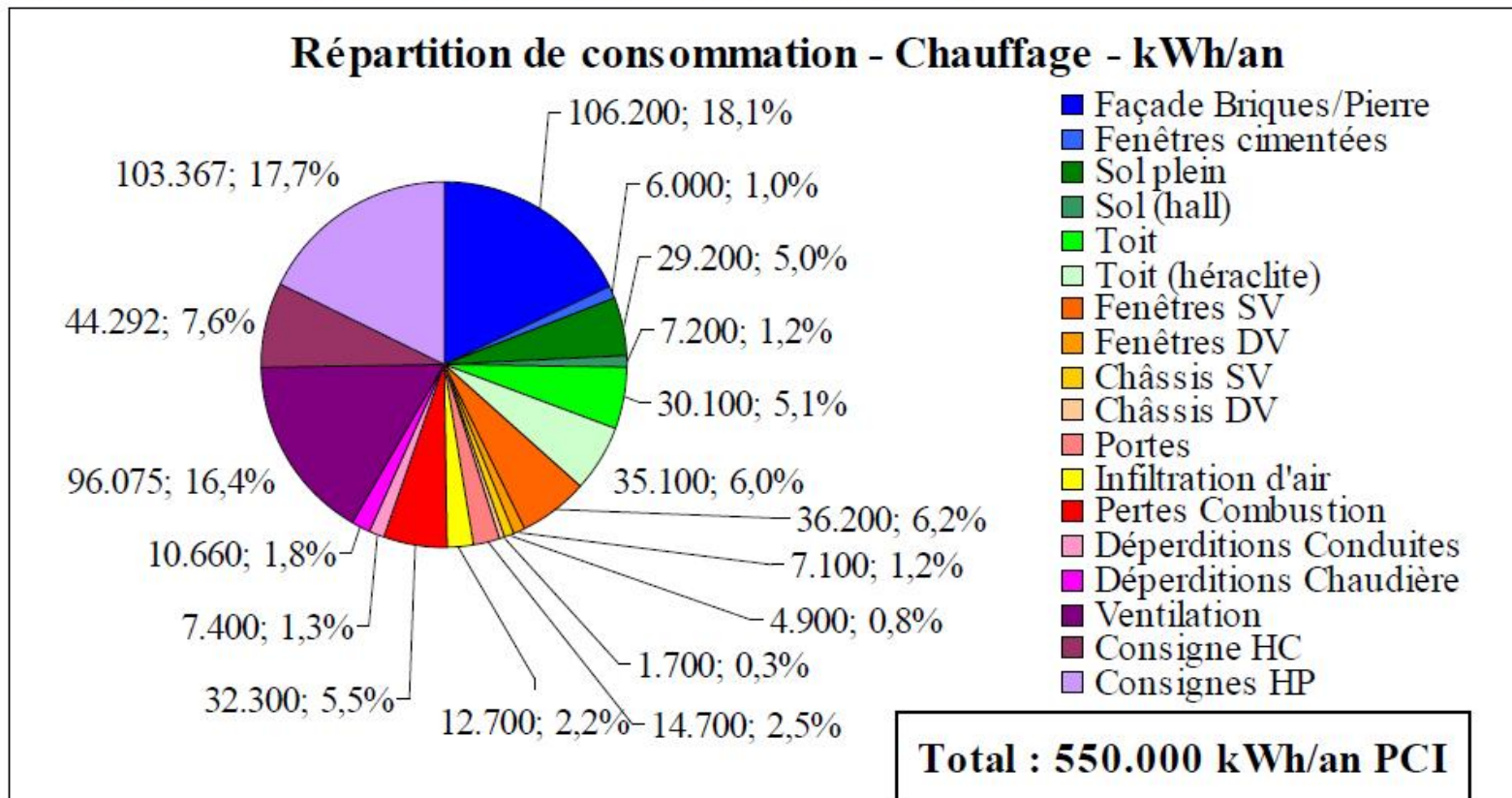
DES a estimé que, pour la grande salle, 87% de l'énergie  
consommée concerne les périodes hors spectacles

DES a estimé la répartition de la consommation globale  
de gaz

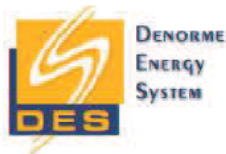
# 3. Confirmer et analyser les informations

## 4.6.1 Répartition de la consommation de gaz

Sur base des calculs et observations précédentes, nous pouvons estimer la répartition de consommation de gaz facturée annuellement pour le chauffage :



# 3. Confirmer et analyser les informations



Couthuin, le 16 septembre 2008

Client : Théâtre de Namur – Audit  
HVAC

Denorme Energy System  
rue de la Motte 6B à 4218 Couthuin  
tél. : 085/71.40.71 GSM : 0475/93.26.33 Fax : 085/71.40.70  
e-mail : info@denorme.be

## AUDIT ENERGETIQUE Théâtre de Namur – Audit HVAC



Etabli par : Grégory De Hoe  
Stéphane Denorme  
Véronique Denorme

Toutes les données contenues dans le présent rapport sont strictement confidentielles et, sauf accord écrit de l'autre partie, ne peuvent être révélées à des tiers que moyennant l'accord express d'une personne pouvant engager DES.

Mesures enregistrées = meilleures preuves matérielles

Été = période peu propice en matière de chauffage

Été = peu ou pas d'activité théâtrale

Estimation des pertes énergétiques au travers de l'enveloppe du bâtiment = 340.000kWh/an

A partir des données de base relevées sur place, DES a calculé les besoins thermiques liés à l'occupation de la grande salle

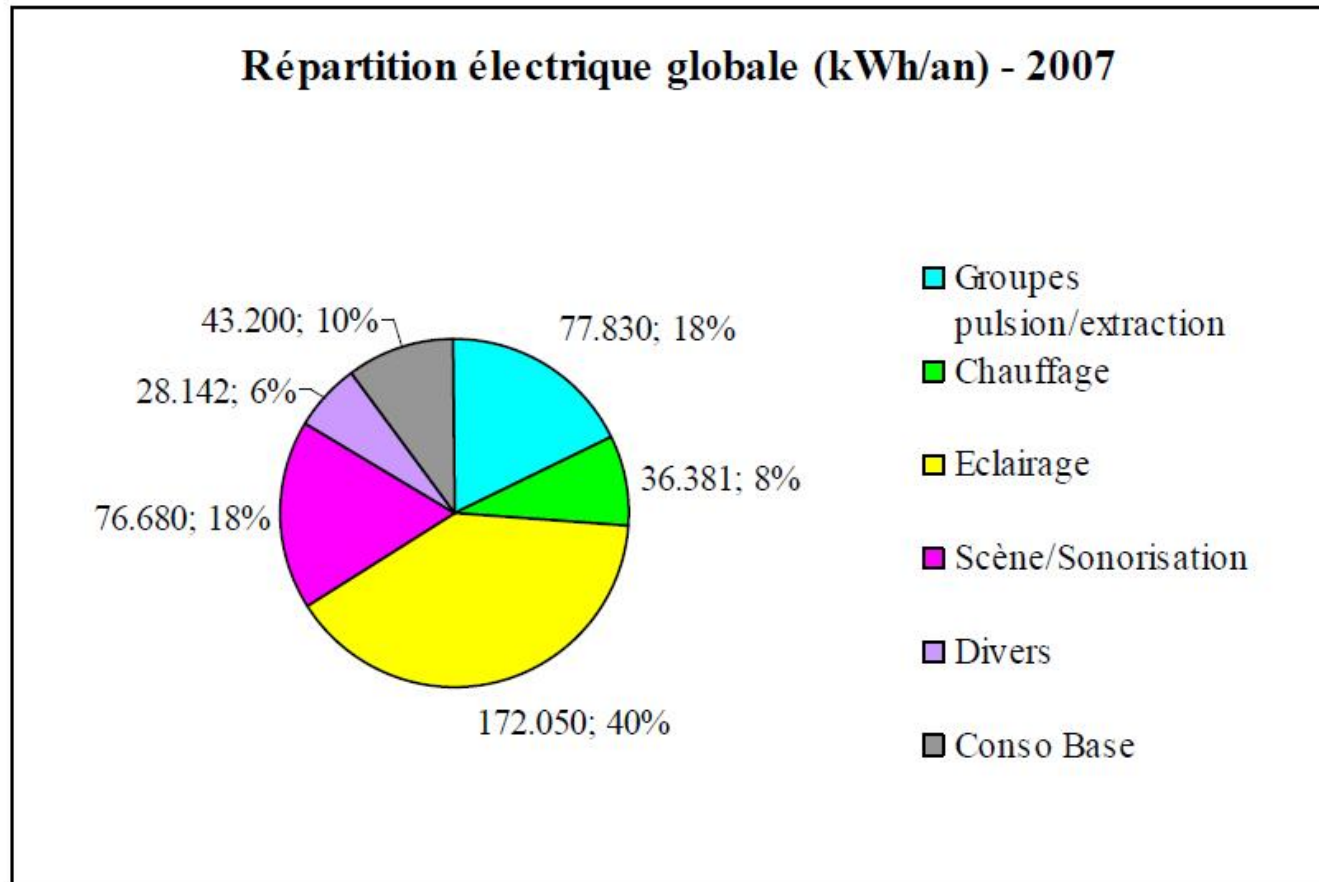
DES estime que, pour la grande salle, 87% de l'énergie consommée concerne les périodes hors spectacles

