

Service Electrique (SEE)

BS - Ecublens **CH-1015 Lausanne**

Téléphone : (021) 693 52 22

Téléfax : (021) 693 52 00

Projet «DIAGELEC»

Méthode d'analyse et Bilan détaillé de la consommation d'électricité des bâtiments de l'EPFL

Départements:

- Physique
- Chimie
- Mathématiques
- Bâtiment des Services

Ecublens, le 1^{er} mars 1999

François VUILLE

(Réédition 10.10.2006 du rapport original du 1.03.1999 en format.pdf)



Table des matières	<u>Page</u>
0. <u>Préambule</u>	4
1. <u>But du projet « DIAGELEC »</u>	5
1.1 Définition	5
1.2 Objectif	5
2. <u>Données générales des bâtiments</u>	6
2.1 Bâtiments étudiés	6
2.2 Données techniques	6
2.3 Consommation annuelle d'électricité	6
2.4 Données de base utilisées pour l'analyse	8
3. <u>Méthode d'analyse</u>	10
3.1 Bilan de consommation annuelle par bâtiment	10
3.2 Bilan de consommation annuelle par type d'utilisation	11
3.3 Evolution de la consommation d'électricité au fil des semaines et sur l'année	12
3.4 Analyse détaillée des consommations	12
3.5 Représentativité et précision du bilan détaillé	15
3.6 Campagnes de mesures	15
3.7 Outils logiciels utilisés pour le traitement des données	16
4. <u>Bilans annuels des consommations électriques en PH, CH et MA</u>	17
4.1 Bilan électrique de 3 gros consommateurs du site EPFL	17
4.2 Indices énergétiques électrique des bâtiments de Physique, Chimie et Mathématiques (IDE _{ét.})	21
5. <u>Contrôle suivi des consommations électriques en PH, CH et MA</u>	23
5.1 Référence : consommation électrique totale de l'EPFL	23
5.2 Profil de consommation moyenne hebdomadaire des départements de PH, CH et MA	23
5.3 Auto-production d'électricité par la centrale Chaleur-Force (CCT)	23
6. <u>Bilan détaillé du Département de Physique</u>	26
6.1 Description générale	26
6.2 Suivi hebdomadaire de la consommation des réseaux d'alimentation « Force », « Force-Service » et « Lumière-Mesure »	27
6.3 Courbe de charge des réseaux d'alimentation « Force », « Force-Service » et « Lumière-Mesure »	29
6.4 Profil-type de consommation journalière dans le Département de Physique	32
6.5 Mesures de puissance sur les groupes de distribution des tableaux secondaires	35
6.6 Mesures de puissance des équipements électriques de bureaux et de laboratoires.	35

6.7	Mesures de puissance des équipements électriques CVSE	36
6.8	Indices de consommations spécifiques	37
6.9	Simulation de scénarios d'utilisation basés sur les indices de consommation spécifique	38
6.10	Présentation du bilan annuel détaillé	42
7.	<u>Bilan détaillé du Département de Chimie</u>	58
7.0	Préambule	58
7.1	Description générale	58
7.2	Suivi hebdomadaire de la consommation des réseaux d'alimentation « Force », « Force-Service » et « Lumière-Mesure », CH-bâtiment et CH-halles	59
7.3	Courbe de charge des réseaux d'alimentation « Force », « Force-Service » et « Lumière-Mesure », CH-bâtiment et CH-halles	62
7.4	Profil-type de consommation journalière dans le Département de Chimie	68
7.5	Mesures de puissance sur les groupes de distribution des tableaux secondaires	71
7.6	Mesures de puissance des équipements électriques CVSE	71
7.7	Bilan général annuel du Département de Chimie, répartition par groupes d'utilisateurs	76
8.	<u>Analyse du Département de Mathématiques, avec SIC</u>	83
8.0	Préambule	83
8.1	Suivi hebdomadaire de la consommation des réseaux d'alimentation « Force », « Force-Service », « Lumière-Mesure », « Force-Onduleur »	83
8.2	Courbe de charge des réseaux d'alimentation « Force », « Force-Service » « Lumière-Mesure », « Force-Onduleur »	85
8.3	Bilan général annuel du Département de Mathématiques, répartition par groupes d'utilisateurs	89
9.	<u>Courbe de charge de l'alimentation électrique « Général EPFL » du réseau 50kV du SIE (alimentation STT 50/20 kV)</u>	91
9.1	Données	91
9.2	Représentations graphiques de la courbe de charge « Général EPFL / SIE »	91
9.3	Suivi hebdomadaire de la consommation du site EPFL 1999 - 2000	91
10.	<u>Résumé et conclusions</u>	96
10.1	Cadre du projet « DIAGELEC » et objectifs visés	96
10.2	Méthode d'analyse de la consommation électrique des bâtiments	97
10.3	Les bilans énergétiques	97
10.4	Le potentiel d'économie énergétique et financier	98
10.5	Références pour la planification des transformations et constructions futures	99
10.6	Questions ouvertes pour la suite du projet	99
10.7	Remerciements	101
11.	<u>Glossaire</u>	102
	Définition et explications des termes utilisés dans ce rapport	102

Annexes**107**

A-1	Valeurs de référence de consommation d'énergie électrique du site EPFL à Ecublens	108
A-2	Coûts de l'énergie à l'EPFL - Enjeux financiers et potentiels d'économies	109
A-3	Courbe de charge de PH-FS et intensité alimentation des ventilateurs.	113
A-4	Essai de modification du mode d'exploitation de la ventilation en PH-B	115
A-5	Bilan électrique détaillé du Bâtiment des Services <i>(complément à l'édition originale du 1er mars 1999)</i>	117

0. Préambule

Ce projet « DIAGELEC » a été développé dans le cadre du Programme « High Tech », avec l'assistance technique du Service Electrique de l'EPFL.

« High Tech », PSE / EPFL



Le but principal de ce projet est de mettre au point une méthodologie d'analyse détaillée de la consommation d'électricité de grands ensembles administratifs, industriels, immeubles de services et grandes écoles.

Cette démarche s'appuie sur des connaissances acquises dans le cadre de programmes nationaux et internationaux visant une utilisation rationnelle de l'énergie.

La démarche se veut pragmatique ; c'est la raison pour laquelle ce projet a été élaboré en se fondant, dès le départ, sur les cas concrets d'analyse de 3 bâtiments en tant qu'opération pilote.

Le choix des bâtiments étudiés a été fait d'un commun accord avec la Direction du Service Electrique de l'EPFL (SEE), en considérant l'importance relative de la consommation de ces bâtiments par rapport à la consommation totale du site de l'EPFL.

En effet, les départements de Physique, Chimie et Mathématiques, gros consommateurs d'électricité, contribuent à eux seuls pour le 40% de la facture d'électricité annuelle totale de l'EPFL qui est d'environ Fr./an 7'000'000,--.

Mis à part la présentation de la méthode d'analyse décrite au chapitre 3, ce rapport relate les observations et constatations faites lors de l'étude des trois bâtiments.

Ces observations pourront être utilisées ultérieurement comme données de référence pour la gestion de l'énergie électrique sur le site de l'EPFL.

La suite éventuelle à donner à ce projet sera décidée par la Direction des Services concernés.

Note relative à la réédition de ce document en version informatique (fichier.pdf)



L'édition originale du 1^{er} mars 1999 a été complétée, à l'occasion de cette réédition, par des données acquises lors de l'analyse du Bâtiment des Services en 1999, ainsi que le suivi de la consommation électrique totale de l'EPFL.

Les données financières (tarifs et montants) indiqués dans ce document n'ont pas été réactualisés pour l'année 2006. Voir à ce sujet la note figurant à la page 110.

1. But du projet « DIAGELEC »

1.1 Définition

« DIAGELEC » est une méthode d'analyse détaillée de la structure de consommation d'électricité d'un bâtiment ou d'un complexe qui permet d'établir des bilans détaillés :

- **Bilans des consommations par types de prestations** (p.ex : labo. de recherche, bureau informatisé, atelier mécanique, etc.)
- **Bilans des consommations par types d'équipements** (éclairage, processus de laboratoire, conditionnement des locaux (CVS))
- **Définition d'indices de consommations spécifiques** soit, par exemple **des puissances rapportées au m²** (xx W/m² pour l'éclairage, yy W/m² pour des laboratoires à fortes charges thermiques, zz W/m² pour les bureaux équipés d'informatique)

1.2 Objectif

Le but de la démarche est multiple :

- **Identification des domaines d'utilisation ou types d'équipements devant faire l'objet d'une analyse particulière** afin d'évaluer la faisabilité et la rentabilité (mandat interne ou externe à l'EPFL)
- **Définition du potentiel d'économie d'énergie réalisables à court, moyen et long terme** par des mesures simples d'optimisation d'exploitation ou des opération nécessitant des investissements légers ou lourds.
- **Mise en évidence des fonctionnements anormaux ou mal adaptés aux prestations attendues.**
- **Acquisition de données utiles pour la planification et la réalisation des travaux de transformations ou nouvelles constructions.** Il s'agit de récolter des données effectivement relevées sur le terrain dans des conditions réelles d'exploitation. Ces informations compléteront les valeurs de référence fixées par les normes et utilisées par les mandataires des projets. L'expérience à montré que l'application stricte de certaines normes de dimensionnement implique des surdimensionnements défavorables pour le bon rendement et le bon fonctionnement des équipements techniques. Ceci se répercute également sur des investissements parfois démesurés.

Cette démarche débouche sur un aspect très important sur le plan des **relations entre partenaires concernés par le bâtiment et ses équipements.**

- Le Maître d'œuvre qui commande un ouvrage
- Le planificateur mandataire chargé du projet (bureau d'ingénieurs)
- Le constructeur mandataire qui réalise l'ouvrage (entreprise)
- L'exploitant qui utilise l'ouvrage (d'une part l'occupant des locaux et, d'autre part, le Service chargé d'exploiter les équipements CVSE et la Sécurité)

On constate que la concordance entre une bonne satisfaction de l'utilisateur, un coût modéré de la construction et un mode d'exploitation rationnel sur le plan énergétique et financier dépend étroitement d'une **bonne coordination et une meilleure communication entre tous les partenaires.**

Une des finalités de ce projet serait de « **boucler la boucle** », soit de répercuter les précieuses informations et expériences vécues au niveau de l'utilisateur vers le Maître d'œuvre pour l'aider dans ses choix, et vers les mandataires pour apporter des données concrètes utiles pour l'élaboration des projets.

2. Données générales des bâtiments

2.1 Bâtiments étudiés

Départements: **Physique : bâtiment + halle**
Chimie : bâtiment + halles
Mathématiques, avec le Service Informatique Central (SIC)

Affectation: Instituts et laboratoires de recherche, travaux pratiques
 Centre informatique central de l'EPFL

2.2 Données techniques

Type de construction: Construction en béton, isolation extérieure.

Surface de référence :
(SP selon SIA)

Physique bâtiment + halle :	24'243 m ²
Chimie bâtiment + halles :	27'726 m ²
Mathématiques :	14'018 m ²

Principales infrastructures CVS: **Chauffage** par radiateurs, convecteurs et par la ventilation ;

Source de chaleur : **thermopompes (PAC)**, source froide : eau du Lac et soutirage de chaleur aux turbines à gaz (CCT)

Ventilation-climatisation partielle, extractions de chapelles (source froide : l'eau du Lac à env. 7°C)

Circuits de refroidissement des équipements scientifiques et centre de calcul avec **récupération de chaleur PAC pour préchauffage ECS**.

2.3 Consommation annuelle d'électricité

Ensemble du site EPFL (I + II) :
(réf. 1998)

Energie distribuée :	40'200'000 kWh
Puissance max.mensuelle :	8.5 à 9 MW <i>(sans PAC-CCT)</i>

Départements PH + CH + MA :

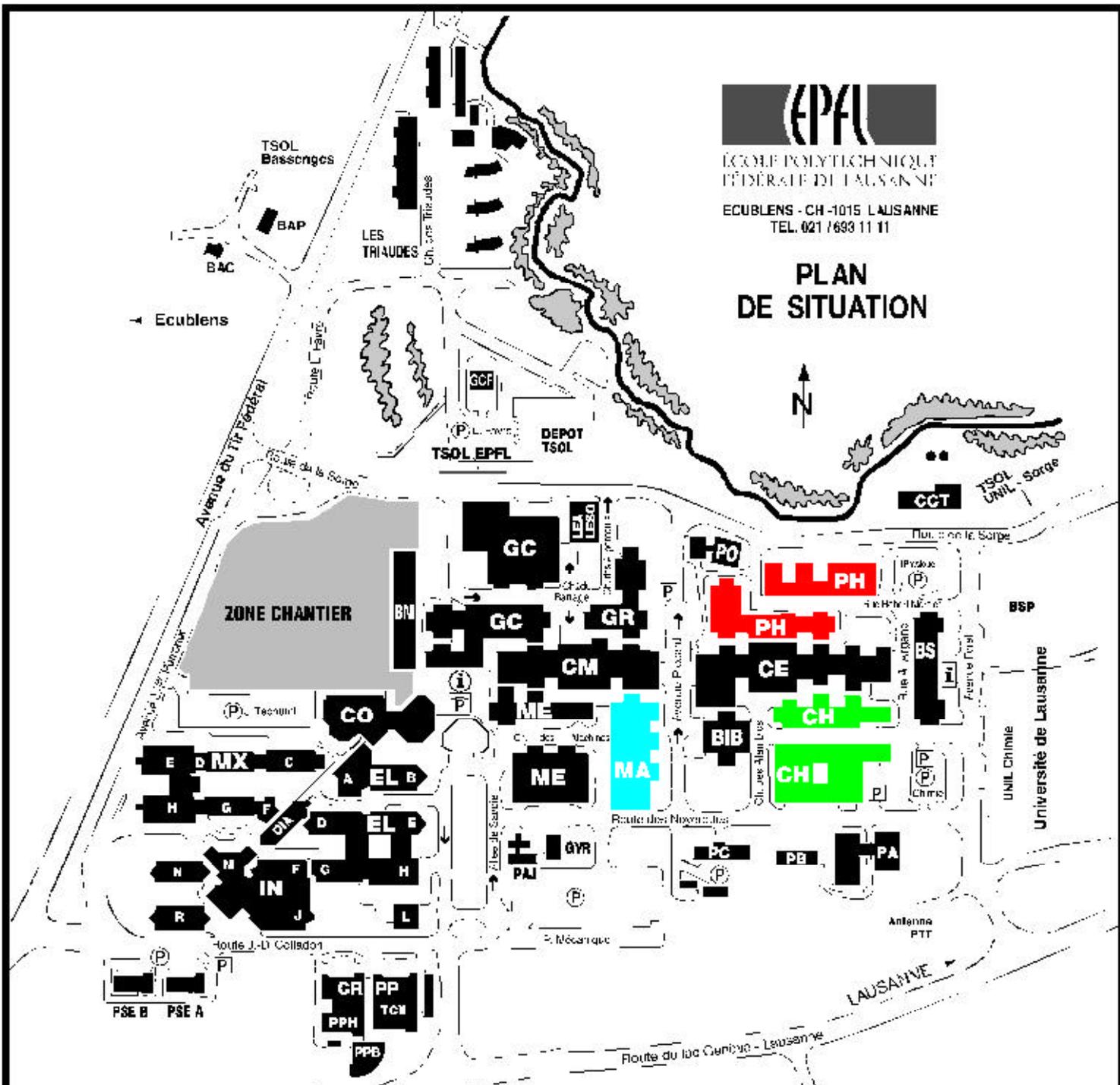
14'000'000 kWh	
Puissance max.mensuelle :	env. 2.1 MW



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

ECUBLENS - CH - 1015 LAUSANNE
TEL. 021 / 693 11 11

PLAN DE SITUATION



LEGENDE:

- Accueil - Information
- Information pour livraison UNIL - EPFL
- Parking visiteurs
- Parking réservé

- BIB** Bibliothèque centrale
- BM** Microtechnique
- BS** Bâtiment des Services
- CCT** Centrale de chauffe
- CE** Centre Est
- CH** Chimie
- CM** Centre Midi
- CO** La Coupole
- CRPP** Centre de recherche en physique des plasmas
- EL** Electricité
- GC** Génie civil
- GCF** Génie civil halle-fosse
- GR** Génie rural
- GYR** Ha le gyrottron
- IN** Informatique
- LEA** Labo d'expérimentation architecturale
- LESO** Labo énergie solaire

- MA** Mathématiques et Service Informatique Central
- ME** Génie mécanique et Microtechnique
- MX** Matériaux
- PA** Pavillon A
- PAJ** Pavillon jaune
- PB** Pavillon B
- PC** Pavillon C
- PH** Physique
- PO** Le Polydôme

LES TRIAUDES:

- E** Logements pour étudiants
- P** Logements personnel CIPEF
- G** Garderie la Croquignole
- PSE** Parc scientifique A et B
- BAC** Château de Bassenges
- BAP** Pavillon de Bassenges

2.4 Données de base utilisées pour l'analyse

Consommation annuelle d'électricité et données géométriques

Ces données ont été extraites du rapport « Consommations annuelles et spécifiques d'énergie et des fluides des bâtiments de l'EPFL », N°9710, avril 1998, ARGUS-Engineering SA, Lausanne.

L'année de référence considérée est 1997.