DES a estimé la répartition de la consommation globale de gaz

DES a estimé la répartition de la consommation globale d'électricité



### 3. Confirmer et analyser les informations



La partie éclairage est clairement la principale charge électrique du bâtiment, avec 40% du total. Ensuite viennent les groupes de pulsion et la machinerie de scène et sonorisation (18% chacun), le chauffage 8% et la consommation de base mesurée pendant l'audit 6% (non étudiée dans le

### 3. Confirmer et analyser les informations

Conclusions  
personnelles  
forgées à partir  
du rapport  
d'audit

L'absence d'activité théâtrale, durant la période pendant laquelle l'audit a été réalisé, n'a pas permis de mettre en évidence des périodes de fonctionnement continu des installations de ventilation.

Les calculs réalisés par l'auditeur avec les paramètres originels de fonctionnement de la régulation ont permis de montrer à quel point le fonctionnement de la ventilation en dehors des heures de spectacle pèse dans le bilan énergétique du théâtre.

## 4. Définir des objectifs

a Améliorer l'installation de régulation en agissant sur 3 facteurs :  
en période d'occupation

- 1 réduire au strict nécessaire les plages horaires de fonctionnement nécessitant un confort thermique normal.
- 2 veiller à ce que la ventilation ne puise de l'air neuf extérieur que proportionnellement à la présence humaine.

en période d'inoccupation

- 3 favoriser les périodes d'arrêt total des installations de production et de consommation d'énergie tout en préservant une température minimale d'ambiance garantissant la protection des biens intérieurs.

b Améliorer le mode de commande de l'installation afin d'en rendre son utilisation plus conviviale et sa mise à l'état de veille plus indépendante de l'intervention du personnel ou des utilisateurs du théâtre.

## 4. Définir des objectifs

La possibilité de réduction de la consommation d'énergie était estimée dans la conclusion du rapport d'audit :

**Energie thermique :  $-41.000\text{m}^3$  de gaz soit  $-475.000\text{ kWh}$**

**Energie électrique :  $-68.000\text{ kWh}$**

Ces estimations me paraissaient trop optimistes ( $-70\%$  pour l'énergie thermique).

Il me paraissait plus réaliste de modérer ces estimations :

**Energie thermique :  $-20.000\text{m}^3$  de gaz soit  $-230.000\text{ kWh}$**

**Energie électrique :  $-50.000\text{ kWh}$**

# 5. Rechercher des solutions et évaluer les moyens nécessaires

Le rapport d'audit fournissait des pistes de modification pouvant conduire aux économies d'énergie escomptées.

Ces pistes n'étaient cependant pas toutes pertinentes :

Isolation d'une chaudière

*La régulation devait déjà le faire*

Arrêt de la chaufferie en été  
Chauffe-eau électrique

*Un ballon de 300 litres chauffé électriquement existe depuis 2001*

Sondes CO2 + suppression du  
taux minimal d'air frais

*Eléments véritablement novateurs de l'audit*

Consignes de température  
adaptées aux taux de CO2

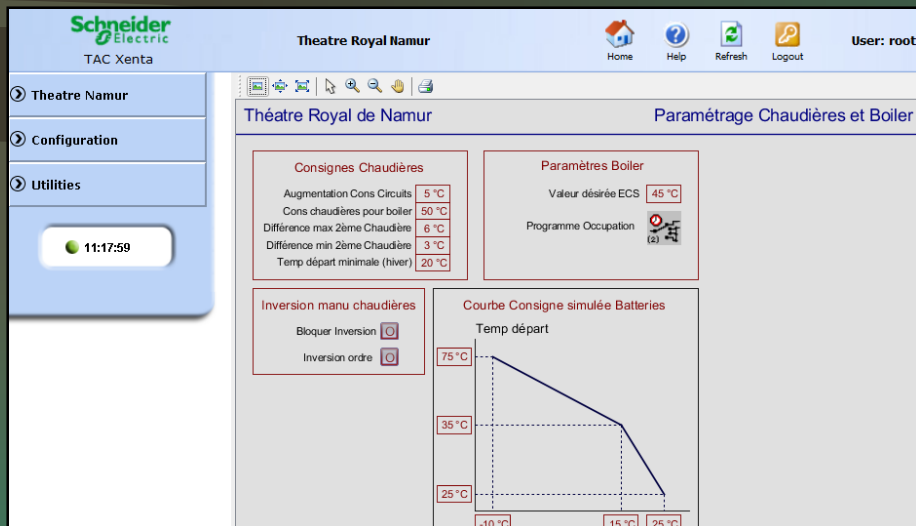
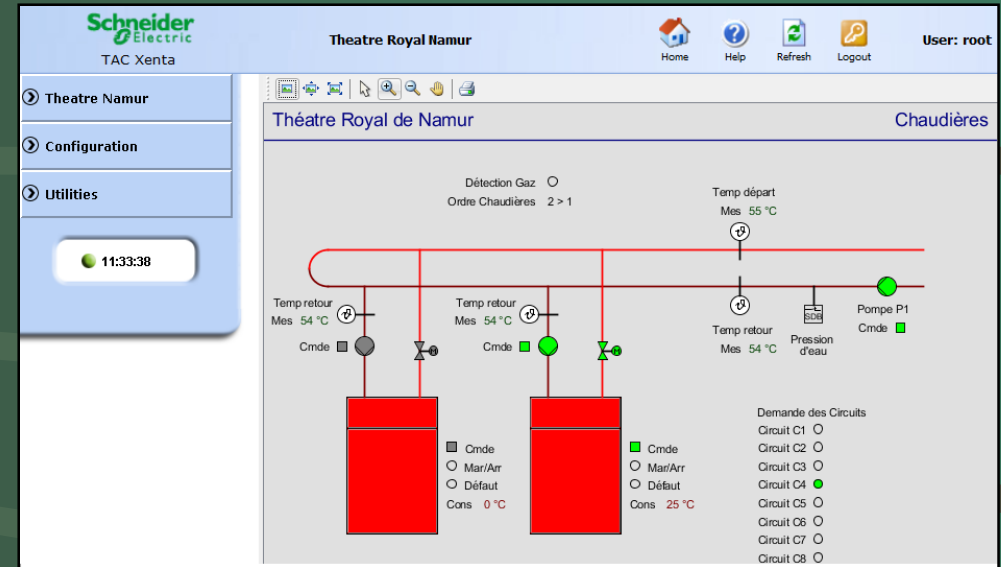
*Plaintes pour inconfort assurées*

**GTC**  
Gestion Technique Centralisée

*L'installation existante était déjà une GTC*



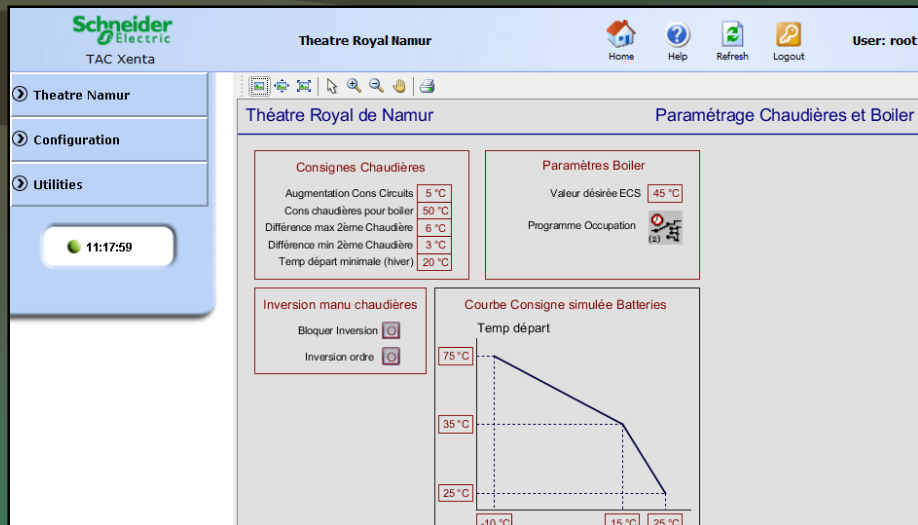
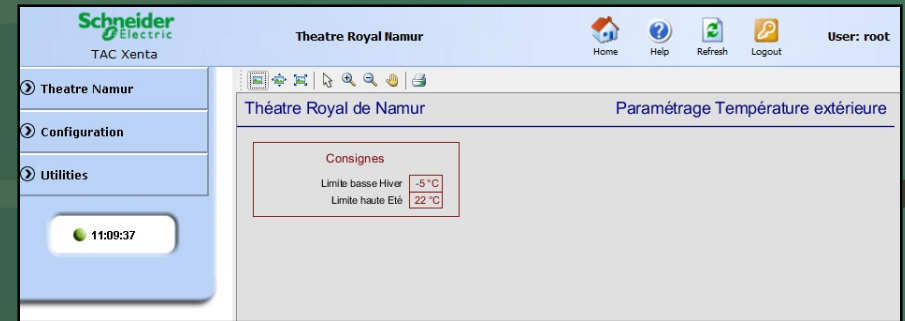
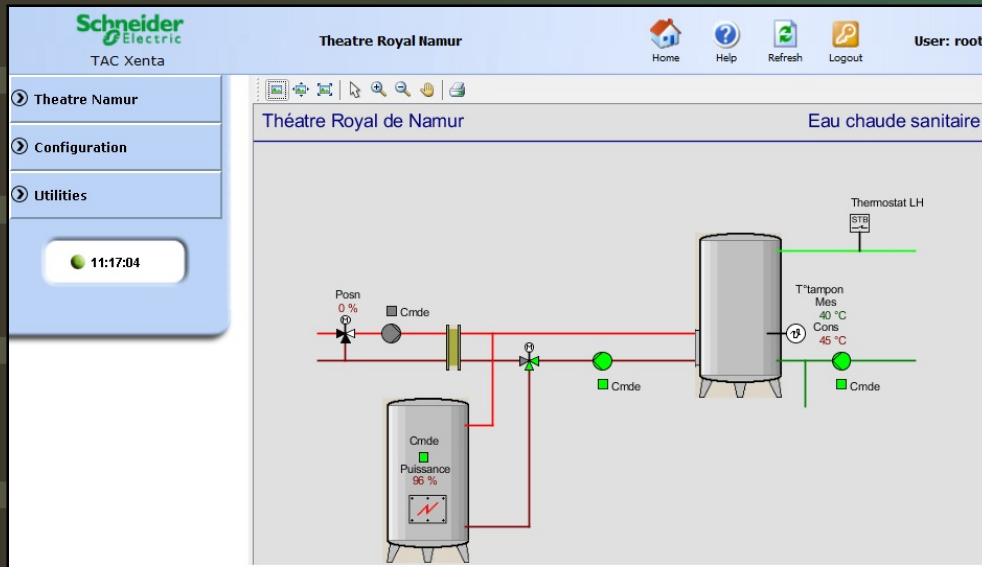
# Commande des chaudières



Commande des chaudières en cascade  
Température de consigne variable sans  
limite basse

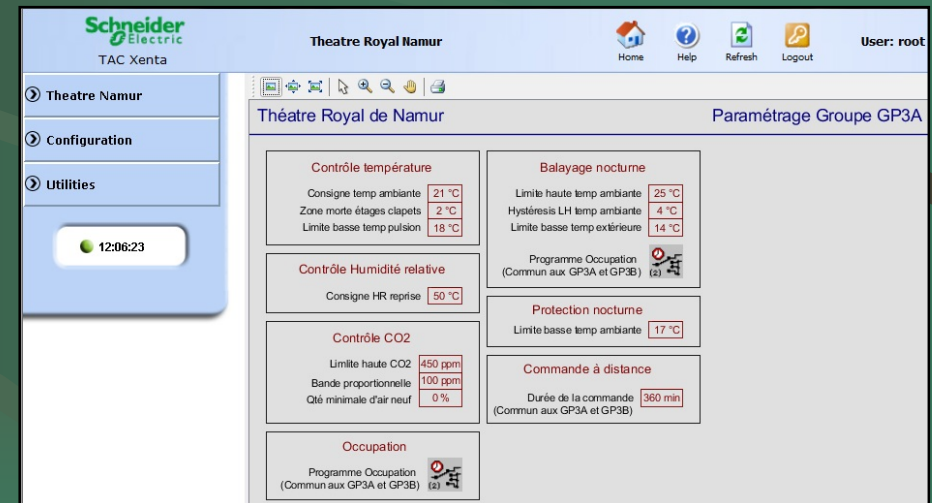
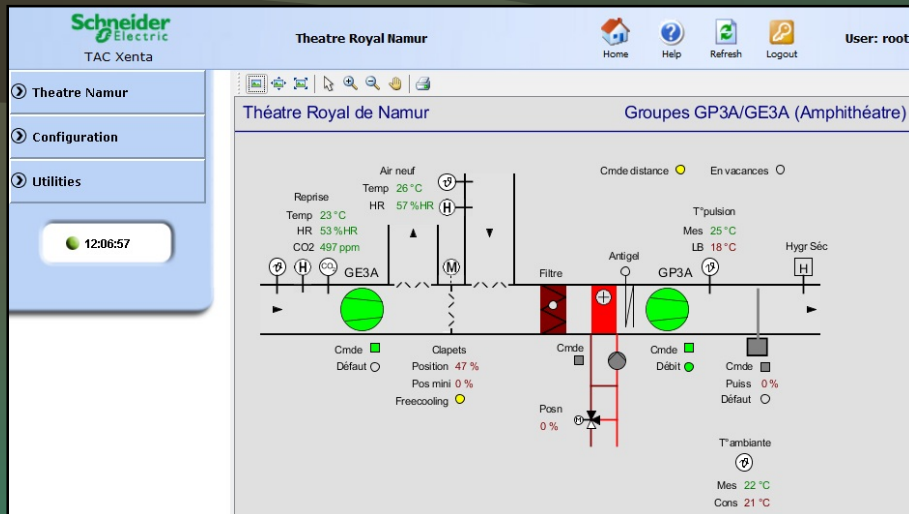
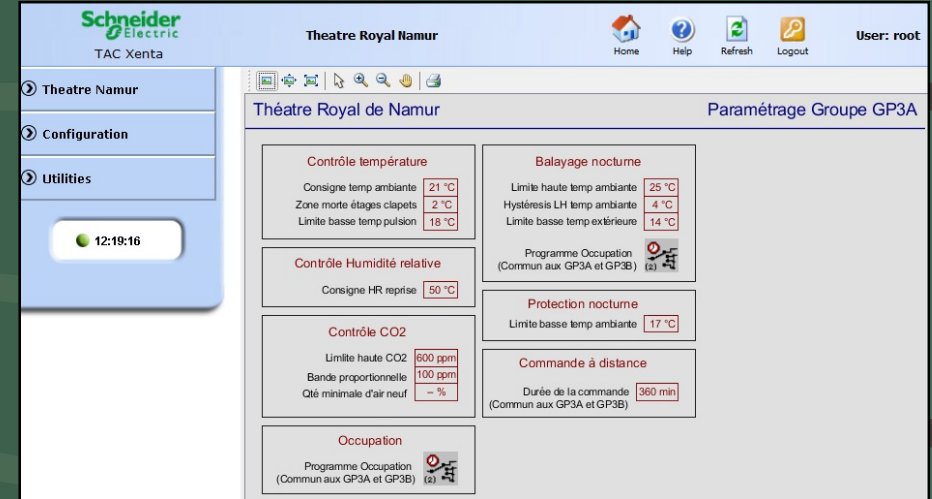
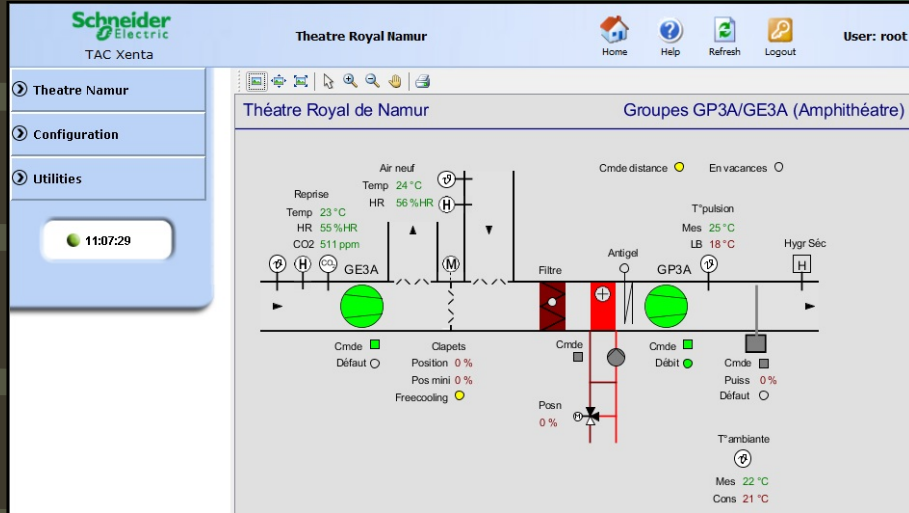
Modulation de la puissance des  
chaudières par tension analogique