Le détail des consommations mensuelles d'électricité des bâtiments de Physique, Chimie et Mathématique provient de la base de données du SEE et correspond aux relevés mensuels des compteurs.

Dans chacun de ces bâtiments, nous disposons d'un comptage de l'électricité spécifique pour trois types d'alimentations séparées :

- Réseau « Force » destiné aux équipements scientifiques susceptibles de générer des perturbations
- Réseau « Force - Services » alimentant essentiellement les infrastructures techniques CVSE
- Réseau « Lumière - Mesure » pour l'éclairage et les équipements sensibles aux perturbations.

Cette répartition de la distribution permet donc de définir 3 familles d'utilisateurs dans lesquelles on peut repérer la contribution des équipements CVSE (conditionnement climatique des locaux) et l'éclairage, par exemple.

Le détail des surfaces des différentes zones de ces bâtiments a été calculé d'après les indications des plans au 1/500. Ces informations correspondent bien à la base de données des locaux de l'EPFL du Service des bâtiments.

Suivi hebdomadaire de la consommation d'électricité dans les bâtiments de Physique, Chimie et Mathématiques

Afin de suivre l'évolution de la consommation d'électricité au fil des saisons, un relevé hebdomadaire systématique des compteurs a été mis en place durant la période d'analyse, soit environ 6 mois, de mi-mai à mi-novembre 1998.

Les données hebdomadaires qui n'ont pas pu être saisies durant les autres mois de l'année ont été remplacées par des valeurs moyennes mensuelles converties en une consommation moyenne hebdomadaire pour chaque mois respectif.

Ainsi, nous disposons du profil de consommation d'une année complète sur lequel on peut apprécier l'importance des variations saisonnières et celles qui dépendent de la fréquentation de l'Ecole (périodes académiques, vacances).

Courbe de charge électrique quart-horaire de l'alimentation générale de l'EPFL (compteur SIE)

Depuis août 1997, le distributeur SIE transmet chaque mois à l'EPFL les graphiques de la courbe de charge électrique enregistrée au compteur général de l'alimentation 50kV.

Nous avons pu obtenir les données numériques, soit la valeur de la puissance moyenne quart-horaire en kW, de quart d'heure en quart d'heure, mois après mois.

Ces données sont utiles pour comparer le profil de consommation des 3 bâtiments analysés par rapport à l'ensemble des consommateurs du site de l'EPFL.

L'analyse de la courbe de charge quart-horaire a une grande importance étant donné que le 50% de la facture d'électricité est basé sur la puissance correspondant au quart d'heure le plus chargé du mois (facturé à raison de 38.80 Fr./kW, pour une pointe de puissance moyenne de 8'500 kW).

Réseau de distribution électrique, équipements techniques

La base de donnée du SEE ainsi que les schémas de distribution électrique ont permis de prendre connaissance et de repérer le cheminement de l'électricité dans le bâtiment, du tableau principal de distribution à la prise électrique, dans le local « xxx ».

Il s'agit d'inventorier tous les consommateurs alimentés par le même secteur de distribution (le même compteur) et ainsi d'identifier toute les composantes de la consommation.

Si l'on considère telle ou telle prestation, il faut savoir sur quel compteur s'enregistre la consommation des appareils concernés.

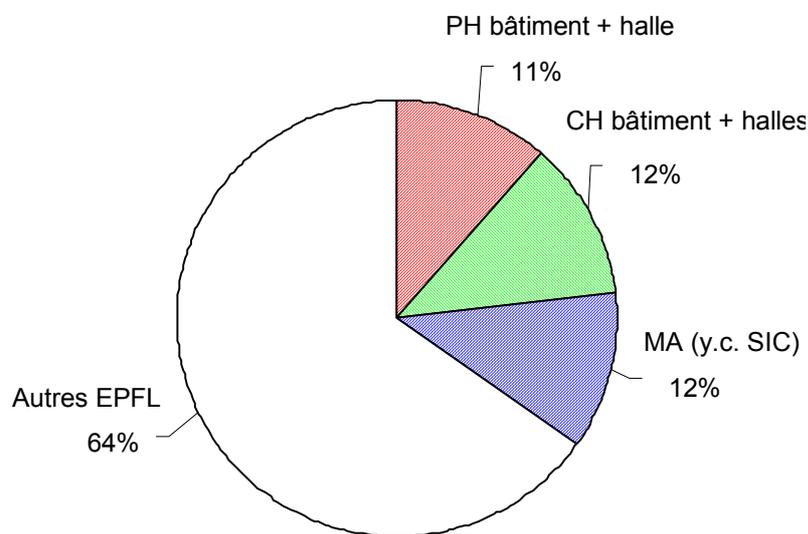
3. Méthode d'analyse

3.1 Bilan de consommation annuelle par bâtiment

La répartition de la consommation des bâtiments de Physique, Chimie et Mathématiques est comparée à la consommation totale de l'EPFL, étapes 1° et 2°.

Cette information provenant des décomptes de facturation permet de situer l'importance relative de la contribution de ces trois gros consommateurs.

**Consommation des bâtiments de PH, MA, CH
par rapport à la consommation totale de l'EPFL**



On observe sur la figure ci-dessus que le groupe des trois bâtiments analysés représente 36 % de la consommation annuelle totale du site de l'EPFL.

Une telle contribution à la facture totale annuelle démontre l'importance d'une analyse plus détaillée des composantes de cette consommation.

3.2 Bilan de consommation annuelle par type d'utilisation

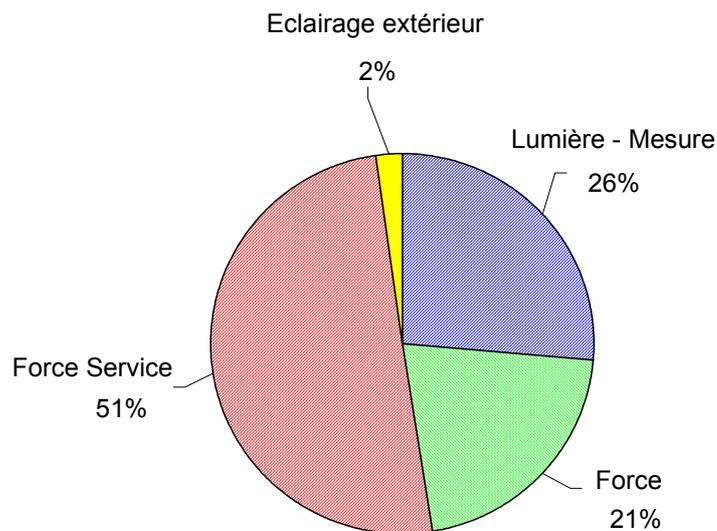
Chaque bâtiment du site de l'EPFL est alimenté par trois réseaux Basse Tension (BT) séparés, avec un poste de comptage pour chacun à l'entrée du bâtiment :

- le réseau Force
- le réseau Lumière-Mesure
- le réseau Force-Service (infrastructures CVSE)

Cette répartition en trois types d'applications permet, dans un premier temps, de se faire une idée de l'importance de ces groupes d'utilisateurs.

Par exemple, la figure ci-dessous illustre ce propos.

EPFL, département de CHIMIE – Halles
Répartition des types de consommateurs d'électricité



On remarque ici que l'énergie pour les infrastructures de ventilation - climatisation et sanitaire représente près de la moitié de la consommation du bâtiment.

3.3 Evolution de la consommation d'électricité au fil des semaines et sur l'année

Le relevé périodique des compteurs avec une représentation graphique des consommations permet de visualiser l'évolution de la consommation tout au long de l'année.

La fréquence des relevés peut être mensuelle. Dans le cadre de cette analyse détaillée, nous avons procédé à des relevés hebdomadaires afin d'améliorer la résolution du tracé et repérer des événements caractéristiques qui se sont produits au cours des campagnes de mesures.

Les informations que l'on retire du suivi périodique des consommations sont :

- L'évolution des consommations liée aux **phénomènes saisonniers, aux périodes de vacances, et aux périodes d'activité intense** (p.ex. : périodes académiques).
- Les **variations ponctuelles résultant d'un comportement particulier** par rapport au mode d'exploitation habituel des équipements électriques.
- Les **modifications subites consécutives à la mise en service ou l'arrêt d'un appareil ou ensemble d'appareils**.
- Les **augmentations ou diminutions progressives** provenant de l'accroissement de la puissance installée, de dérives ou dérèglages des automatismes ou, respectivement, l'influence des démarches de rationalisation énergétique.
- **Comparées ou combinées entre elles**, les courbes de consommation de plusieurs groupes d'utilisateurs peuvent donner des informations sur le mode d'exploitation d'équipements dont les fonctions sont complémentaires ou associées. (p.ex. : relation entre la climatisation et la nécessité d'évacuer des charges thermiques importante d'origine électrique).

Il peut être utile dans certains cas de raccorder un compteur d'énergie sur un secteur de distribution ou un gros consommateur pour permettre une meilleure vision de la répartition de la consommation.

La comptabilité énergétique électrique mensuelle existe souvent déjà dans des ensembles de bâtiments importants et complexes, tels que l'EPFL. Des relevés sont effectués pour établir les décomptes de facturation de l'énergie.

Comme ces données de consommation sont déjà disponibles, généralement sous forme de fichiers informatiques, il est relativement aisé de compléter le traitement numérique des relevés par une représentation graphique des consommations au fil du temps.

Ainsi ces données, réservées jusqu'ici au domaine comptable, peuvent être mise à profit pour une meilleure connaissance du comportement énergétique des utilisateurs. C'est un outil pratique pour la gestion technique des bâtiments et la planification des nouveaux équipements et nouvelles constructions.

3.4 Analyse détaillée des consommations

L'idéal serait de pouvoir mesurer simultanément tous les appareils raccordés au réseau électrique.

Ceci représenterait un travail considérable et nécessiterait un très grand nombre d'appareils de mesures et de données à gérer.

Le risque est grand de se perdre dans une telle tâche fastidieuse

Le but final n'est pas de connaître précisément la consommation intrinsèque de tel ou tel appareil en phase d'utilisation.

Il s'agit plutôt de connaître :

- Combien d'énergie électrique est utilisée pour fournir telle ou telle prestation ?
- La prestation attendue est-elle satisfaite ? Combien d'électricité nécessite-t-elle ?
- Lorsqu'un processus nécessite la mise en œuvre d'un ensemble de systèmes complexes, la logique de fonctionnement de tous ces équipements est-elle cohérente ? (p.ex : expériences de laboratoire nécessitant de la ventilation contrôlée ou de la climatisation)
- Y a-t-il une bonne adéquation entre la consommation d'électricité et la prestation fournie ?
- Quelle consommation s'enregistre sur le compteur électrique lors des phases d'arrêt ou de veille ? La consommation d'un bâtiment inoccupé est elle raisonnable ?
- Peut-on comparer la consommation réellement utilisée pour satisfaire tel ou tel travail avec des indices de référence ?
- Est-il possible d'obtenir le même résultat en consommant moins, en envisageant éventuellement d'autres systèmes à court, moyen ou long terme ?

Face à ces questions, nous avons choisi une approche orientée sur les prestations fournies aux utilisateurs.

Le principe d'analyse détaillée est donc fondé sur deux démarches parallèles et complémentaires :

- Saisie des paramètres permettant de décrire les prestations
- Mesures détaillées effectuées sur les équipements électriques utilisés pour satisfaire les différentes prestations.

Dans les bâtiments de Physique, Chimie et Mathématiques, on peut décrire les prestations comme la nature des activités diverses se déroulant dans les différents locaux

Typologie des locaux, utilisation et affectations

- * Locaux techniques CVSE
- * Réseau informatique et sécurité
- * Laboratoire à faible charge
- * Laboratoire à moyenne charge
- * Laboratoire à forte charge
- * Bureau institut
- * Locaux de travaux pratiques
- * Secrétariat - bureautique
- * Cafétéria
- * Couloirs - WC
- * Salles de conférences
- * Atelier de mécanique
- * Locaux sans consommation (stock, dépôt)

Il existe dans tous ces locaux différents types d'équipements consommant de l'électricité, soit directement dans le local, soit indirectement pour assurer une ambiance voulue dans le local (p.ex. : climatisation et extraction de chapelles)

Typologie des équipements

- * Eclairage
- * Ventilation - climatisation
- * Equipements des centrales de chauffage et sanitaire (p.ex. : eau déminéralisée et circuits de refroidissement)
- * Informatique des bureaux
- * Processus de laboratoires
- * Selon les cas : installations spécifiques importantes.

Une telle désagrégation permet d'approcher cet énorme ensemble apparemment complexe que sont les départements de PH, CH et MA, en **sous-ensembles homogènes** qui sont plus faciles à cerner et analyser en détails.

De plus, la décomposition par types de locaux correspond assez bien avec la répartition des groupes d'alimentations dans les tableau électriques d'étages, endroit où il est le plus aisé d'effectuer des mesures de consommation.

Approche par échantillonnage, fondée sur l'observation, la mesure in-situ

Dans chaque bâtiment, une visite détaillée de tous les locaux a été organisée afin de répertorier les paramètres de base de l'analyse :

- Identification du local : N° du local, Etage, Zone, Institut concerné
- Surface du local (d'après plans et base de données du Service des Bâtiments)
- Type d'activité (prestation)
- Types d'équipements électriques
- Mesure et/ou estimation de la puissance moyenne consommée de jour et de nuit, taux d'utilisation des appareils.
- Pour des locaux de référence : source des alimentations électriques

Lors de cette visite des locaux, nous avons repéré un certain nombre de locaux représentatifs de l'activité du Département concerné.

Nous avons sélectionné 2 à 3 locaux de chaque type pour y effectuer des mesures de consommation. Nous avons interrogé les utilisateurs afin de connaître le mode d'utilisation de ces locaux et le genre d'activités ou expériences réalisées.

En établissant le rapport entre la consommation mesurée des différents types d'équipements et la surface du local, nous avons établi un indice de consommation spécifique sous forme d'une puissance moyenne rapportée au m² de surface nette de plancher (W/m²), ceci en régime diurne pour les jours ouvrables et en régime nocturne + week-end.

En comparant le résultat obtenu dans plusieurs locaux de même type, on remarque que les valeurs sont semblables.

Par la suite, ces indices de consommation spécifique ont été utilisés pour simuler sur l'ensemble des locaux, un profil de consommation d'une « semaine-type ».

Ce profil est établi d'après une base de temps quart-horaire, semblable à la courbe de charge enregistrée sur les compteurs généraux du bâtiment.

L'enregistrement de la courbe de charge des compteurs met en évidence une très grande régularité du profil de consommation de jour, de nuit et le week-end, et de mois en mois.

Ce constat nous permet de considérer notre « semaine-type » simulée comme 1/52^{ème} de la consommation annuelle, et ainsi de reconstituer par extrapolation le bilan énergétique annuel détaillé.

3.5 Représentativité et précision du bilan détaillé

La méthode utilisée fait appel à un certain nombre de redondances avec des données de consommations mesurées précisément à plusieurs niveaux :

- Correspondance avec la consommation annuelle d'électricité mesurée et facturée
- Coïncidence du profil de consommation de la « semaine - type » simulée avec le profil du jour moyen résultant de la superposition de tous les jours ouvrables et des week-end durant plusieurs mois
- Correspondance des bilans établis par groupes d'utilisateurs (Force, Force-Service et Lumière-Mesure), en considérant les valeurs enregistrées sur les compteurs et les valeurs simulées.
- Au niveau de la distribution principale et secondaire dans le bâtiment, les valeurs obtenues par simulation de scénarios d'utilisation correspondent bien avec les mesures de puissance effectuées à différents points du réseau de distribution.

Il est difficile de déterminer le degré de précision des résultats obtenus étant donné que des imprécisions peuvent parfois s'additionner ou se soustraire (se compenser).

A titre d'exemple, pour le bâtiment de physique, l'écart entre le bilan détaillé simulé et le bilan global mesuré est de 3 à 5 %.

Finalement, l'ordre de grandeur de l'imprécision n'est pas important. C'est plutôt la part relative des différentes composantes de la consommation qui est intéressante et révélatrice !

3.6 Campagnes de mesures

Les données numériques à disposition se limitant à la distribution générale d'électricité dans les bâtiments (relevés des compteurs « Force », « Force-Services » et « Lumière-Mesure », il a été nécessaire d'effectuer des campagnes de mesure en continu dans des périodes définies, ainsi que des mesures ponctuelles instantanées de la puissance des appareils ou groupes d'appareils.

Nous avons souvent sollicité les utilisateurs pour obtenir les caractéristiques des appareils particuliers, et prendre connaissance des modes d'utilisation, de la fréquence et la durée de service des équipements. L'installation de l'appareillage de mesure a chaque fois été coordonnée avec les utilisateurs concernés. Aucune gêne n'a été observée.

Les mesures ont été effectuées aussi bien en période de forte activité qu'en phases de veille (p.ex. la nuit).

Mesures effectuées

Les mesures suivantes ont été effectuées sur les installations électriques des bâtiments de Physique, Chimie et Mathématiques à l'aide d'un acquiiseur de données, par période de l'ordre de 1 à 2 mois au minimum afin d'observer les variations durant les jours ouvrables et le week-end.

Les équipements suivants ont fait l'objet d'une mesure:

- Alimentation électrique générale des bâtiments au niveau des compteurs Force, Force-Service et Lumière-Mesure, dans les centrales de distribution basse tension (BT).