# Arrêt de la chaufferie en été et chauffe-eau électrique

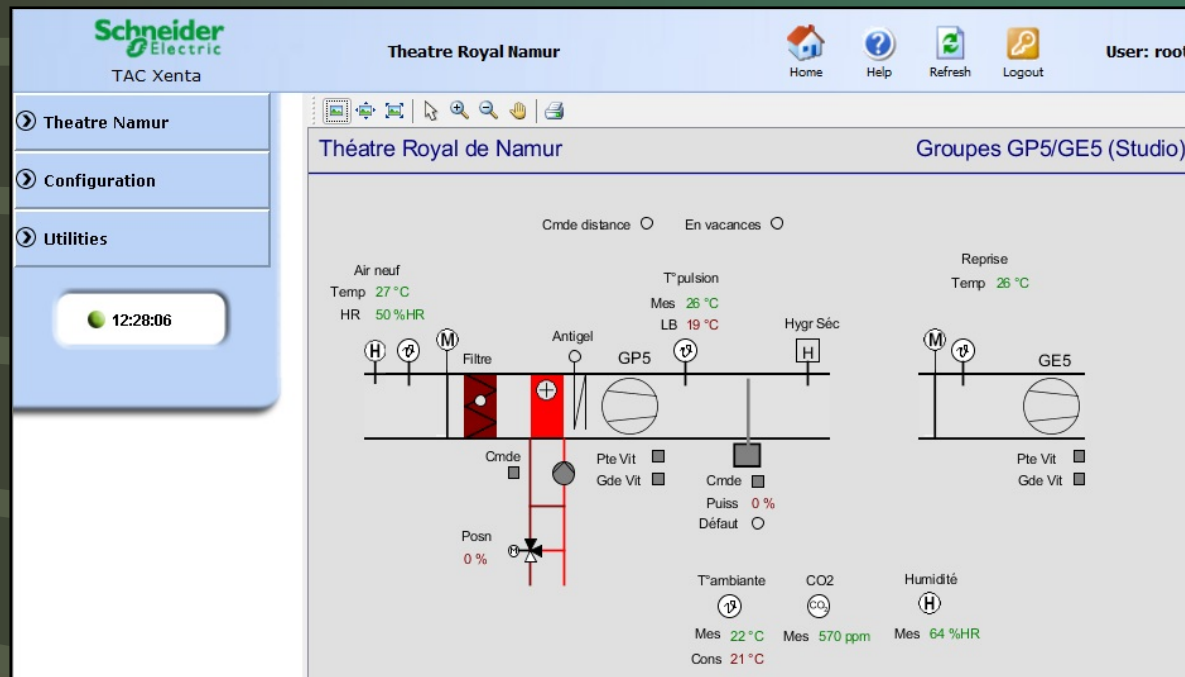


# Sondes CO<sub>2</sub> pour les groupes à taux d'air frais variable

## Suppression du taux minimal d'air frais



# Sondes de CO<sub>2</sub> pour les groupes à taux d'air frais fixe



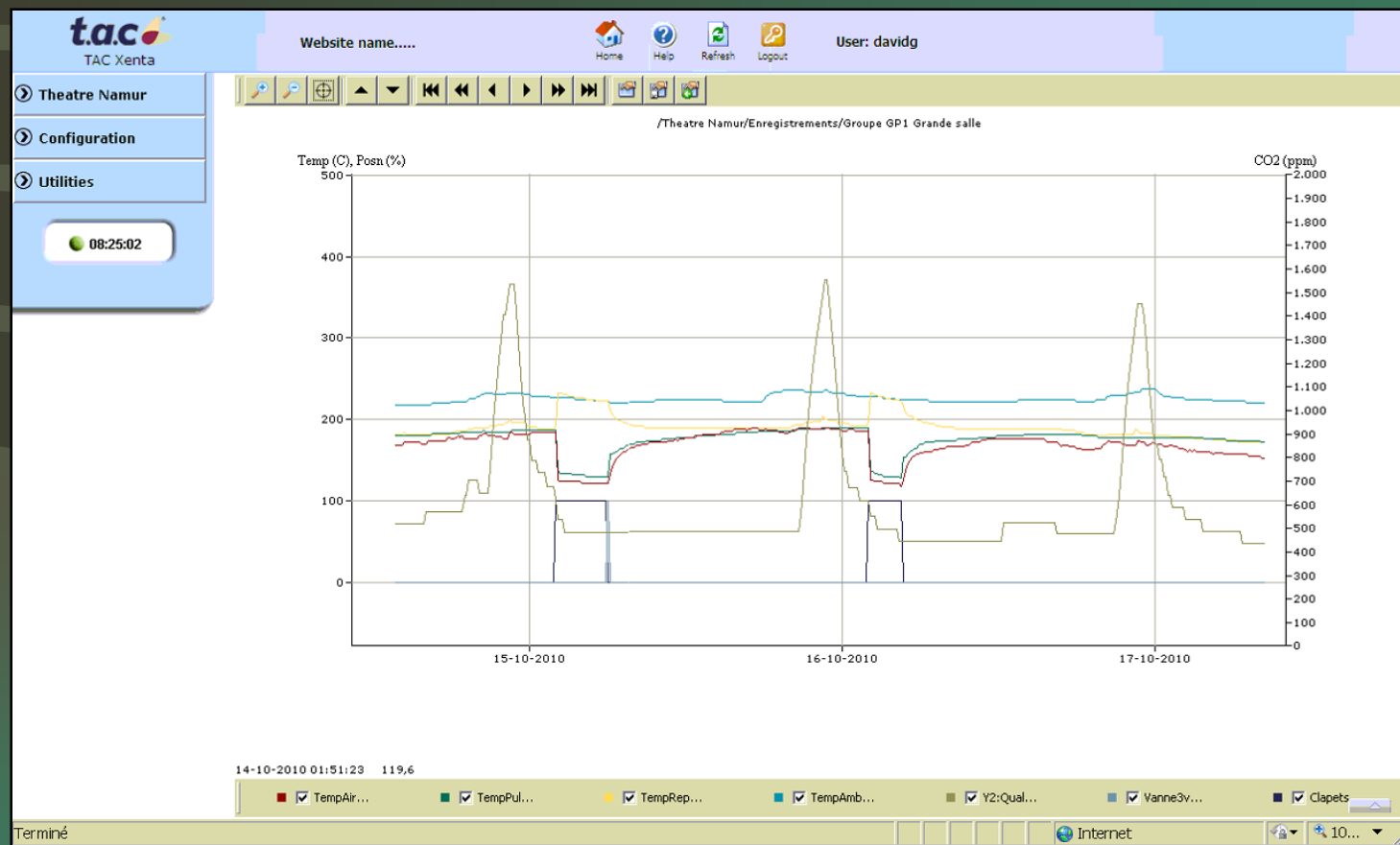
C'est le fonctionnement des ventilateurs qui est commandé par la sonde de CO<sub>2</sub>