- Certains groupes de distribution tels que "Ventilation", par exemple.

Des mesures de puissance instantanée ont été effectuées de jour et de nuit sur tous les groupes de distribution des tableaux principaux BT de Physique et Chimie, ainsi qu'au niveau de certains tableaux secondaires, dans les étages.

Plusieurs mesures ont été effectuées sur des appareils de laboratoire et sur les équipements informatiques de bureau tels que PC, écrans, stations de travail, imprimantes afin de connaître leur consommation propre en phase de travail ou d'attente, dans les différents modes de configuration.

Matériel de mesures

Les mesures en continu du profil de consommation ont été réalisées à l'aide de deux chaînes d'acquisition numériques, avec 6 canaux chacune.

Ces enregistreurs informatiques ont été raccordés sur les compteurs électriques de chaque bâtiment.

L'information de base saisie est le signal à impulsions généré par les compteurs (nombre de tours du disque du compteur).

L'acquisiteur enregistre la consommation de chaque quart d'heure, ce qui permet d'établir la courbe de charge du consommateur concerné.

Les mesures de consommation instantanée ont été effectuées à l'aide d'un compteur-wattmètre ou de pinces ampèremétriques.

3.7 Outils logiciels utilisés pour le traitement des données

Saisie des données et calculs

Un certain nombre de tableaux de relevés et formulaires ont été mis au point pour la saisie des données sur le terrain. Ces éléments ont été créés sur tableur « EXCEL ».

Ces formulaires, servant à la fois de feuilles de calculs, ont été configurées pour le traitement numérique des données.

Les représentations graphiques sont associées aux feuilles de calcul.

Traitement numérique et graphique des mesures enregistrées

Les mesures enregistrées à l'aide des acquiseurs, ainsi que les fichiers de données de la courbe de charge de l'alimentation générale de l'EPFL, ont été traitées à l'aide du logiciel « VISUALDIAGNO » adapté à cette application.

La simulation des profils de consommation a été effectuée avec « EXCEL », puis exportée vers « VISUALDIAGNO » pour comparaison avec les valeurs mesurées.

4. Bilans annuels des consommations électriques en PH, CH et MA

4.1 Bilan électrique de 3 gros consommateurs du site EPFL

Les bilans présentés ci après ont été calculés pour une année complète, du **1^{er} septembre 1997 au 31 août 1998**.

Nous avons choisi cette période à cheval sur 97 et 98 plutôt qu'une année civile parce que les données et mesures permettant d'établir le bilan détaillé ont été saisies durant cette période précisément.

Les valeurs de consommations sont déduites des relevés des compteurs électriques de ces trois bâtiments, relevés précisément à ces dates.

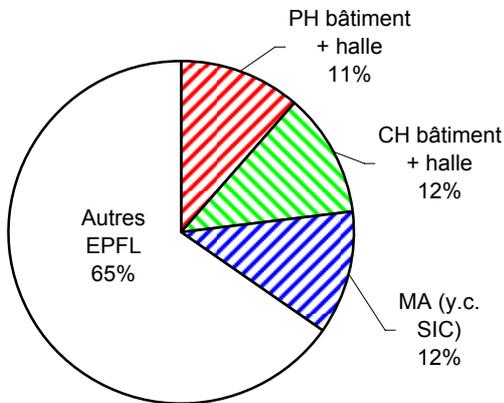
Les coûts correspondants sont calculés avec un prix moyen indicatif de **17.07 cts/kWh**, **référence 1998**, qui est le prix unitaire comprenant le prix du kWh, la taxe de puissance mensuelle et le prix de l'abonnement.

Un tableau comparatif présentant les coûts avec la nouvelle structure tarifaire dès octobre 1998 figure en *annexe A-2*.

Les bilans sont présentés dans les pages suivantes.

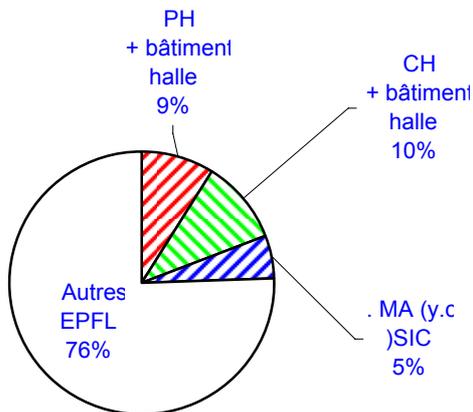
Bilan de la consommation annuelle des départements de Physique, Chimie et Mathématiques

Consommation des bâtiments de Physique, Chimie et Mathématiques par rapport à la consommation totale de l'EPFL



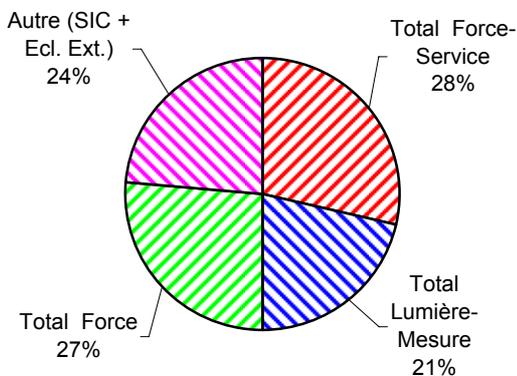
3.6 (MJ/kWh)

	kWh/an	%	MJ/m2.a
PH bâtiment + halle	4'603'455	11%	683
CH bâtiment + halle	4'674'922	12%	607
MA (y.c. SIC)	4'661'585	12%	1'197
Autres EPFL	26'260'038	65%	
Total PH + CH + MA	13'939'962	35%	760
Total EPFL	40'200'000	100%	



[Surface de référence des bâtiments de PH, MA, CH par rapport à la surface totale de l'EPFL](#)

Répartition des types de consommateurs d'électricité pour les bâtiments de Physique, Chimie et Mathématiques



	kWh/an	%	MJ/m2.a
Force Services (CVSE)	3'994'555	29%	
Lumière Mesure	2'966'805	21%	
Force	3'696'128	27%	
SIC + Eclairage ext. CH	3'282'474	24%	
Total PH+MA+CH	13'939'962	100%	760

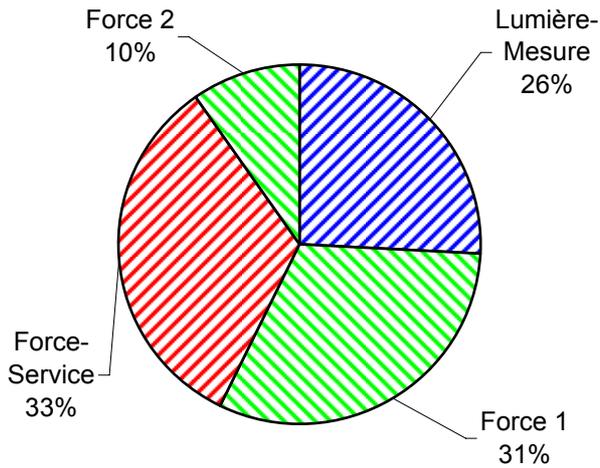
NB: Indice énergétique électrique pour les Hautes écoles selon SIA 380/1

Bâtiments existants: Val. Effective: 300 MJ/m2.a / Après améliorations: 250 MJ/m2.a

Bâtiments à construire: Val. limite: 200 MJ/m2.a / Val. cible: 200 MJ/m2.a

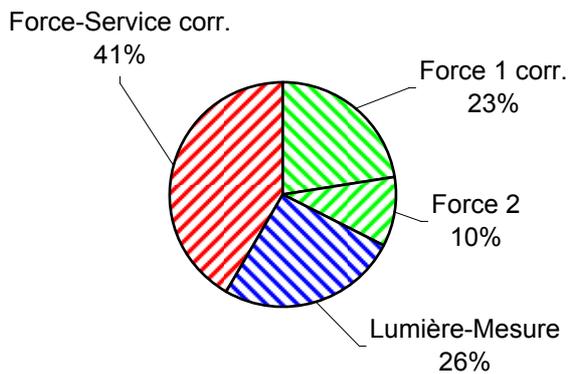
Bilan de la consommation annuelle d'électricité des Départements de Physique, Chimie et Mathématiques

Répartition de la consommation du Département de Physique par type d'utilisation



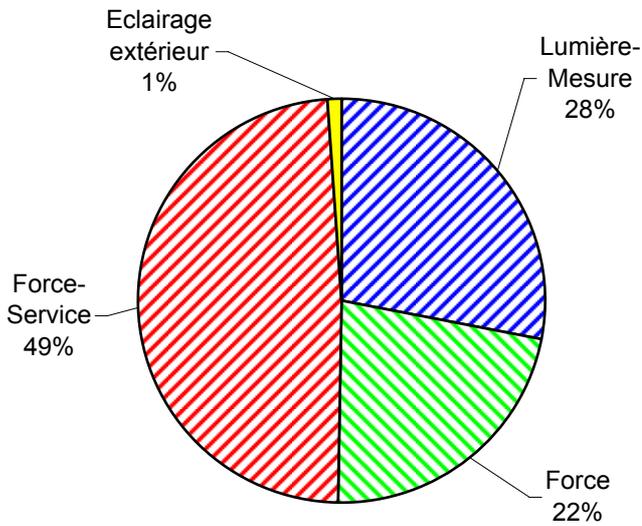
3.6 (MJ/kWh)

	kWh/an	%	MJ/m2.a
Lumière - Mesure	1'195'575	26%	
Force 1 (Est-Ouest)	1'433'325	31%	
Force - Service	1'524'795	33%	
Force 2 (Nors-Sud)	449'760	10%	
Total PHYS. bât.+ halle	4'603'455	100%	683



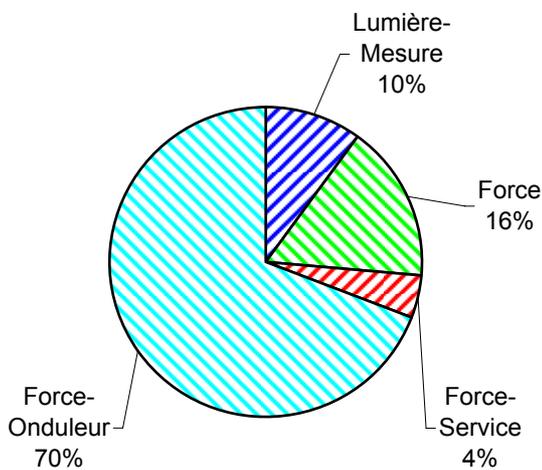
Valeurs corrigées
pour infrastructures CVSE
regroupées dans F-S

Répartition de la consommation du Département de Chimie par type d'utilisation



	kWh/an	%	MJ/m2.a
Lumière - Mesure	1'307'115	28%	
Force	1'049'168	22%	
Force - Service	2'260'760	48%	
Eclairage extérieur	57'879	1%	
Total CHIM. bât.+ halle	4'674'922	100%	607

Répartition de la consommation du Département de Mathématiques par type d'utilisation (y.c. SIC)



	kWh/an	%	MJ/m2.a
Lumière - Mesure	464'115	10%	
Force	763'875	16%	
Force - Service	209'000	4%	
Onduleur Ordinateur	3'224'595	69%	
Total Mathématiques	4'661'585	100%	1'197

*Remarque : l'Indice énergétique de 1'197 MJ/m2.a est fortement influencé par la consommation du Centre informatique SIC.
A considérer avec réserve!*

Commentaires

Consommation des bâtiments de Physique, Chimie et Mathématiques par rapport à tous le site EPFL

Les 3 départements de Physique, Chimie et Mathématiques ont consommé ensemble, ces 12 derniers mois, 36 % de l'électricité du site de l'EPFL. Leur consommation en valeur absolue est très semblable (12% chacun).

Si l'on tient compte de la grandeur de ces bâtiments, dont la surface totale des locaux représente 25% de la surface totale de l'ensemble de l'EPFL, on constate que ces 3 départements apportent une forte contribution au bilan total annuel.

La répartition de la consommation vers les différents types d'utilisateurs (Force, Force Service, Lumière Mesure et Autre (SIC) se décompose en quatre parties de grandeurs à peu près équivalentes. Toutefois, on peut difficilement déduire une information de ce constat, car la consommation très importante du SIC assure une prestation qui ne concerne pas seulement le Département de Mathématiques, mais l'ensemble du site EPFL.

La comparaison de la répartition des types de consommateurs des départements de physique et chimie est beaucoup plus représentative. Ce point est traité ci-après.

Ce premier bilan sommaire montre que pour une facture totale d'électricité de 2'400'000,-- Fr./an (tarif 1998) pour les 3 bâtiments analysés, on peut s'attendre à un **potentiel d'économie de l'ordre de 5 à 10%** réalisable en améliorant le mode d'exploitation des équipements électriques et en favorisant la prise de conscience et la motivation des utilisateur.

(Sur la base de la nouvelle structure tarifaire, l'économie est de l'ordre de 84'000,-- à 167'000,--Fr.)

Répartition de la consommation par type d'utilisation dans les bâtiments de PH, CH et MA

La répartition de la consommation pour les bâtiments de Physique et de Chimie est assez proche, si l'on tient compte du fait qu'en Physique, une partie des installations de ventilation sont raccordées sur le réseau « Force » et non sur « Force-Service ».

En corrigeant le bilan en conséquence, on observe les proportions suivantes (CH et PH):

- * **27% pour la Lumière-Mesure** (éclairage, prises 230V dans les laboratoires)
- * **45% pour la Force-Service** (CVSE : Ventilation-Climatisation, installations sanitaires)
- * **28% pour la Force** (Prises « Force » des laboratoires et prises murales 220V dans les bureaux et les labos)

Près de la moitié de la consommation est consacrée aux installations CVSE . Cette proportion est très importante si l'on considère que ces bâtiments ne sont que partiellement ventilés et climatisés.

Pour le bâtiment de Mathématiques, c'est le système informatique central de l'Ecole qui est de loin le plus gros consommateur.

L'énergie enregistrée sur le compteur « Force Onduleur » alimente l'ordinateur central et toutes les fonctions vitales qui ne supportent pas de coupure d'alimentation.

L'alimentation des fonctions vitales du **Centre de calcul SIC représente 8.3 % de la consommation totale de l'EPFL.**

4.2 Indices énergétiques électrique des bâtiments de Physique, Chimie et Mathématiques (IDE_{él})

Définition

L'indice énergétique (IDE) est un **moyen simple et rapide de juger globalement la consommation d'énergie d'un bâtiment.**

Il permet d'évaluer de façon approximative l'importance du potentiel d'économie d'énergie.

L'**IDE_{él}** s'obtient en divisant la consommation annuelle d'énergie par la surface chauffée du bâtiment. Il exprime la **quantité d'électricité consommée pour 1 m² de local en une année.**

L'**unité d'énergie** utilisée est le **Méga-Joule (MJ)**, selon le système international d'unités physiques.

La **surface chauffée** considérée est déterminée en additionnant la surface de chaque étage chauffé, compte tenu de ses dimensions extérieures. Les dépôts et locaux techniques ne nécessitant pas de chauffage ne sont pas considérés dans la surface de référence chauffée. (Voir recommandation SIA 180/4 "L'indice de dépense d'énergie").

Pour **interpréter l'IDE**, on compare la valeur calculée pour le bâtiment considéré à des valeurs de références pour des immeubles du même type et d'affectation semblable.

La Recommandation SIA 380/1 "L'énergie dans le bâtiment" indique ces valeurs de référence par catégories:

- Bâtiments existants ou à construire.
- Affectation type "immeubles à appartements", "bâtiments administratifs", "écoles".
- Valeur de l'IDE pour des bâtiments existant ne présentant pas de défauts graves.
- Valeur de l'IDE théorique pouvant être considérée comme satisfaisante après amélioration de tous les éléments.

L' IDE_{él} des bâtiment de Physique, Chimie et Mathématiques de l'EPFL

Les Indices énergétiques électriques calculés pour ces trois bâtiments sont les suivants :

Bâtiment de Physique :	683 MJ/m2.a
Bâtiment de Chimie :	607 MJ/m2.a
Bâtiment de Mathématiques :	1'197 MJ/m2.a

Ils peuvent être comparés aux valeurs de référence de la recommandation SIA, pour des bâtiments de type:

Hautes écoles

	<u>IDE électricité</u>
- SIA 380/1, « existant, sans défaut graves»:	300 MJ/m2.a
- "après améliorations":	250 MJ/m2.a
- Bâtiment à construire « valeur limite »	200 MJ/m2.a
- Bâtiment à construire « valeur cible »	200 MJ/m2.a

L'IDE observé pour ces bâtiment est élevé, environ le double des valeurs indicatives de la recommandation SIA 380/1.

On peut en déduire que le potentiel d'économie d'électricité dans ces bâtiments est important !

Concernant le Département de Mathématiques (1'200 MJ/m2.a) , il faut relativiser cette valeur très forte, car le 70% de l'électricité concerne l'alimentation du centre de calcul, consommateur particulier qui désert l'ensemble du site de l'EPFL. C'est donc un cas particulier qui doit être analysé en tant que tel.

5. Contrôle suivi des consommations électriques en Physique, Chimie et Mathématiques

5.1 Référence : consommation électrique totale de l'EPFL

Les données de consommation enregistrées en continu par le SIE à la station de transformation 50/20 kV nous ont permis de tracer le profil de consommation moyenne hebdomadaire de l'ensemble du site de l'EPFL. Ce profil est indiqué sur le graphique de la page suivante, comme référence pour comparaison.