# GTC

## Gestion Technique Centralisée

Outils mis à disposition par le logiciel de GTC

### Enregistrements automatiques





# GTC

## Gestion Technique Centralisée

Outils mis à disposition par le logiciel de GTC

### Enregistrements d'évènements

  
TAC Xenta

Theatre Royal Namur

 Home  Help  Refresh  Logout

User: root

➤ Theatre Namur

➤ Configuration

➤ Utilities

● 11:19:04

/Theatre Namur/Anonces

    ||

| Status | Co... | Priority | Date and Time ▼       | Address                      | User | Alarm Text                   |
|--------|-------|----------|-----------------------|------------------------------|------|------------------------------|
| ✓      | ...   | 1        | 0 2013-09-06 11:16:59 | Theatre Namur.Liste Evéne... |      | Pompe P24 Marche             |
| ✓      | ...   | 1        | 0 2013-09-06 11:16:59 | Theatre Namur.Liste Evéne... |      | Pompe P24 cmde Marche        |
| ✓      | ...   | 1        | 0 2013-09-06 10:59:59 | Theatre Namur.Liste Evéne... |      | GE3B Ventilateur Marche      |
| ✓      | ...   | 1        | 0 2013-09-06 10:59:59 | Theatre Namur.Liste Evéne... |      | GP3B Ventilateur cmde Marche |
| ✓      | ...   | 1        | 0 2013-09-06 10:59:59 | Theatre Namur.Liste Evéne... |      | GP3B Ventilateur Marche      |
| ✓      | ...   | 1        | 0 2013-09-06 10:58:59 | Theatre Namur.Liste Evéne... |      | GE3A Ventilateur cmde Marche |
| ✓      | ...   | 1        | 0 2013-09-06 10:58:59 | Theatre Namur.Liste Evéne... |      | GE3A Ventilateur Marche      |
| ✓      | ...   | 1        | 0 2013-09-06 10:57:59 | Theatre Namur.Liste Evéne... |      | GP3A Ventilateur Marche      |
| ✓      | ...   | 1        | 0 2013-09-06 10:57:59 | Theatre Namur.Liste Evéne... |      | GP3A Ventilateur cmde Marche |
| ✓      | ...   | 1        | 0 2013-09-06 08:00:59 | Theatre Namur.Liste Evéne... |      | Pompe P25 Marche             |
| ✓      | ...   | 1        | 0 2013-09-06 08:00:59 | Theatre Namur.Liste Evéne... |      | Pompe P25 cmde Marche        |

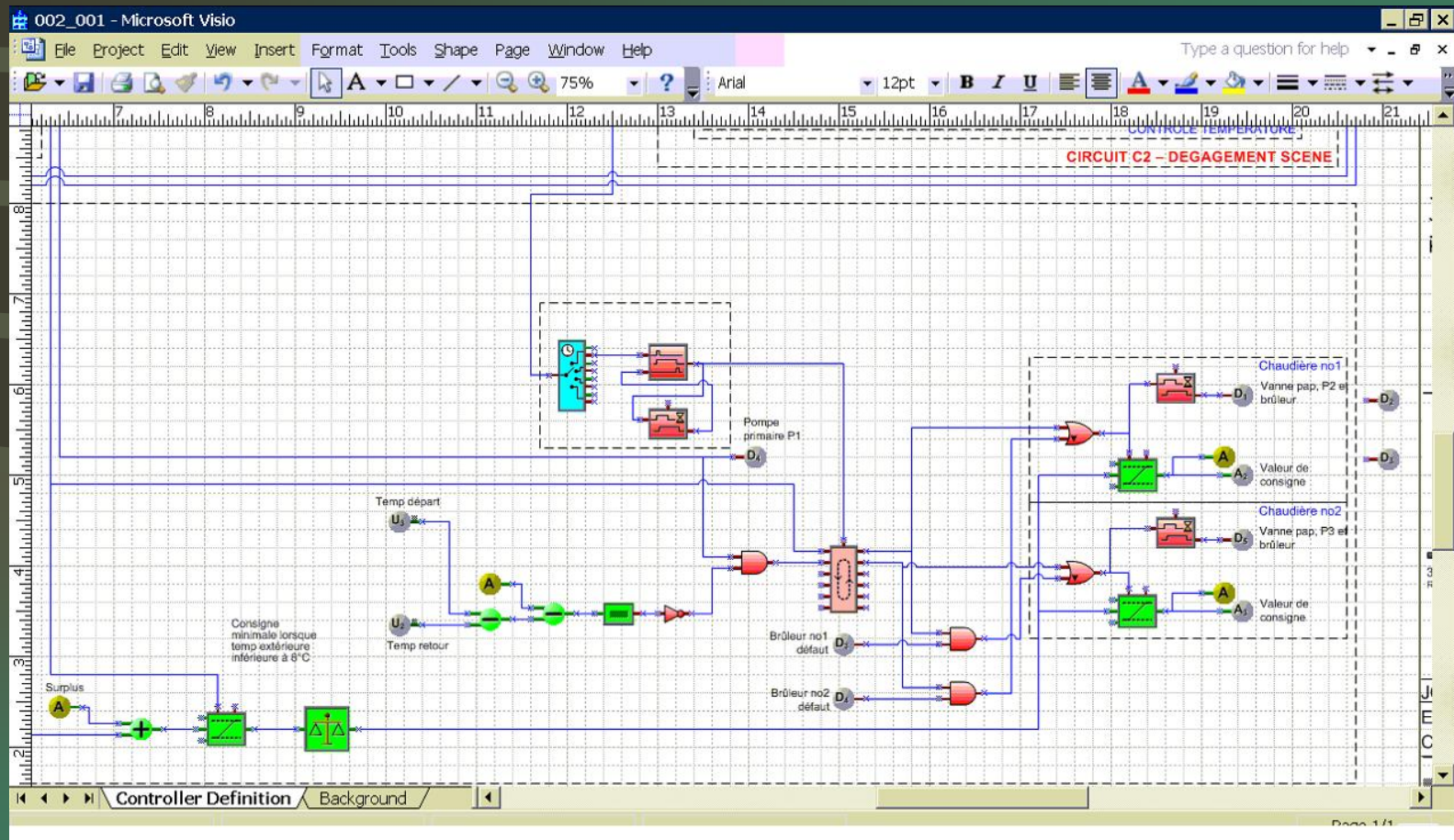


# GTC

## Gestion Technique Centralisée

Outils mis à disposition par le logiciel de GTC

### Programmation des automates



# GTC

## Gestion Technique Centralisée

Outils mis à disposition par le logiciel de GTC

Envoi d'alarmes par internet aux personnes responsables

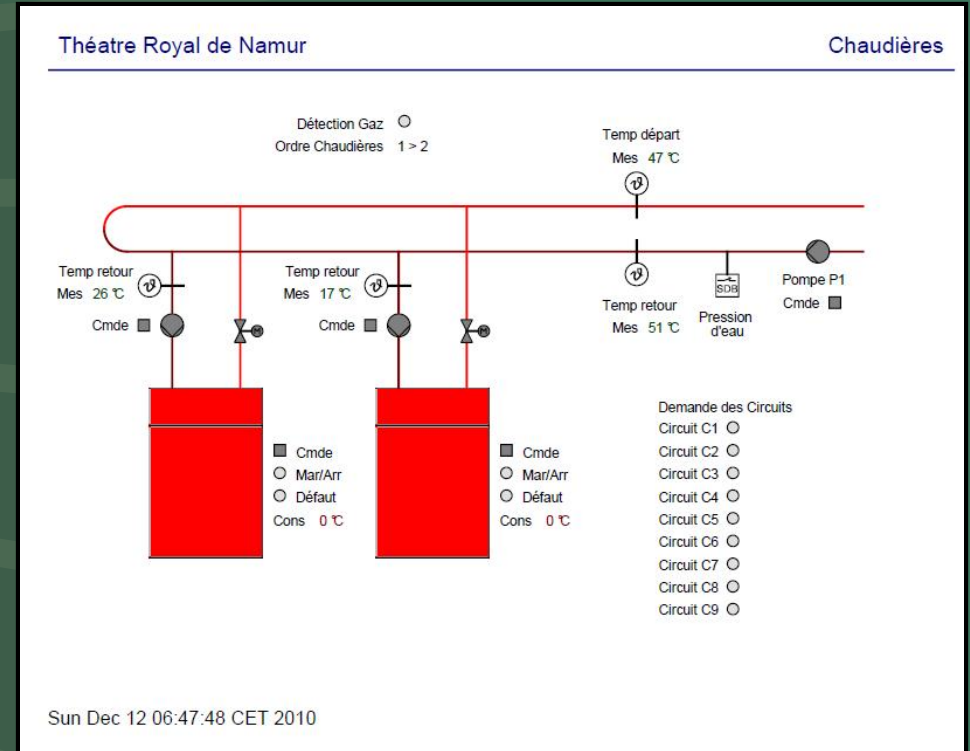
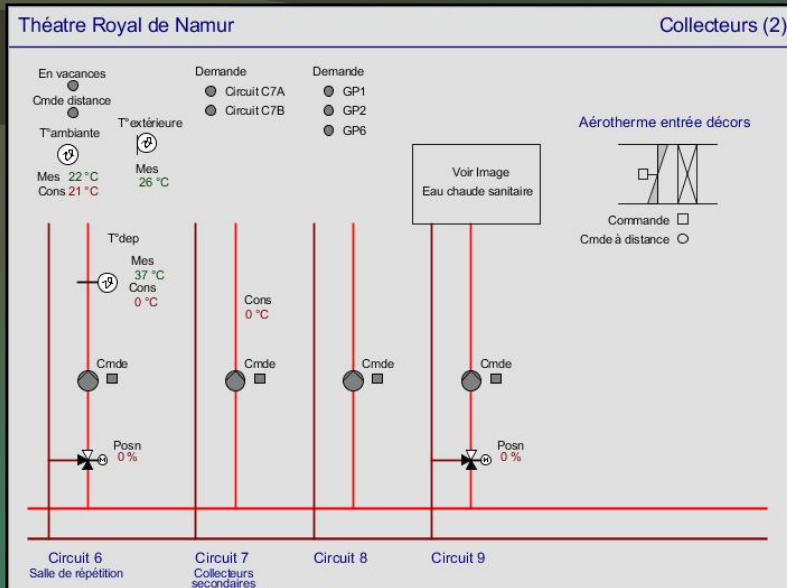
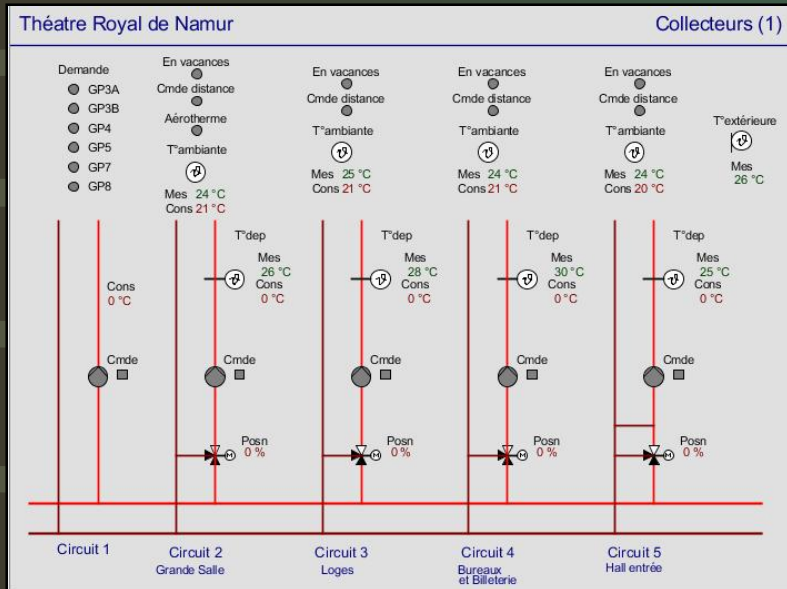
## 5. Rechercher des solutions et évaluer les moyens nécessaires

L'adjonction de sondes de CO2 permettait de satisfaire le point a.2 des objectifs vus précédemment

Le point a.3 des mêmes objectifs restait lui fortement insatisfait. Pourtant, l'arrêt total surveillé des installations, durant l'inoccupation du bâtiment, permet d'économiser énormément d'énergie.

Le point b. des mêmes objectifs n'était lui pas du tout rencontré. La solution mise en place consiste à offrir à chaque utilisateur de salle ou de bureaux la possibilité de commander le chauffage (et la ventilation lorsqu'elle existe pour ces locaux) pour une période de temps limitée à laquelle l'utilisateur n'a pas accès. Au-delà de cette temporisation, le chauffage revient en mode "veille".

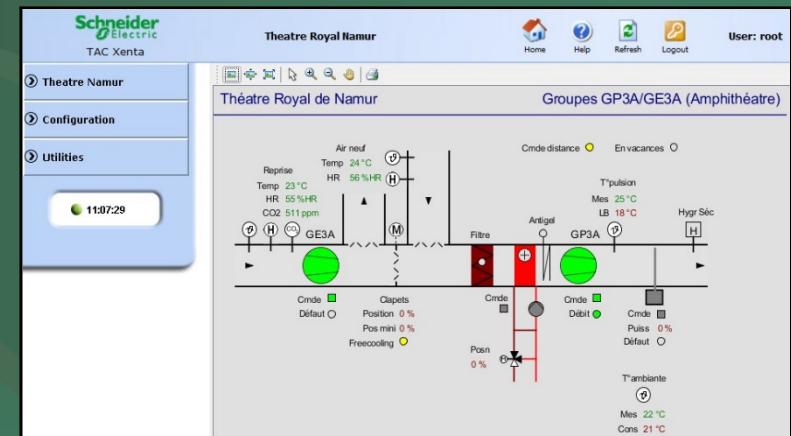
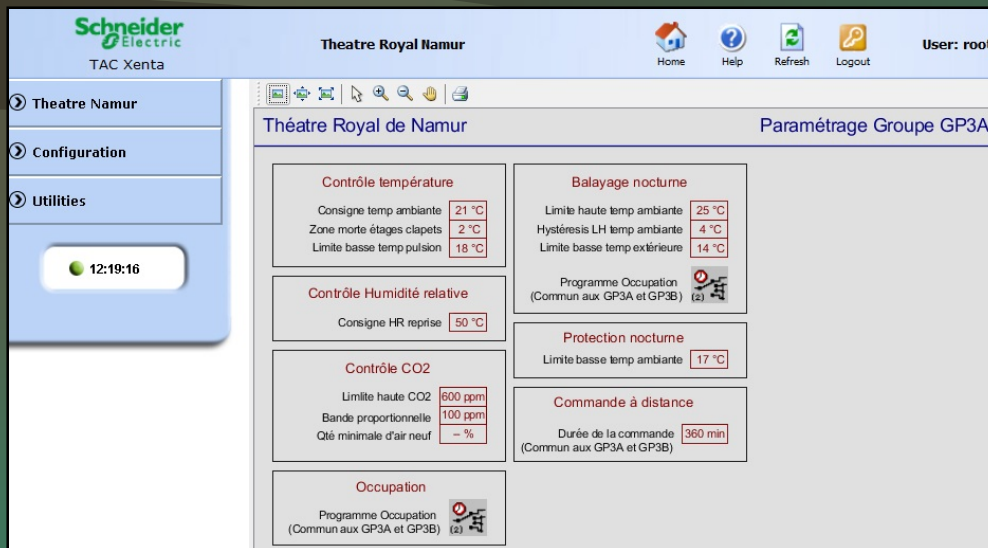
# Arrêt total surveillé de l'installation