La périodicité des décomptes correspond aux dates des relevés des compteurs dans les centrales Basse Tension (BT) des bâtiments de PH, CH et MA.

De septembre 97 à mai 98, les relevés sont mensuels, puis hebdomadaires jusqu'en septembre 98. Sur les graphiques ci-après, c'est la valeur moyenne hebdomadaire du mois concerné qui est représentée, ceci jusqu'au début des relevés hebdomadaires, à fin mai 98.

5.2 Profil de consommation moyenne hebdomadaire des départements de Physique, Chimie et Mathématiques

Sur le graphique ci-après sont représentés les profils de consommation totale des bâtiments, soit la somme des alimentations des réseaux Force, Force-Service et Lumière-Mesure.

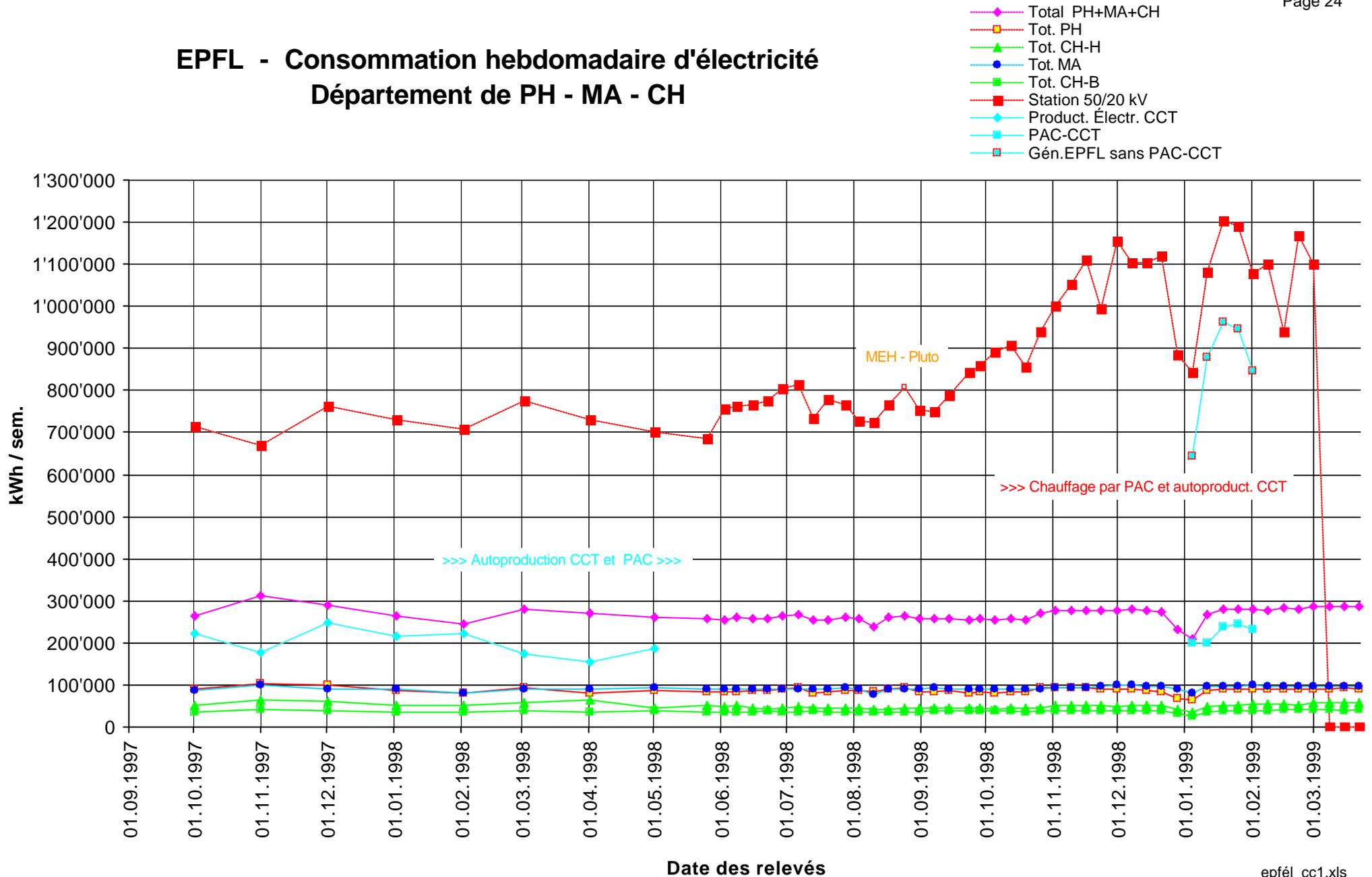
On voit également le profil résultant de l'addition des consommation des trois départements.

Les profils de consommation par type d'alimentation pour chaque bâtiment, ainsi que l'interprétation, figurent dans les chapitres respectifs.

5.3 Auto-production d'électricité par la centrale Chaleur-Force (CCT)

A titre indicatif, nous avons représenté sur le graphique de la page suivante le profil de production moyenne mensuelle, exprimé en kWh/semaine moyenne du mois considéré.

EPFL - Consommation hebdomadaire d'électricité Département de PH - MA - CH



Commentaires

Profil de consommation hebdomadaire du site EPFL

La consommation hebdomadaire d'électricité se situe dans une plage comprise entre 700'000 et 800'000 kWh/sem., soit une variation de l'ordre de 15%.

Ces variations semblent peu liées aux saisons jusqu'à mi septembre 1998. Elles dépendent en grande partie de l'activité plus ou moins intense dans les Départements. (p. ex. : fin de semestre académique, en juin, ou expériences ponctuelles avec des appareils gros consommateurs tel que le turbo-compresseur « PLUTO » du Département de Mécanique – Halle.

Au début d'octobre 98, on repère le début de saison d'exploitation des pompes à chaleur (PAC) de la CCT qui prélève son énergie sur le réseau SIE.

L'amplitude des variations hebdomadaires dépend alors de l'énergie de chauffage produite par les PAC ainsi que de la quantité d'électricité produite par les turbines à gaz (TG). Cette quantité réduit d'autant le nombre de kWh enregistrés sur le compteur général EPFL de l'alimentation 50kV du réseau SIE.

Profils de consommation des Départements de PH, CH, et MA

Ces profils sont très réguliers, voire pratiquement constants tout au long de l'année.

La consommation de ces trois Départements ne semble pas être influencée par les saisons, ni par les activités dépendant des semestres académiques (périodes de cours ou d'examens)

Il faut relever que l'essentiel des consommations dépendent du secteur de la recherche dans les instituts.

Ce constat de grande régularité du profil de consommation tout au long de l'année nous a permis d'envisager un principe d'analyse par échantillonnage, avec des campagnes de mesures ponctuelles limitées à quelques jours ou quelques semaines chacune.

L'analyse des profils de chaque composante (Force, Force-Service et Lumière-mesure) débouche sur les mêmes constatations.

Nous pouvons admettre que ces analyses ponctuelles sont représentatives d'un comportement moyen annuel, et ainsi procéder par extrapolation pour reconstituer le bilan annuel détaillé.

6. Bilan détaillé du Département de Physique

6.1 Description générale

Le Département de Physique est composé de deux corps de bâtiments :

- **PH - « Bâtiment »** : une construction en « L » avec un sous-sol, deux étages complets + un étage d'attiques, soit une **surface totale des locaux de 14940 m²**.
- **PH - « Halle »** : une construction en « E » de deux étages, avec liaison avec PH - « Bâtiment » au 2^{ème} et 3^{ème} étage; **surface totale des locaux de 5975 m²**.

La **surface des locaux** se répartit de la façon suivante :

- Locaux techniques CVSE et locaux vides sans consommation :	30%
- Laboratoires de recherche :	22%
- Locaux de travaux pratiques pour étudiants :	6%
- Bureaux des instituts, secrétariat, salles de conférences:	16%
- Ateliers de mécanique :	3%
- Couloirs, WC, escaliers :	23%

On remarque que la **surface des locaux affectée aux activités de recherche** (labos + bureaux) est de l'ordre de **40% de la surface totale**.

Le Département de Physique comporte les **instituts** suivants :

- Institut de Physique Expérimentale
- Institut de Physique Appliquée
- Institut de Génie Atomique
- Institut de Physique Théorique
- Institut de Micro et Optoélectronique
- Le centre informatique de PH
- La bibliothèque de PH
- Des salles de travaux pratiques pour les étudiants.

Les consommateurs d'électricité ont été regroupés dans des **catégories de prestations** :

- Eclairage
- Infrastructures CVSE (notamment ventilation - climatisation)
- Informatique des bureaux : stations de travail et PC + périphériques
- Processus des laboratoires

Les processus de laboratoires concerne tous les équipements scientifiques raccordés aux prises électriques des réseaux Force et Lumière-Mesure. Il s'agit essentiellement des types d'appareils suivants :

- Lasers de différentes puissances.
- Pompes à vide à palettes, turbo, à diffusion, Roots, à membranes
- Corps de chauffe et rubans chauffants pour l'étuvage des cellules expérimentales
- Générateurs de champs magnétiques
- Appareils de mesures électroniques (Racks) et ordinateurs de contrôle

La typologie de ces équipements est assez semblable dans les différents instituts.

6.2 Suivi hebdomadaire de la consommation des réseaux d'alimentation « Force », « Force-Service » et « Lumière-Mesure »

Sur le graphique des consommations hebdomadaires figurant à la page suivante, on observe une grande stabilité du profil de consommation tout au long de l'année.

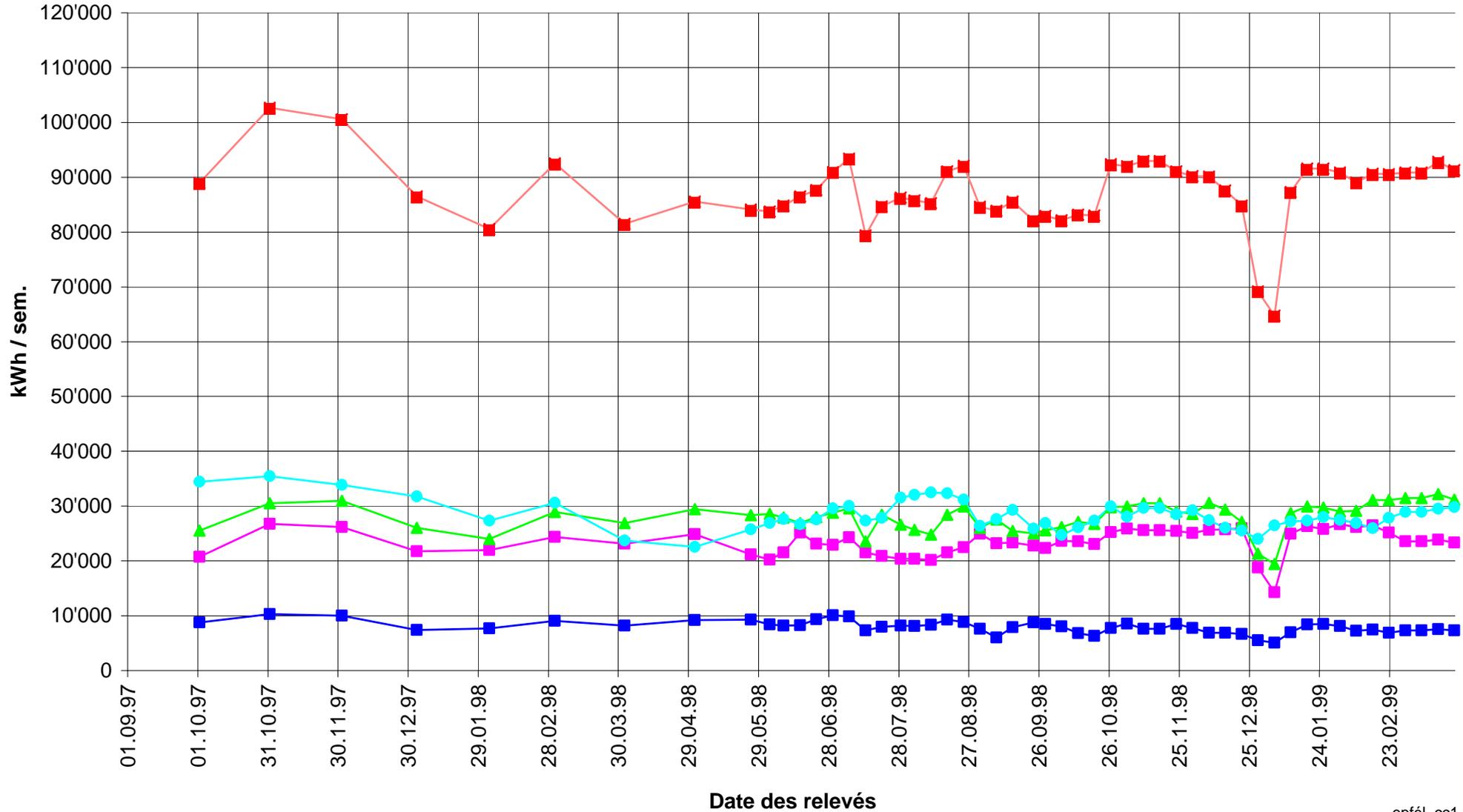
L'écart entre les valeurs minimum et maximum est de l'ordre de 10 à 15% par rapport à la moyenne pour chaque réseau d'alimentation.

Selon le type de réseau les variations n'évoluent pas dans le même sens. On ne repère pas de tendance particulière à la hausse ou à la baisse au cours des mois, si ce n'est une baisse marquée à fin juin / début juillet, qui pourrait s'expliquer par la fin de l'année académique avec une activité un peu plus forte et le début des vacances.

Nous pouvons déduire de ces constats que le choix de la période choisie pour effectuer la campagne de mesure en continu de la puissance moyenne quart horaire, n'a pas beaucoup d'importance.

EPFL - Consommation hebdomadaire d'électricité Département de PHYSIQUE: Bâtiment + Halle

- Total PH B+H
- Lumière-Mesure
- ▲ Force 1 (E-O)
- Force-Service
- Force 2 (N-S)



6.3 Courbe de charge des réseaux d'alimentation « Force », « Force-Service » et « Lumière-Mesure »

Le profil de consommation des réseaux de distribution Force, Force-Service et Lumière-Mesure a été enregistré en continu durant un mois, du 28 mai au 24 juin 1998. Il représente la puissance moyenne quart horaire.

Les profils sont représentés sur le graphique de la page suivante.

Visualdiagno, version 1.20.14

François Vuille

Référence: EPFL - SEE / Département de Physique - PHB, BT / Puissance électrique quart-horaire
EPFL-PH / FS, LM, F1, F2

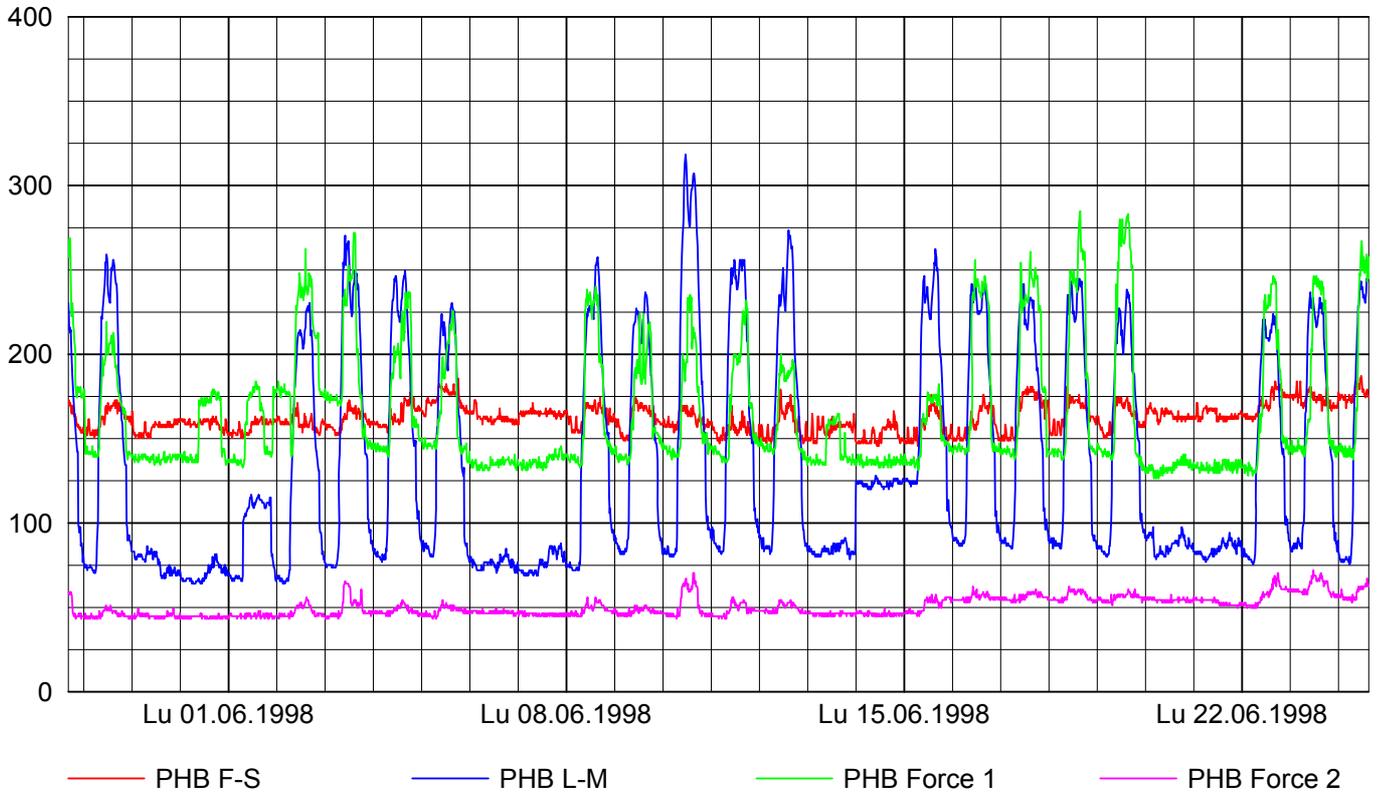
Module: VNR DAV 32/6 • V02-02D • 10219-030 / FV1

Fichier: e:\diagel~1\mes_vdg\epfph01x.vdg|e:\diagelec_pdf\mes_vdg\epfph01x.vdg

Mesures: du Je 28.05.1998 à 16:00 au Me 24.06.1998 à 15:00, Intervalle: 15 min.