La situation décrite ci-contre peut durer pendant toute une nuit



# Commande simplifiée et temporisée



# 6. Rentabilité et résumé du projet



## 6.5 Résumé des pistes d'économie

| n° | Propositions de piste d'économie                            | Economie en Electricité |               |              | Economie en Gaz |               |               | CO <sub>2</sub> | Invest        | Subsides      | TDR        | Cat       | Fois.       | Fois.       |
|----|-------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------|--------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|------------|-----------|-------------|-------------|
|    |                                                             | % Tot                   | kWh           | €            | % Tot           | m³            | €             | tonnes          | €             | €             | années     |           | Gaz         | Elec        |
| 1  | Isolation d'une chaudière                                   | 0,6%                    | 2.628         | 320          | 0,9%            | 484           | 220           | 2,2             | 0             | 0             | 0,0        | A1        |             |             |
| 2  | Arrêt de la chaufferie en été + production ECS indépendante | 1,8%                    | 8.000         | 980          | 1,6%            | 862           | 392           | 5,2             | 1.050         | 450           | 0,8        | A1        |             |             |
| 3  | Nouvelle régulation HVAC                                    | 13,1%                   | 56.830        | 6.930        | 75,2%           | 39.973        | 18.192        | 115             | 56.000        | 24.000        | 2,2        | A2        |             |             |
|    | <b>Total Pistes "A1"</b>                                    | <b>2,4%</b>             | <b>10.628</b> | <b>1.300</b> | <b>2,5%</b>     | <b>1.347</b>  | <b>613</b>    | <b>7</b>        | <b>1.050</b>  | <b>450</b>    | <b>0,5</b> | <b>A1</b> | <b>100%</b> | <b>100%</b> |
|    | <b>Total Pistes "A2"</b>                                    | <b>13,1%</b>            | <b>56.830</b> | <b>6.930</b> | <b>75,2%</b>    | <b>39.973</b> | <b>18.192</b> | <b>114,8</b>    | <b>56.000</b> | <b>24.000</b> | <b>2,2</b> | <b>A2</b> | <b>100%</b> | <b>100%</b> |
|    | <b>Total Pistes</b>                                         | <b>15,5%</b>            | <b>67.460</b> | <b>8.230</b> | <b>77,7%</b>    | <b>41.320</b> | <b>18.800</b> | <b>122,0</b>    | <b>57.050</b> | <b>24.450</b> | <b>2,1</b> |           | <b>100%</b> | <b>100%</b> |

« Foies. » = Foisonnement : lorsque plusieurs pistes se chevauchent sur le plan des économies d'énergie, il faut tenir compte d'un facteur de foisonnement, car réaliser 2 pistes ne signifie pas forcément obtenir la somme de leurs économies d'énergie.



# 7. Finaliser le plan d'action

Au départ, j'avais trouvé curieux que le rapport d'audit conseille le remplacement de l'ensemble des automates de régulation.

Le système de régulation originel (1998), de marque SATCHWELL, était déjà composé d'automates intégralement programmables.

Moyennant reprogrammation, ils étaient parfaitement à même d'exécuter les nouvelles fonctions nécessaires afin d'atteindre les objectifs fixés.

Fin 2008, demande d'un devis à l'installateur originel pour incorporer les sondes CO2 et les commandes locales, ainsi que pour reprogrammer tous les automates existants.

Devis largement supérieur à la limite autorisée par la loi pour réaliser des travaux sans faire appel à la concurrence



Cahier des charges pour remplacer l'ensemble de l'installation de régulation (pas nécessairement les moteurs de vannes 3 voies)

# 7. Finaliser le plan d'action

L'occasion offerte permettait de prévoir l'adjonction du moyen de communication universel actuel : INTERNET.

Estimation du projet approuvé par le Pouvoir Politique : 101.707€ TVAC.

Procédure : appel d'offres comportant 5 critères d'attribution.

Avis de marché et attribution du marché : fin 2009.

Montant de l'offre ayant obtenu la cote maximale : 87.500€ TVAC.

\*\*\*

Début 2010, nouveau problème : élément en fonte cassé sur une des 2 chaudières

Coût de réparation + doute sur l'autre chaudière = remplacer les chaudières



Cahier des charges pour l'installation de 2 nouvelles chaudières à condensation

Estimation du projet approuvé par le Pouvoir Politique : 42.000€ TVAC.

Mode de passation : procédure négociée avec 5 entreprises.

Attribution du marché et commande : mai 2010.

Offre la moins disante : 40.800€ TVAC.

## 8. Réalisation

L'essentiel du marché de rénovation de la régulation a été exécuté du mois de juillet 2010 au mois de septembre 2010.

Il fallait profiter au maximum de la faible activité du théâtre durant la période estivale

La nouvelle installation a été réceptionnée au mois de novembre 2010.

Il subsistait un certain nombre de défauts à corriger.

L'installation n'a été pleinement opérationnelle que pour la saison de chauffe 2011-2012.

Des travaux complémentaires mineurs et imprévisibles ont justifié un supplément de prix de 1.336€ TVAC.

\*\*\*

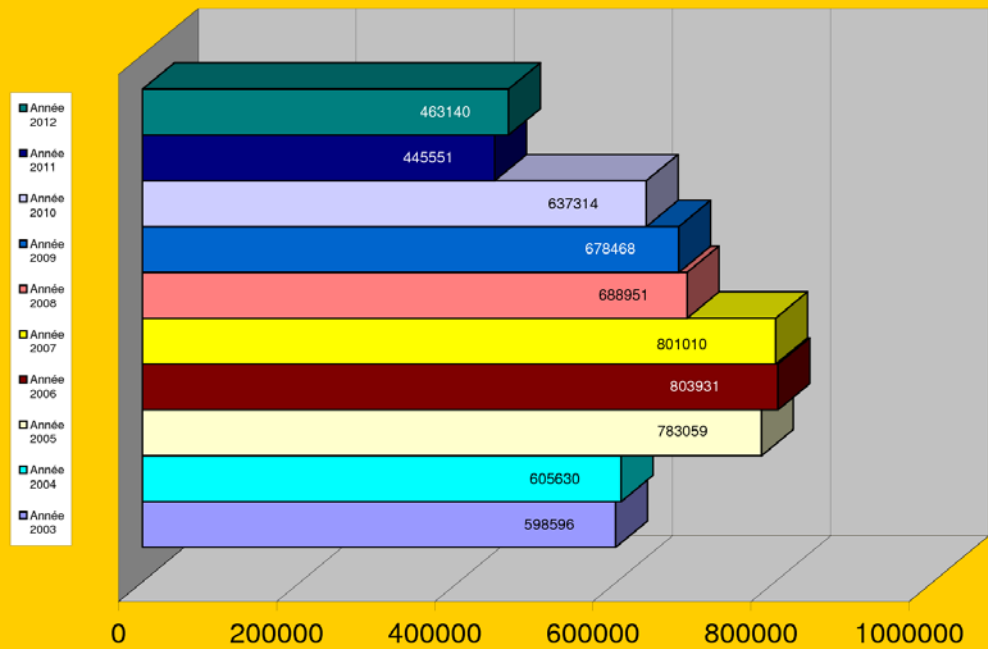
Le marché de remplacement des chaudières a été exécuté du mois de septembre au mois de novembre 2010.

Les chaudières étaient pleinement opérationnelles en novembre 2010.