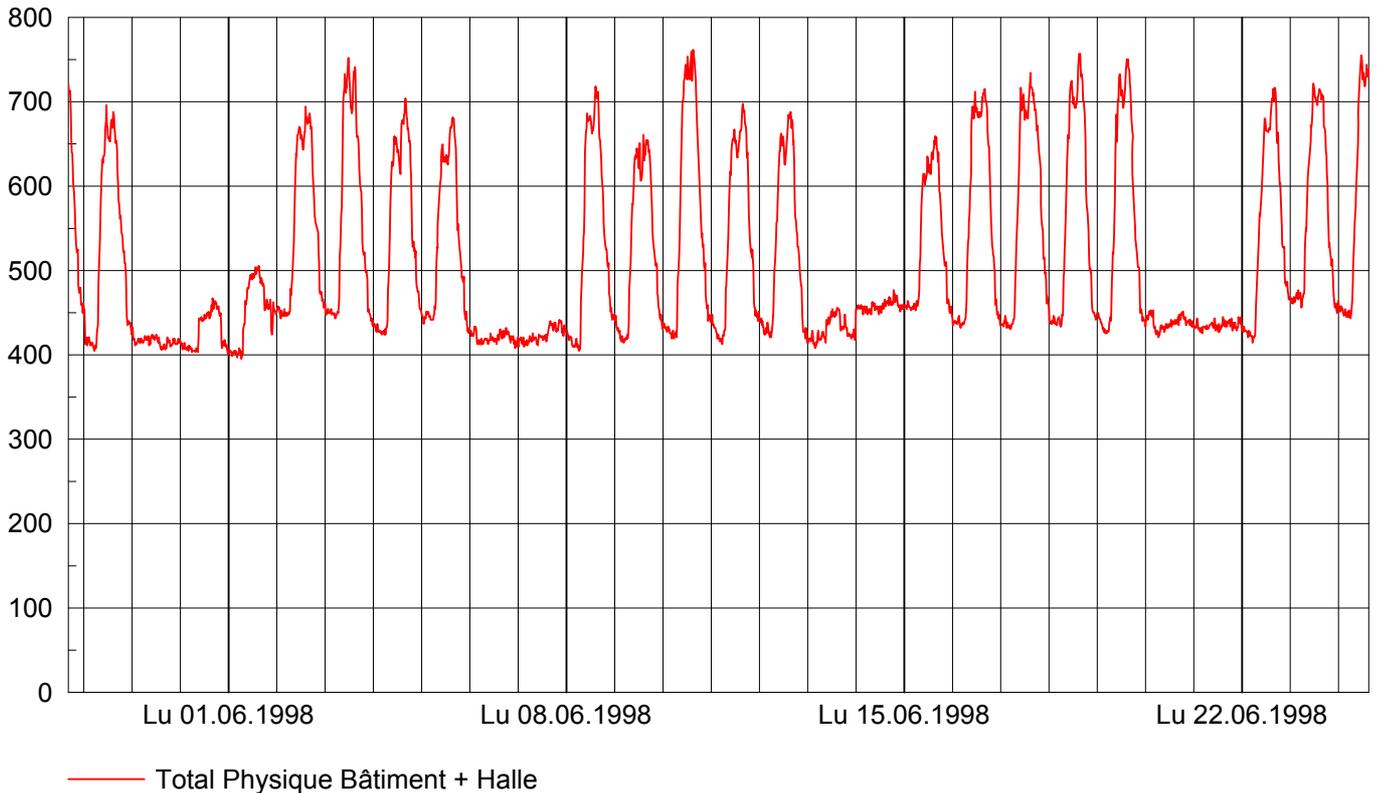
kW moy./ 1/4h

Courbes de charge électrique quart-horaire - Physique Bâtiment + Halle



kW moy./ 1/4h

Total Physique Bâtiment + Halle



Courbe de charge du réseau « Force 1 » (tracé vert)

Il s'agit de l'alimentation des prises Force des laboratoires et des prises murales 230V situées sous les fenêtres (alimentant notamment l'informatique des bureaux). Ces prises sont teintées en noir, ou portent une marque noire.

Cette alimentation concerne le corps de bâtiment PH Est-Ouest et PH Halle.

Des installations de ventilation d'extraction de chapelles sont également raccordées sur ce réseau qui est partiellement secouru par un groupe électrogène.

La consommation de base (env. 135 kW la nuit et le week-end) représente plus de la moitié de la puissance maximum diurne.

Exprimée en énergie, la consommation de base continue est très importante ! Elle représente 82% de la consommation annuelle du réseau PH - Force 1.

Ceci s'explique en grande partie par la consommation des infrastructures expérimentales qui doivent rester constamment en activité pour maintenir les cellules d'expériences dans des conditions stables de température et de pression (notamment les pompes à vide).

Il y a aussi la consommation de base des ordinateurs et périphériques restés enclenchés la nuit et le week-end.

Les variations de puissance d'une journée à l'autre sont en relation avec les manipulations opérées dans les différents laboratoires.

Courbe de charge du réseau « Force 2 » (tracé violet)

Il s'agit de l'alimentation « Force » du corps de bâtiment PH Nord-Sud.

La puissance est très constante : environ 50kW de jour, de nuit et le Week-end.

La contribution des infrastructures expérimentales est particulièrement importante.

Courbe de charge du réseau « Force - Service » (tracé rouge)

Ce réseau alimente les infrastructures CVSE, soit principalement la ventilation - climatisation du bâtiment et de la halle de PH, ainsi que les pompes du circuit de refroidissement des équipements scientifiques tels que les lasers.

Les deux grands monoblocs de la centrale de ventilation du bâtiment et les monoblocs de la Halle participent à la plus grande partie de la consommation.

Ces installations de ventilation « à double flux » fonctionnent avec des moteurs à vitesse variable ; la vitesse des ventilateurs est commandée par un système de régulation géré par le PCC.

Courbe de charge du réseau « Lumière - Mesure » (tracé bleu)

Il s'agit de l'alimentation de tous les éclairages et de certaines prises 230V situées généralement à l'entrée des bureaux.

Les tableaux de distribution avec prises 230V (tableaux R1) situés dans les laboratoires sont aussi alimentés par le réseau Lumière-Mesure.

Les prises « mesure » sont alimentées par du courant « propre » non perturbé par les appareils alimentés par le réseau Force.

La mesure concerne les alimentations groupées du Département de Physique, bâtiment et de la halle.

La base continue d'environ 80 kW la nuit et le week-end est constituée des consommations des appareils de laboratoires et d'une petite partie d'ordinateurs continuellement enclenchés et raccordés sur les prises Lumière-Mesure.

L'éclairage de certain locaux la nuit ne représente pas une consommation significative dans le Département de Physique. Nous avons effectué des pointages pour contrôle durant la nuit..

En analysant finement le profil de consommation au début de la matinée et au début de la soirée, on repère la commande centralisée d'allumage et d'extinction des zones contrôlées automatiquement par le PCC. Les circuits commandés ainsi automatiquement représentent une puissance totale de 40 kW.

Courbe de charge de l'ensemble des consommateurs du Département de Physique

La consommation de base de tous les utilisateurs représente une puissance totale de 400 à 450 kW la nuit et le week-end, et de 750 kW en pointe durant la journée.

Sur le plan énergétique, la consommation de base continue représente 80 à 85% de la consommation totale annuelle du Département de Physique, ce qui est très important !

Cette base reste constante, qu'il y ait des occupants dans les locaux ou que les bâtiments soient inoccupés ! Ceci représente un montant annuel de 640'000 Fr./an d'électricité (tarif 1998 : 17.07 cts/kWh), et 446'000 Fr./an selon la nouvelle structure tarifaire dès octobre 1998.

Des commentaires concernant ces observations figurent à la suite de ce chapitre.

6.4 Profil-type de consommation journalière dans le Département de Physique

La reconstitution du profil d'une journée-type a été possible en utilisant les valeurs de puissances moyennes quart horaire enregistrée durant un mois.

Le profil moyen ainsi obtenu a servi de référence pour l'établissement du bilan annuel détaillé simulé.

La dispersion des points à chaque heure de la journée permet d'apprécier la répétition et la constance des actions dans la journée.

On peut voir, par exemple, si la programmation des allumages et extinction correspond bien à l'occupation des locaux (arrivée et départ des collaborateurs).

Les graphiques des pages suivantes illustrent les profils-types des alimentations Force, Force-Service et Lumière-Mesure pour l'ensemble du Département de Physique.

Visualdiagno, version 1.20.14

François Vuille

Référence: EPFL - SEE / Département de Physique - PHB, BT / Puissance électrique quart-horaire

Jour-type PH_LM et FS

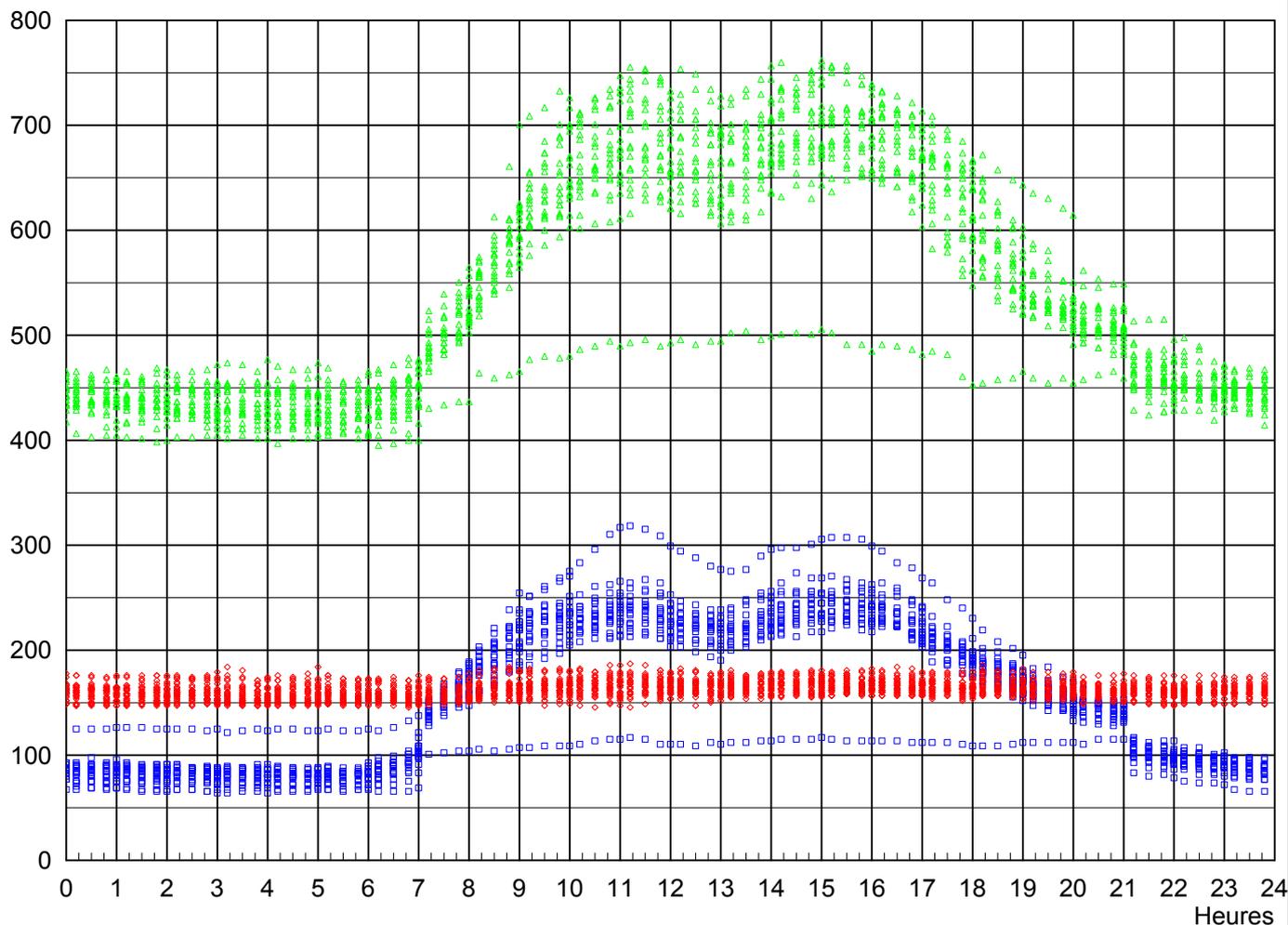
Module: VNR DAV 32/6 • V02-02D • 10219-030 / FV1

Fichier: e:\diagel~1\mes_vdg\epfph01x.vdg\e:\diagelec_pdf\mes_vdg\epfph01x.vdg

Mesures: du Je 28.05.1998 à 16:00 au Me 24.06.1998 à 15:00, Intervalle: 15 min.

kW moy./ 1/4h

Physique Bâtiment + Halles / Profil-type jour ouvrable



□ — Lumière-Mesure; droite: $y = 2.956x + 119.4$; nb points: 1'820; r^2 : 0.0955; écart-type: 63.07

X: Heure

Y: PHB_LM/r_375*nTI_1500*4

Jours: Lu-Ma-Me-Je-Ve; heures: 00:00-24:00; période: Je 28.05.1998 16:15 - Me 24.06.1998 15:00

◇ — Force-Service; droite: $y = 0.2198x + 159.6$; nb points: 2'588; r^2 : 0.0364; écart-type: 7.845

X: Heure

Y: PHB_FS/r_375*nTI_1500*4

Jours: Lu-Ma-Me-Je-Ve-Sa-Di; heures: 00:00-24:00; période: Je 28.05.1998 16:15 - Me 24.06.1998 15:00

△ — Total Physique Bât.+ Halle; droite: $y = 4.895x + 486.2$; nb points: 1'820; r^2 : 0.1000; écart-type: 101.8

X: Heure

Y: (PHB_FS/r_375*nTI_1500*4)+(PHB_LM/r_375*nTI_1500*4)+(PHB_F1/r_375*nTI_1500*4)+(PHB_F2/r_375*nTI_1500*4)

Jours: Lu-Ma-Me-Je-Ve; heures: 00:00-24:00; période: Je 28.05.1998 16:15 - Me 24.06.1998 15:00

Visualdiagno, version 1.20.14

François Vuille

Référence: EPFL - SEE / Département de Physique - PHB, BT / Puissance électrique quart-horaire

Jour-type PH_Force 1 et 2

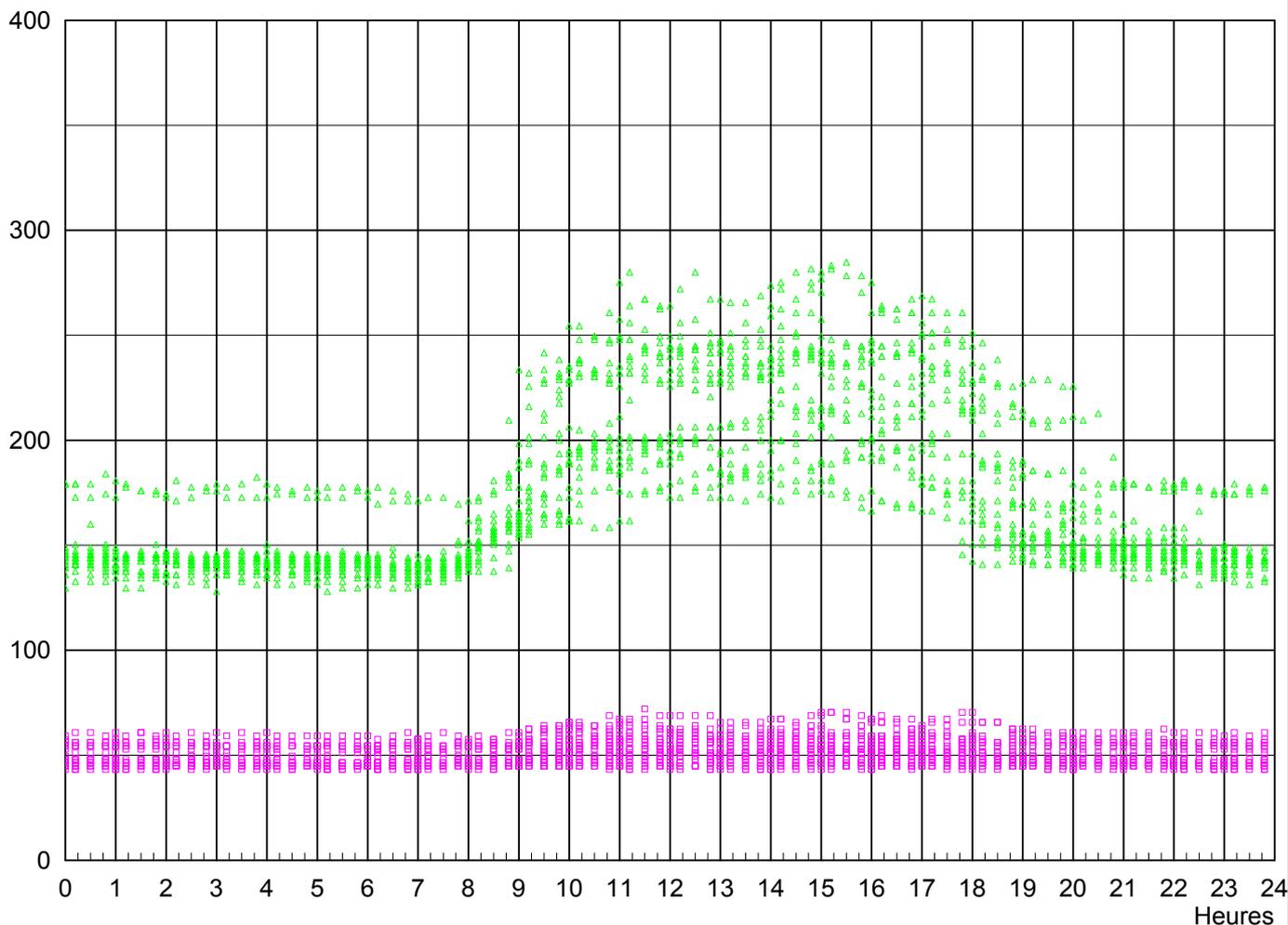
Module: VNR DAV 32/6 • V02-02D • 10219-030 / FV1

Fichier: e:\diagel~1\mes_vdg\epfph01x.vdg|e:\diagelec_pdf\mes_vdg\epfph01x.vdg

Mesures: du Je 28.05.1998 à 16:00 au Me 24.06.1998 à 15:00, Intervalle: 15 min.

kW moy./ 1/4h

Physique Bâtiment + Halle / Profil-type jour ouvrable / Force



△ — Force 1 (Est-Ouest); droite: $y = 1.514x + 157.1$; nb points: 1'820; r^2 : 0.0714; écart-type: 37.87

X: Heure

Y: PHB_F1/r_375*nTI_1500*4

Jours: Lu-Ma-Me-Je-Ve; heures: 00:00-24:00; période: Je 28.05.1998 16:15 - Me 24.06.1998 15:00

□ — Force 2 (Nord-Sud); droite: $y = 0.07592x + 49.54$; nb points: 2'588; r^2 : 0.0086; écart-type: 5.664

X: Heure

Y: PHB_F2/r_375*nTI_1500*4

Jours: Lu-Ma-Me-Je-Ve-Sa-Di; heures: 00:00-24:00; période: Je 28.05.1998 16:15 - Me 24.06.1998 15:00

6.5 Mesures de puissance sur les groupes de distribution électrique

La répartition de la consommation de l'ensemble des utilisateurs sur les réseaux Force, Force-Service et Lumière-Mesure étant connue au niveau du bilan annuel et des puissances quart-horaires, il s'agit d'analyser en détail les composantes raccordées sur chacun de ces réseaux.

Comme les profils de consommation sont réguliers et répétitifs durant la journée et la nuit, nous avons effectué des mesures de puissance instantanées à des moments caractéristiques de la journée. Ces mesures ont été effectuées sur le départ des groupes alimentant les tableaux d'étages, dans les centrales BT.

Une première série de mesures a été effectuée durant la journée, en régime établi, puis une seconde série de nuit.

La puissance est déterminée sur la base de la mesure du courant sur les trois phases de chaque groupe. Nous avons admis un facteur de puissance moyen de $\cos \varphi = 0.8$ pour le calcul de la puissance, compte tenu de la nature des charges inductives raccordées sur les alimentations.

La somme des puissances mesurés, regroupées par type de réseau, est comparée avec la puissance enregistrée sur le compteur. Ceci constitue un point de contrôle de la précision et la représentativité des mesures.

Nous obtenons ainsi une décomposition fine des consommations pour chaque étage, chaque zone des bâtiments, et chaque type d'utilisation.

La précision varie de 3 à 10%, ce que nous jugeons suffisant pour ce type d'analyse.

6.6 Mesures de puissance des équipements électriques de bureaux et de laboratoires.

Nous avons sélectionné plusieurs zones caractéristiques dans le bâtiment de PH pour effectuer un recensement de tous les équipements électriques et procéder à des mesures de consommation des appareils. Il s'agit de zones alimentées par le même tableau d'étage, dont l'affectation des locaux est identique et bien typée. Par exemple :

- Locaux « bureaux d'instituts » équipés d'informatique, dans l'Institut de physique théorique et dans l'institut de génie atomique
- « Laboratoires de recherche à faibles, moyenne ou grandes charges électriques », dans l'Institut de physique expérimentale.

C'est à ce niveau le plus bas de l'analyse qu'il est possible de mettre en relation la consommation d'électricité avec la prestation fournie, en tenant compte du type et de la nature des équipements.

De plus, tous les paramètres permettant de caractériser ces locaux sont bien connus :

- Surface des locaux
- Types d'équipements (caractéristiques techniques, puissance, nombre d'appareils)
- Mode d'utilisation par les chercheurs, taux d'utilisation, horaires d'utilisation
- Schémas de distribution électrique pour le repérage des point de mesures.
- Prise en compte des remarques des utilisateurs, collectes d'informations très utiles pour relativiser ou nuancer les résultats des mesures.

La prise en compte de tous ces paramètres permet de calculer des indices de consommation qui serviront à reconstituer des profils de consommation par simulation de scénarios d'utilisation.

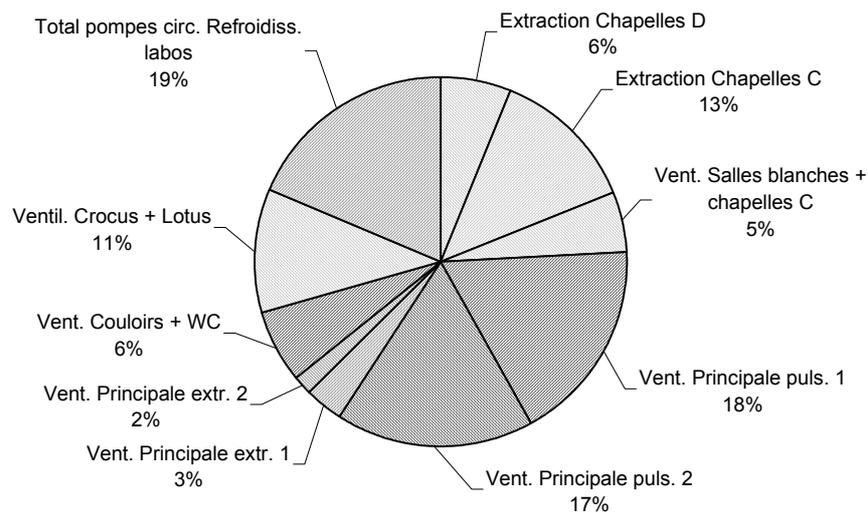
6.7 Mesures de puissance des équipements électriques CVSE

La même démarche que celle décrite au chapitre précédent a été appliquée pour l'analyse du secteur CVSE. Nous avons différencié les types d'équipements suivants :

- Ventilation centrale de pulsion et de reprise
- Ventilation d'extraction des chapelles
- Climatisation décentralisée dans les laboratoires à fortes charges
- Pompes de circulation du circuit de refroidissement des équipements de laboratoires.

Des mesures de puissance ont été effectuées sur les groupes d'alimentation électrique des différents équipements.

**Répartition des consommateurs du Département de Physique
Raccordés sur le réseau " Force-Service "**



Les consommations ont été référées à la surface des locaux concernés par ces équipements.

6.8 Indices de consommations spécifiques

Les indices de consommations spécifiques résultant des observations et mesures faites dans les instituts et laboratoires du Département de Physique sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Consommateur	Puissance spécifique Diurne / j. ouvrable (W/m ²)	Puissance spécifique Nocturne / férié (W/m ²)
Eclairage, taux utilisation 100% (Tubes TL 65W / RS, ballast Rapid Start)	28	0
Eclairage couloirs et WC	7.5	0
Informatique des bureaux, t.u. : 100% (selon densité des équipements)	9 à 14	4 à 7
Processus labo. Faible charge	9	9
Processus labo. Moyenne charge	90	90
Processus labo. Grosse charge	150	150
Ventilation centrale pulsion - reprise	13	13
Ventilation extraction des chapelles	13	13
Ventilation extraction WC	2.5	2.5
Climatisation individuelle (blocs climatiseurs)	30	30
Circuit refroidissement processus labo. (pompes)	28	28

Remarques :

- 1) Pour certains de ces indices, nous avons appliqué un facteur de pondération pour tenir compte du taux d'utilisation différent dans certaines zones, par exemple pour l'éclairage et pour l'informatique.
- 2) Le fait que la puissance spécifique en régime nocturne et week-end soit le même que durant la journée tient au fait que les équipements concernés restent continuellement en marche normale pour assurer la stabilité des conditions d'expériences.
- 3) Ces indices moyens sont représentatifs d'un ensemble de locaux (le Département de PH) On peut observer des valeurs différentes dans un local ou un autre, pris individuellement.

6.9 Simulation de scénarios d'utilisation basés sur les indices de consommation spécifique

L'avant-dernière étape de l'établissement du bilan détaillé consiste à créer un scénario d'utilisation des équipements électriques dans l'ensemble du Département de Physique.

A cette étape de l'analyse, nous disposons de toutes les données permettant de simuler par extrapolation un profil de consommation qui devrait finalement correspondre au profil réel enregistré sur les compteurs d'énergie.

Ces données sont :

- La liste typologique des locaux
- Les surfaces concernées par zone de bâtiment et typologie de locaux
- Les puissances spécifiques pour chaque type de prestation, en régime diurne et nocturne.
- Les courbes de charge de la puissance quart-horaire enregistrée sur les réseaux Force, Force service et Lumière-Mesure

En combinant ces données, on obtient une puissance moyenne totale pour tout le Département de Physique, en régime diurne (jour ouvrable) et en régime nocturne et week-end.

	<u>Val. Simulée</u>	<u>Valeur mesurée</u>
⇒ Puissance totale Physique bât. + halle « diurne / ouvrable »	670 kW	680 kW en moyenne
⇒ Puissance totale Physique bât. + halle « nocturne / w.-end »	440 kW	430 kW en moyenne

Le tableau détaillé des données et résultat de la simulation figure en annexe.

La précision du résultat étant suffisante, il reste à constituer le profil de consommation d'une semaine-type en utilisant les valeurs de la simulation et en respectant l'horaire d'utilisation des différents équipements électriques. Le profil de consommation du jour-type donne des informations assez précises sur ces horaires (voir chapitre 6.4).

Ces profils de puissance moyenne quart-horaire de la semaine-type a été constituée en regroupant les différents types de consommateurs dans les catégories « Force », « Force-Service » et « Lumière-Mesure ».

La représentation de la semaine-type simulée figure dans les pages suivantes.

Visualdiagno, version 1.20.14

François Vuille

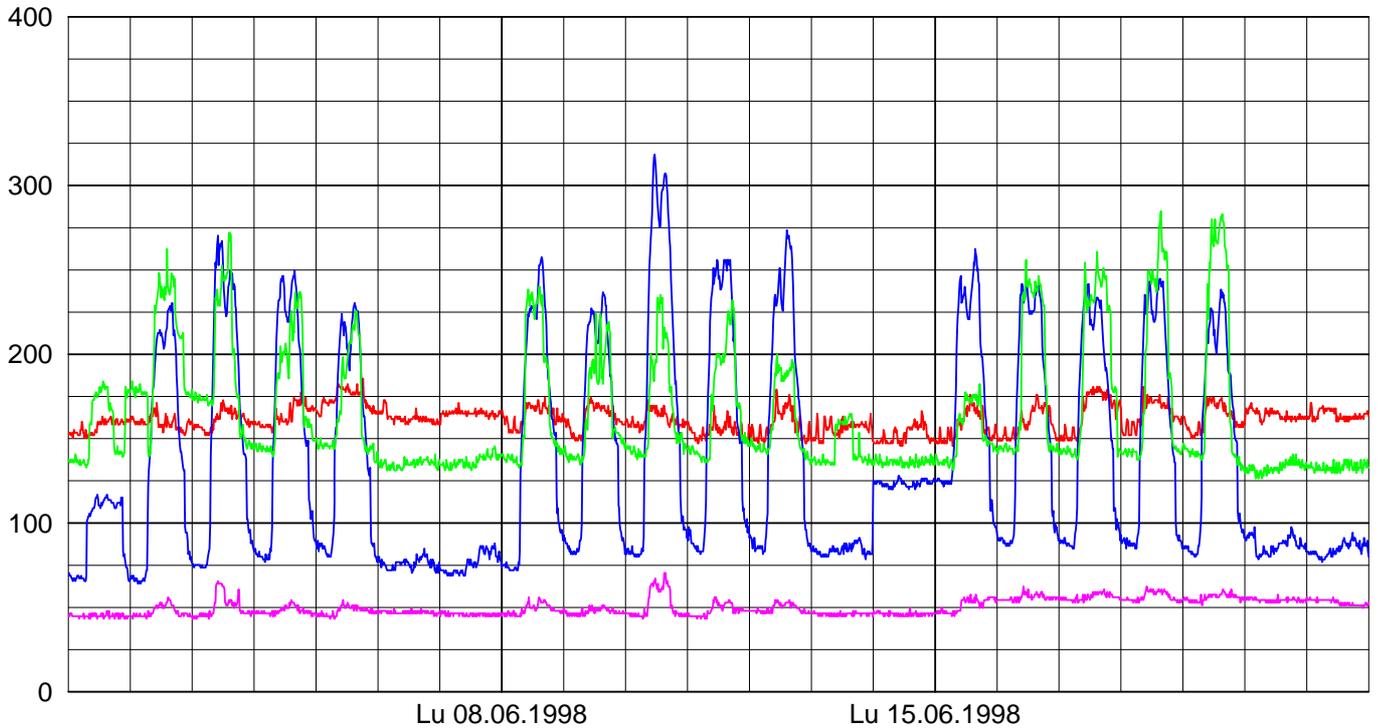
Référence: EPFL - SEE / Département de Physique - PHB, BT / Puissance électrique quart-horaire
EPFL-PH / FS, LM, F1, F2

Module: VNR DAV 32/6 • V02-02D • 10219-030 / FV1

Fichier: e:\diagel~1\mes_vdg\epfph02x.vdgle:\diagelec_pdf\mes_vdg\epfph02x.vdg

Mesures: du Je 28.05.1998 à 16:00 au Me 24.06.1998 à 15:00, Intervalle: 15 min.

kW moy./ 1/4h **Courbes de charge mesurées - Physique Bât. + Halle (composantes)**