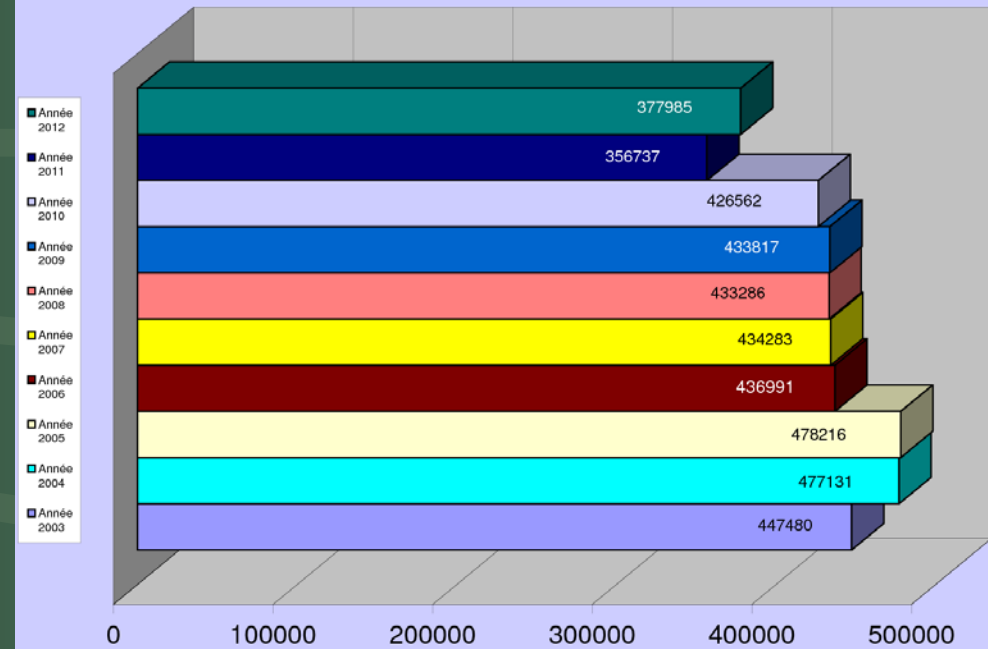
Aucun travail complémentaire n'a nécessité de supplément de prix.

# 9. Evaluation et gestion des écarts

Energie thermique normalisée en KWh



Energie électrique totale en KWh



On peut constater que la chute des consommations est importante en 2011. C'est l'année à laquelle l'installation me paraissait fonctionner tout à fait conformément à ce que j'avais projeté dans le cahier des charges.

En 2012, on observe une remontée de la consommation tant électrique que thermique. Ne m'étant plus occupé de cette installation en 2012, il m'est difficile d'apporter une réponse.

# 9. Evaluation et gestion des écarts

Si on focalise son attention sur les extrêmes.

En 2011 par rapport à 2006 :

- la baisse de la consommation d'énergie thermique normalisée est : – 358.000kWh soit -44,5%.
- la baisse de la consommation d'énergie électrique est : –80.000kWh soit -18%

Si on prend comme référence une année qui pourrait être jugée moins “anormale”:

En 2011 par rapport à 2009 :

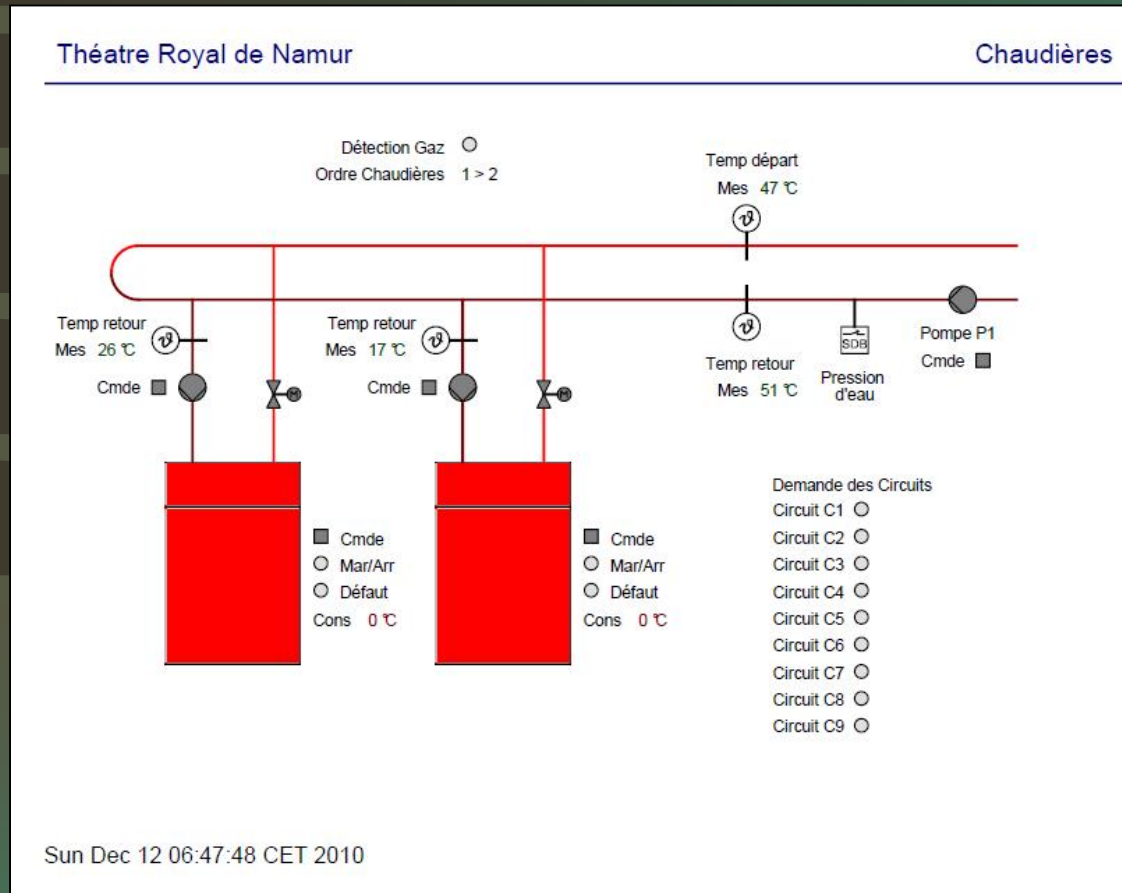
- la baisse de la consommation d'énergie thermique normalisée est : – 232.917kWh soit -34%.
- la baisse de la consommation d'énergie électrique est : –77.000kWh soit -17%

Le temps de retour estimé par l'auditeur ne sera donc pas respecté. Je m'y attendais. Néanmoins, étant donné que le coût du gaz et de l'électricité ne cesseront d'augmenter, on peut s'attendre à un temps de retour de 5 ans même si on inclut le coût du remplacement des chaudières qui n'était pas envisagé dans le rapport d'audit.



# 9. Evaluation et gestion des écarts

Le haut degré d'automatisation de l'installation de régulation ne signifie pas qu'elle peut être "oubliée". Au contraire, plus le degré de sophistication d'un système est élevé plus celui-ci nécessite un suivi régulier et complet de tous ses composants et de tous ses paramètres.



## Pourquoi la remontée en 2012 ?

- Création de conditions d'ambiance beaucoup trop confortables ?
- Horaires de fonctionnement mal adaptés (ex : chauffage de sol du hall) ?
- Paramètres de sécurité trop timorés ?
- Paramètres empêchant les périodes d'arrêt total dont j'ai déjà indiqué précédemment à quel point elles peuvent être sources de nettes économies d'énergie ? La copie d'écran ci-contre illustre une situation qui était coutumière lorsque je vérifiais périodiquement l'installation

La vigilance de la Ville de NAMUR pourrait se faire sentir chez les Responsables du théâtre si l'évolution des consommations leur était régulièrement transmise.

# 10. D'autres défauts restent à corriger

Absence d'isolation sous la toiture du foyer et faiblesse de l'isolation sous la toiture de la grande salle et de la scène.

Raccordement hydraulique inadapté d'un aérotherme du sas de l'entrée technique arrière.

Faiblesse du chauffage statique du studio obligeant à utiliser la ventilation (100% d'air neuf) pour parfaire le chauffage du local.

La correction de ces défauts engendrerait des économies d'énergie supplémentaires non négligeables.