— Force-Service

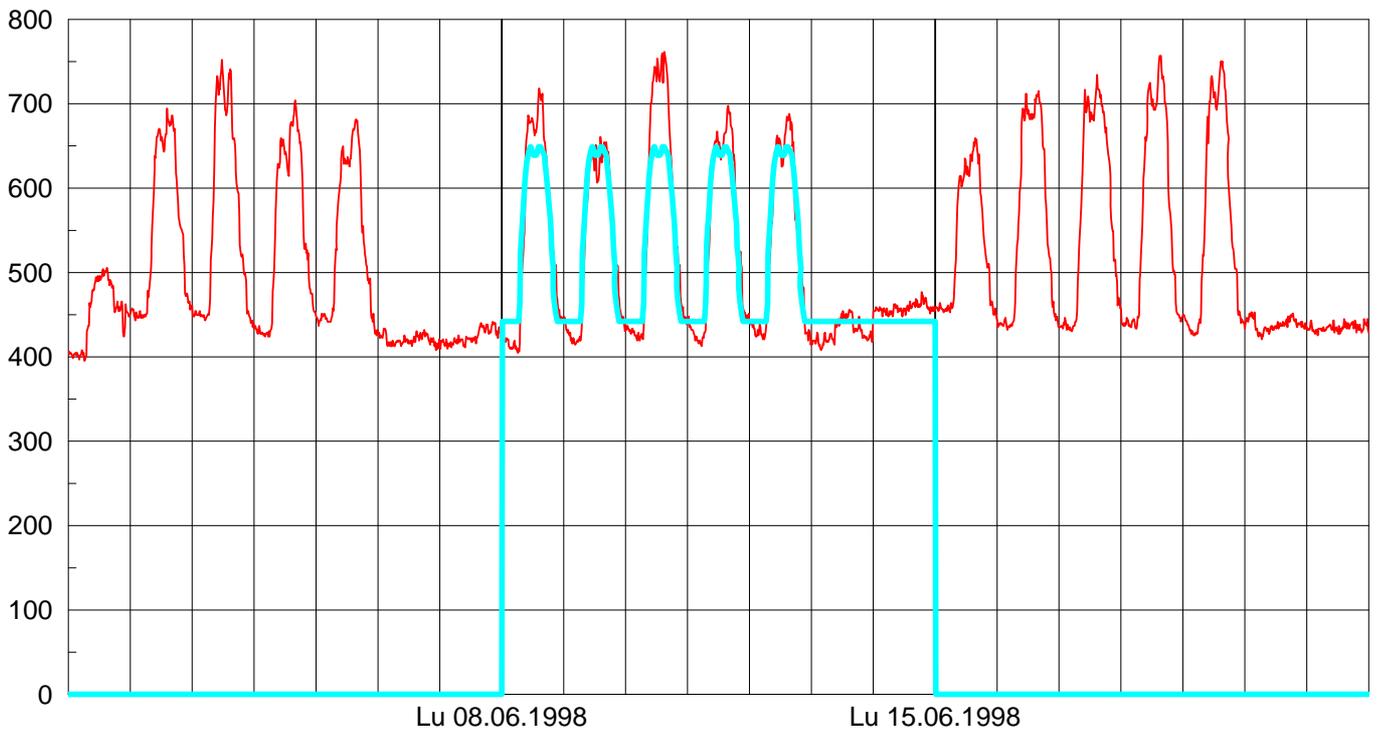
— Lumière-Mesur

— Force 1

— Force 2

kW moy./ 1/4h

Total Physique Bâtiment + Halle: Mesure et simulation



— Total Physique mesuré

— Simulation d'une semaine-type

Visualdiagno, version 1.20.14

François Vuille

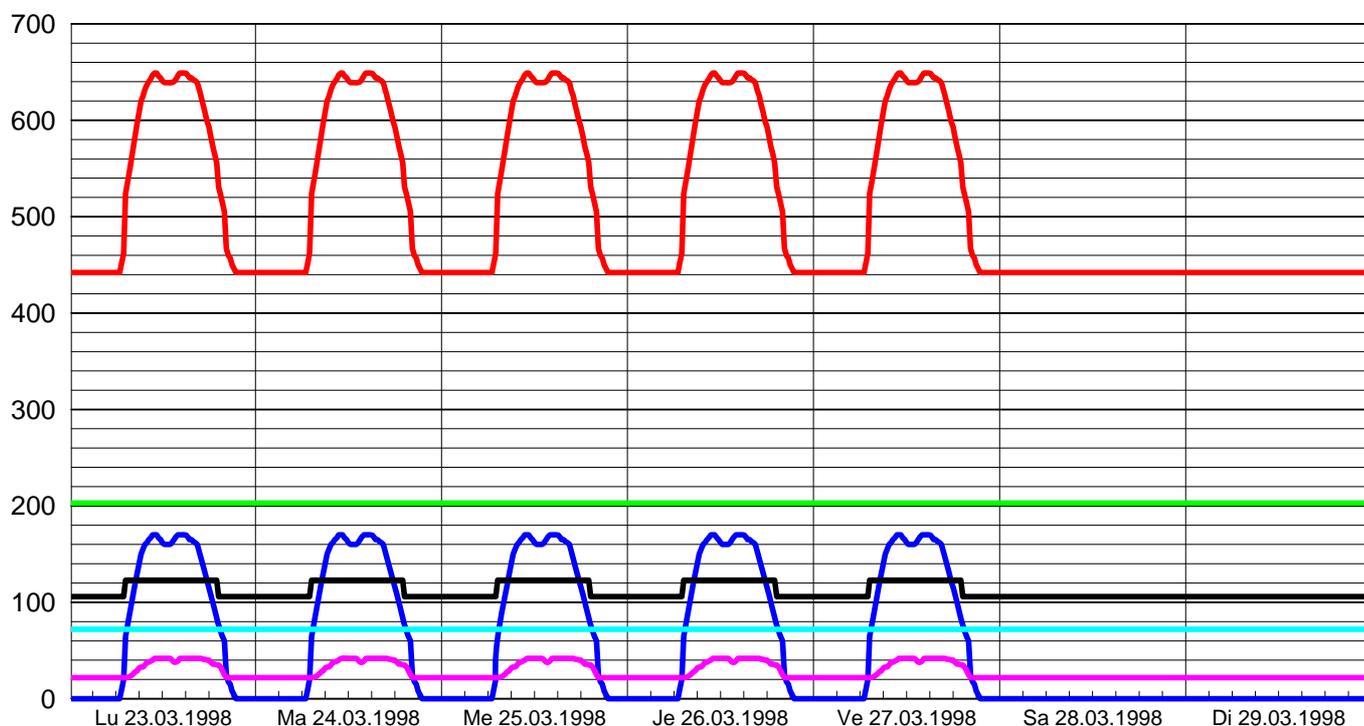
Référence: Epfl - Département de physique / Simulation des consommateurs
Différentes composantes

Module: Simulation • SIM_SEM 1.1 •

Fichier: e:\diagel~1\mes_vdg\simul1.vdg|e:\diagelec_pdf\mes_vdg\simul1.vdg

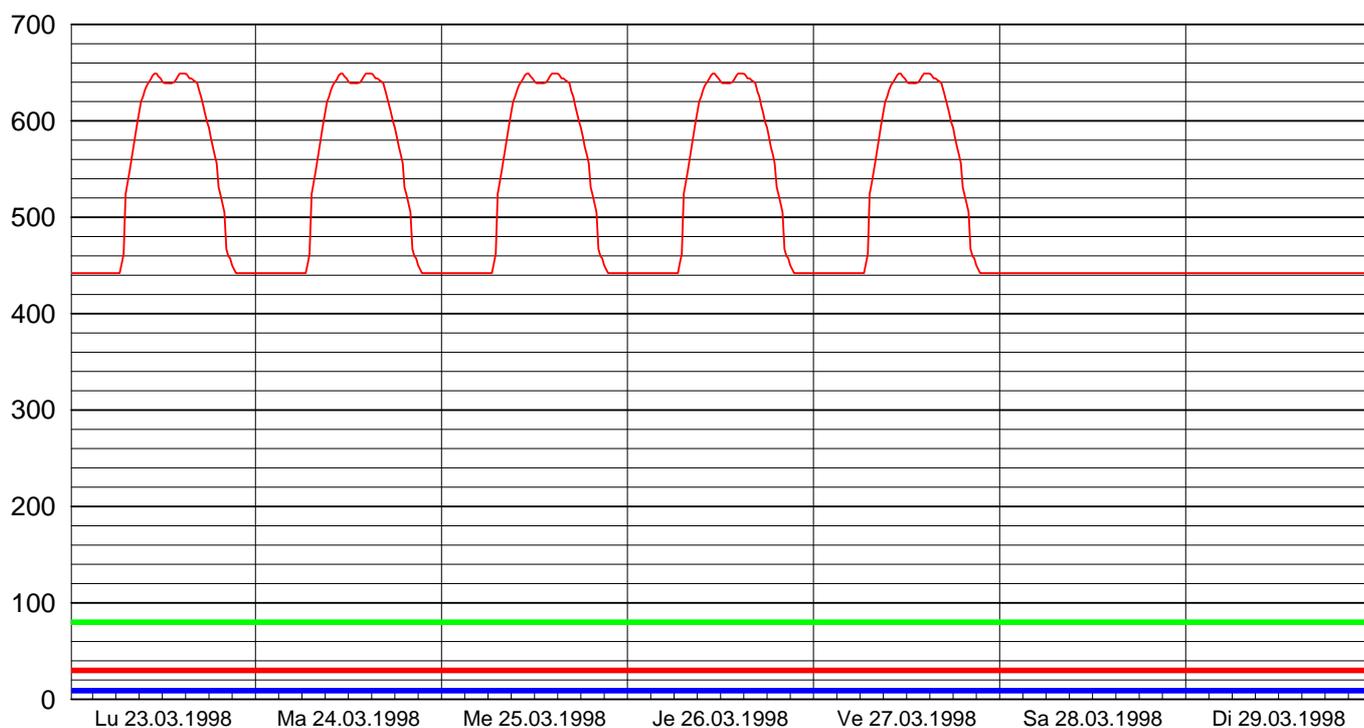
Mesures: du Lu 23.03.1998 à 00:00 au Lu 30.03.1998 à 00:00, Intervalle: 15 min.

kW moy./ 1/4 h **Simulation des composantes de la consommation du Département de Physique**



— Eclairage — Info. bureaux — Total — Process. labos — Ventil. centrale — Ventil. chapelles

kW moy./ 1/4 h



— Total Physique — Refroidissement process. — Climatiseurs auxiliaires — Pompes à vide

Visualdiagno, version 1.20.14**François Vuille**

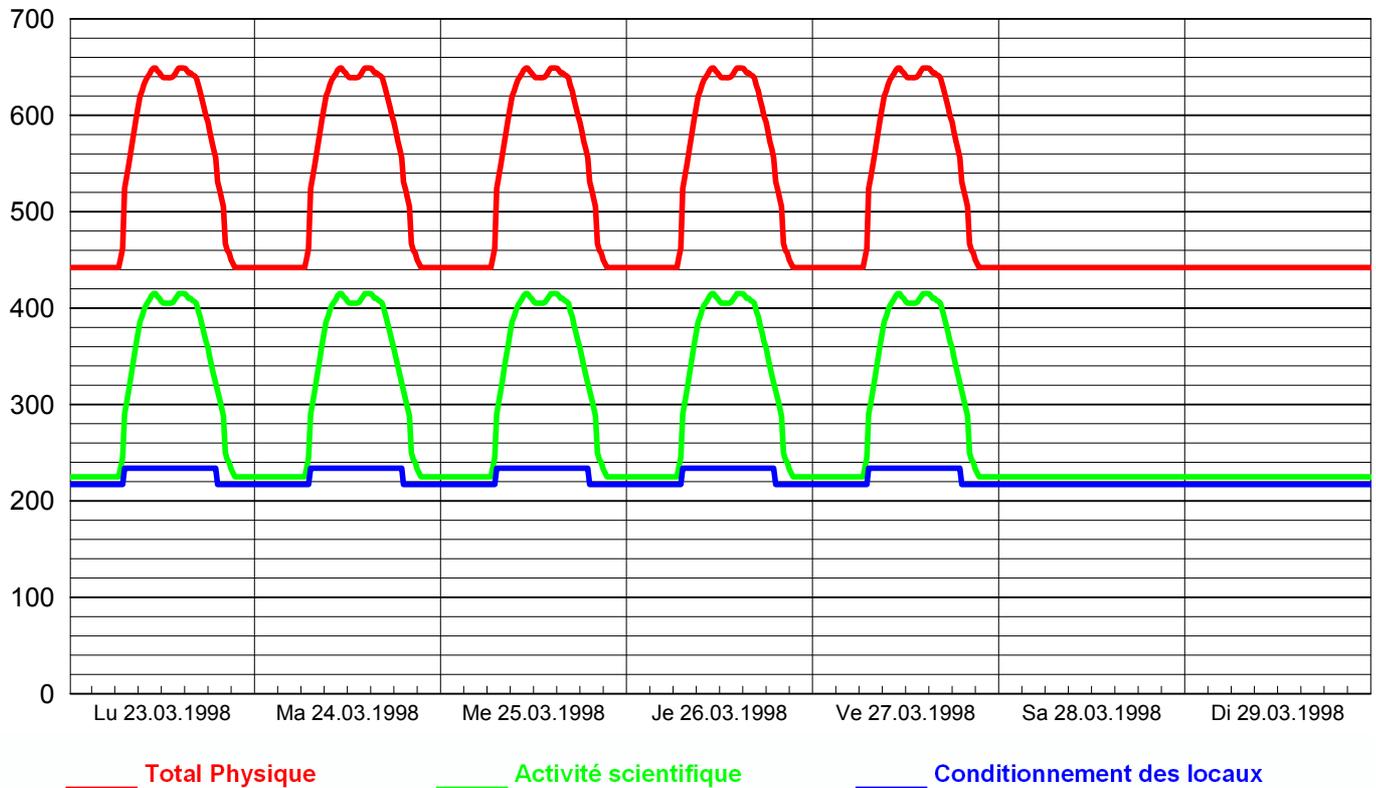
Référence: Epfl - Département de physique / Simulation des consommateurs
 Activité scientifique / CVSE

Module: Simulation • SIM_SEM 1.1 •

Fichier: e:\diagel~1\mes_vdg\simul1.vdg|e:\diagelec_pdf\mes_vdg\simul1.vdg

Mesures: du Lu 23.03.1998 à 00:00 au Lu 30.03.1998 à 00:00, **Intervalle:** 15 min.

kW moy./ 1/4 h

Département de Physique: activité scientifique et conditionnement des locaux

6.10 Présentation du bilan annuel détaillé

Le bilan annuel détaillé des consommations exprimé en kWh/an est obtenu par intégration des profils de consommation de la semaine-type, puis en multipliant ces consommations par 52 pour obtenir la consommation annuelle.

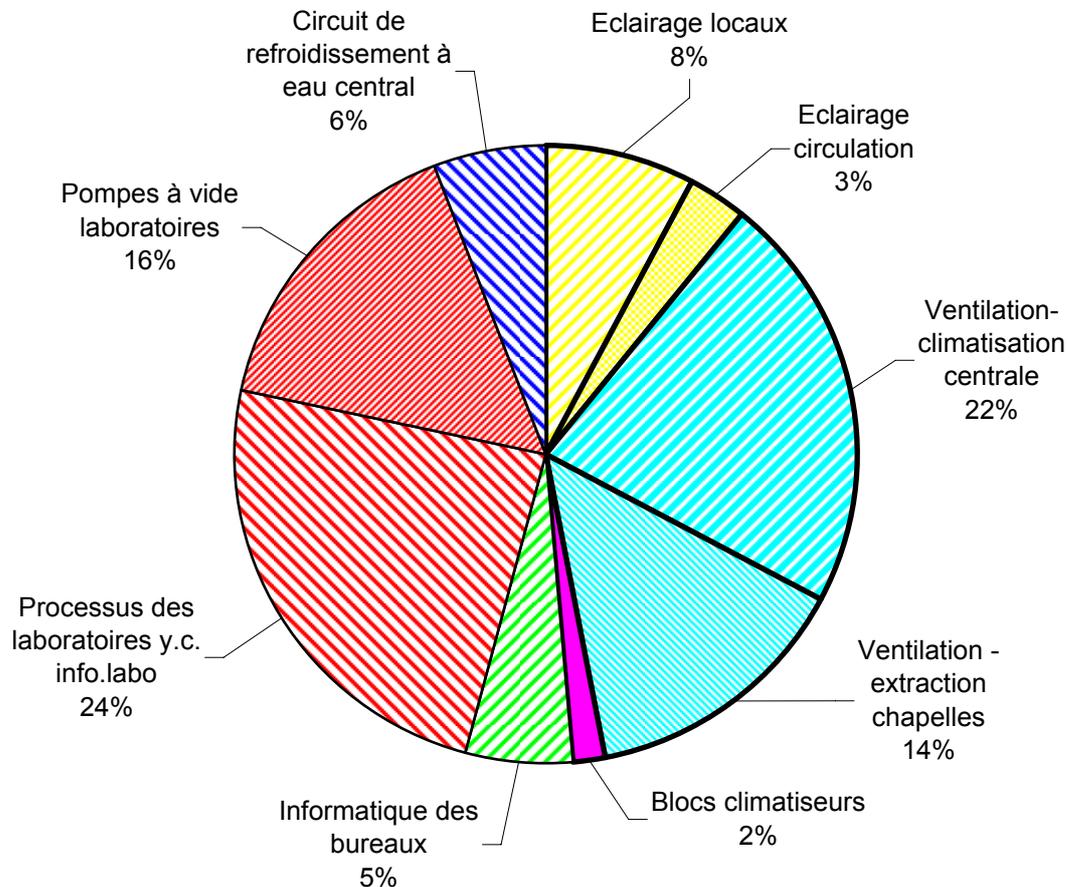
Cette technique d'extrapolation est possible dans ce cas, vu la grande constance des consommations hebdomadaire au fil des saisons (voir chapitre 6.2)

Le bilan détaillé peut être présenté sous trois formes :

- Bilan annuel en énergie (kWh/an) et en coût (Fr./an) pour les différentes prestations
- Puissance moyenne électrique consommée pour les différentes prestations
- Puissance moyenne électrique consommée par types de locaux
- Indice de consommation électrique par types de locaux

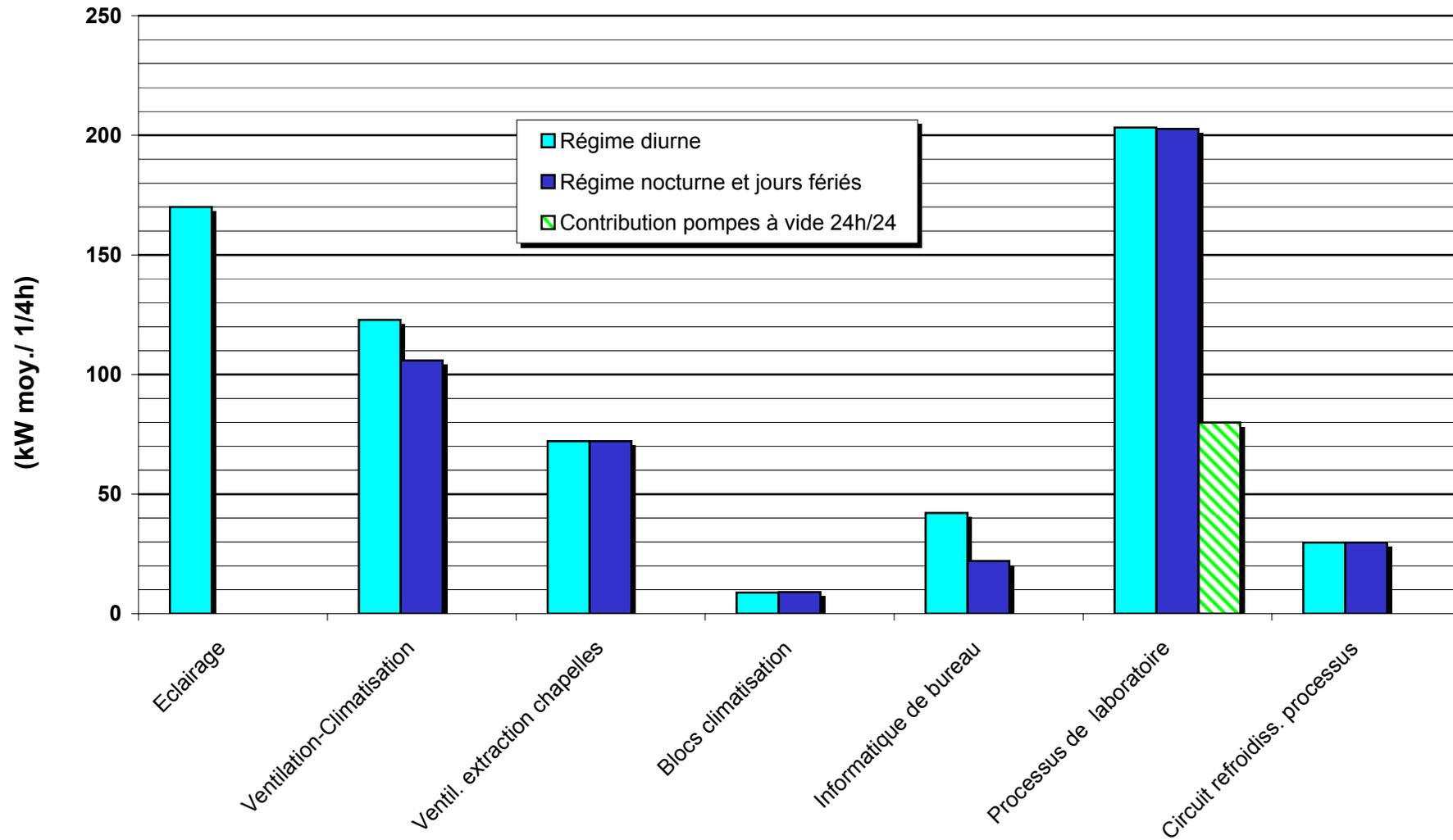
Ces représentations figurent dans les pages suivantes.

EPFL - Département de Physique Bâtiment + Halle
Bilan annuel de consommation d'électricité par types de prestations
 % du total de 4'500'000 kWh/an

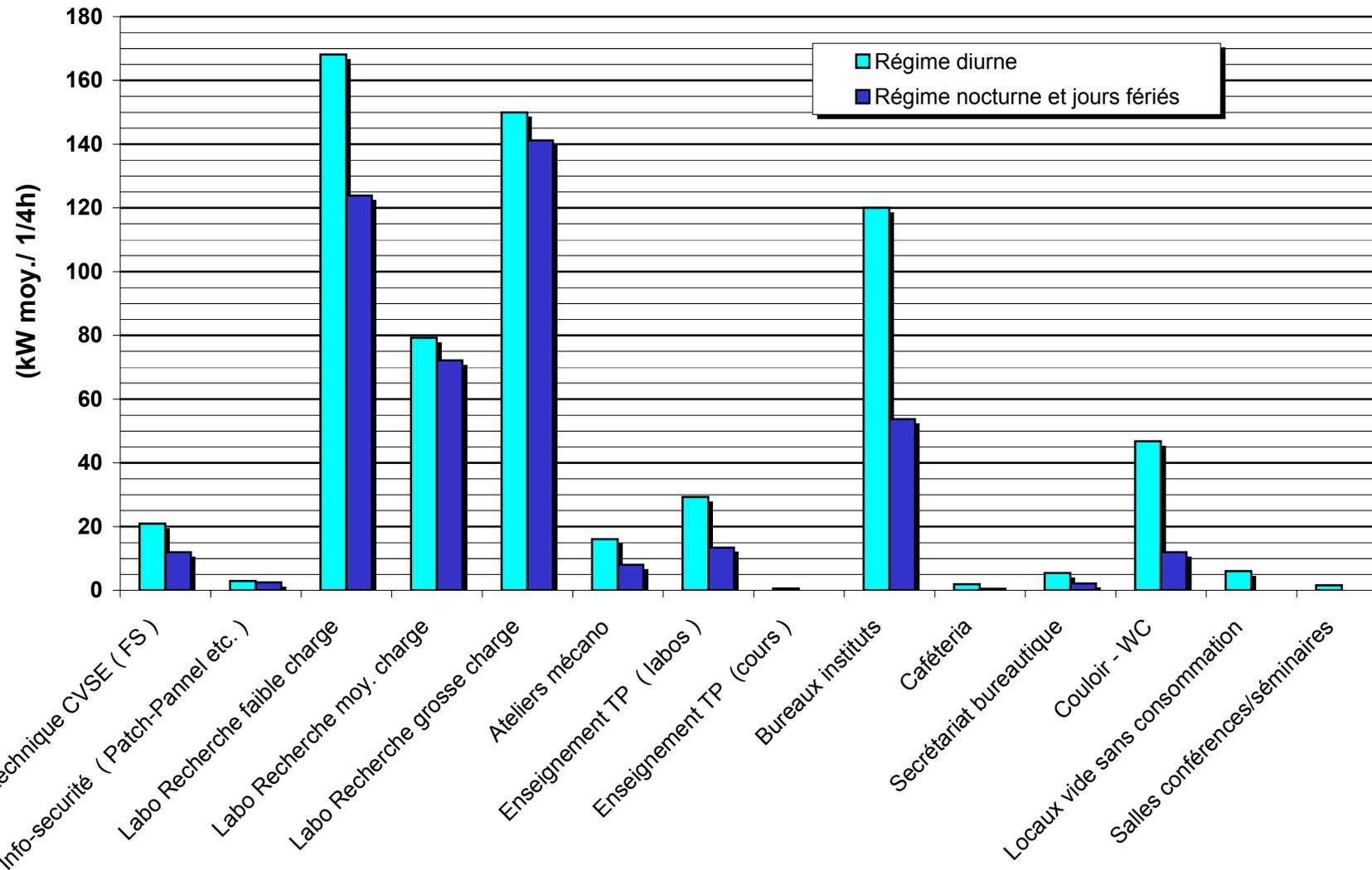


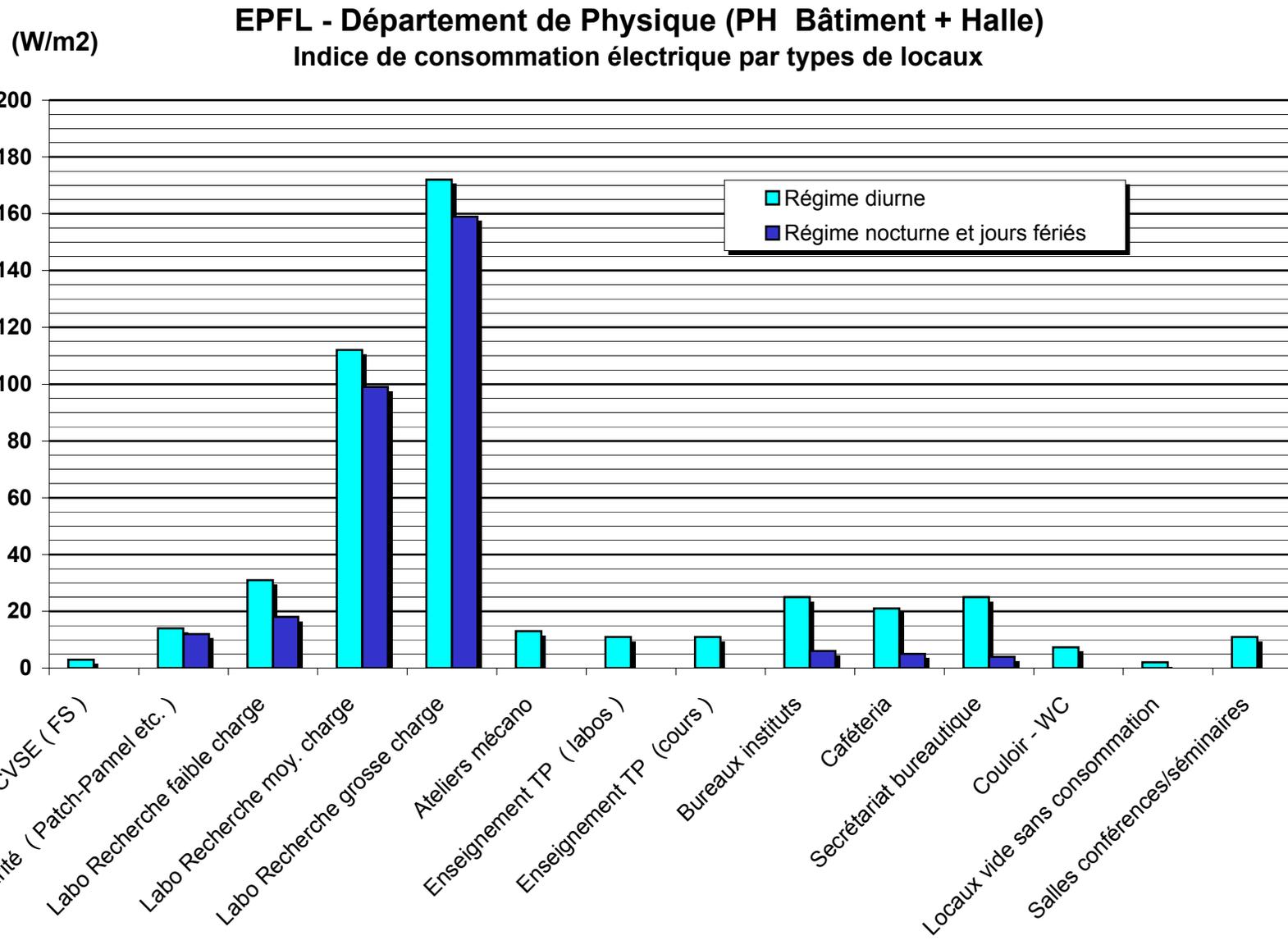
<u>Prestations</u>	<u>kWh/an</u>	<u>Fr./an</u>	<u>Fr./an</u>
Eclairage locaux	348'140	SFr. 59'427	SFr. 41'777
Eclairage zones de circulation	127400	SFr. 21'747	SFr. 15'288
Ventilation-climatisation centrale	979'056	SFr. 167'125	SFr. 117'487
Ventilation - extraction chapelles	628'992	SFr. 107'369	SFr. 75'479
Blocs climatiseurs	78'624	SFr. 13'421	SFr. 9'435
Informatique des bureaux	243'152	SFr. 41'506	SFr. 29'178
Processus des laboratoires y.c. info.labo	1'074'528	SFr. 183'422	SFr. 128'943
Pompes à vide laboratoires	698'880	SFr. 119'299	SFr. 83'866
Circuit de refroidissement à eau central	259'721	SFr. 44'334	SFr. 31'167
Total PH b+h	4'438'493	SFr. 757'651	SFr. 532'619
<i>Doit compteur</i>	4'603'500	Prix 98 (cts/kWh)	Prix 99 (cts/kWh)
<i>Différence</i>	165'007	17.07	12.0
<i>Différence %</i>	3.6%		

EPFL - Département de Physique (PH Bâtiment + Halle) Puissance moyenne électrique consommée pour les différentes prestations



EPFL - Département de Physique (PH Bâtiment + Halle) Puissance moyenne électrique consommée par types de locaux





Commentaires relatifs au bilan des consommations du Département de Physique

Part des consommations sous contrôle des utilisateurs - chercheurs Part sous contrôle des Services de l'EPFL

La consommation totale d'électricité du Département de Physique est consacrée essentiellement à des activités de recherche, et pratiquement pas influencée par l'enseignement aux étudiants.

On peut différencier deux familles d'utilisateurs qui ont une emprise plus ou moins forte sur le choix des équipements électriques et leurs modes d'utilisation :

- Le personnel des Instituts, les chercheurs
- Les Services de l'EPFL s'occupant de l'entretien et l'exploitation des infrastructures CVSE des transformations et de la planification des nouvelles constructions.

Si l'on regroupe les différents types d'équipements et de prestations dans deux catégories qui sont :

- Les équipements choisis et exploités sous contrôle des chercheurs principalement
- Les équipements d'infrastructures CVSE contrôlés par les Services de l'EPFL

On constate en analysant le bilan détaillé des consommations que **50% de l'énergie est consommée dépend du domaine des compétences des chercheurs** dans les instituts, et

50% est sous contrôle direct des Services de l'EPFL.

Ce constat nous conduit à envisager deux approches dans l'analyse des solutions pour mieux maîtriser la consommation d'énergie électrique.

Les bâtiments de Physique abritent des chercheurs dont la mission est avant tout d'enrichir leurs connaissances et de faire progresser la science. Cette mission nécessite de l'énergie électrique consommée par des appareils prototypes qui n'ont pas été conçus à la base pour faire des économies d'énergie.

Il y a donc une part de la consommation d'électricité sur laquelle on ne peut pas avoir d'emprise.

Par contre, il est possible d'agir sur certains consommateurs si l'on prend conscience du problème et que l'on modifie son comportement pour être plus efficace sur le plan énergétique.

Ceci est un problème de sensibilité aux questions énergétiques et d'éthique, et les moyens à mettre en œuvre s'appuient sur la communication, l'information, et la motivation.

Pour la part des consommations liées au fonctionnement des équipements CVSE, il faut approcher le problème à plusieurs niveaux :

1) Prise de connaissance des données

Au préalable, il s'agit de récolter toutes les informations permettant de situer les points délicats, de fixer les ordres de grandeur, de définir les contraintes, et fixer les priorités.

A ce stade, en principe, tous ces points sont des critères objectifs assez bien définis.

La présente étude répond à ces questions.

2) Analyse des performances techniques des équipements

Le but étant d'améliorer les performances des équipements, il s'agit de connaître leurs performances techniques, que ce soit le rendement de chaque composant ou la performance globale du système.

Une approche « système » est importante, et il faut définir les limites du système.

A ce stade également, les critères d'évaluation sont bien définis ; ce sont des critères techniques.

3) Organisation des Services, domaines de compétences.

La structure d'organisation des services est importante pour être efficace et éviter le travail inutile.

Dans ce domaine, il faut tenir compte de la nature humaine.

Cette approche est plus délicate car elle fait appel à des critères parfois subjectifs.

4) Motivation de l'individu

L'utilisation rationnelle de l'énergie implique toujours des questions et des problèmes supplémentaires plutôt que d'apporter une simplification du travail !

De plus, très souvent, le fait de trouver une solution judicieuse pour résoudre un problème, ou de mettre en évidence une anomalie, peut placer un individu dans l'embarras ; il se sent alors pris à défaut. Sa réaction bien compréhensible est parfois peu propice à la résolution du problème !

L'élément primordial pour atténuer les réactions négatives est la motivation et la considération.

Il faut rechercher et mettre en évidence les aspects positifs et enrichissants dans la résolution du problème.

Analyse des différents processus**Processus de laboratoire**

On remarque que l'ensemble des processus de laboratoire ainsi que le circuit de refroidissement des équipements scientifiques représente 46% de la consommation d'électricité.

On constate également que la consommation varie très peu, que les chercheurs soient présents ou non dans les locaux. Ceci est lié à la nature des expériences.

On peut décrire schématiquement le genre d'expériences effectuées dans les laboratoires du Département de Physique, ainsi que le mode d'exploitation, comme suit :

L'expérimentation consiste à étudier le comportement de la matière au niveau atomique et moléculaire, et à créer des structures particulières.

Les expériences se pratiquent dans des enceintes aux conditions de pression et de température contrôlées précisément, avec une grande stabilité. Le plus souvent, il s'agit d'opérer dans un vide très poussé.

Les techniques consistent à travailler sur la « matière » à l'aide de rayons laser ou/et par procédé de vaporisation. Parfois, les procédés font également appel à des champs magnétiques intenses, ou des rayonnements nucléaires.

Au niveau énergétique (consommation d'électricité), ces processus font appel aux techniques suivantes :

- Le vide est tiré à l'aide de pompes à palettes, pompes turbo, pompes à diffusion qui fonctionnent en palier pour atteindre le vide le plus poussé. Au total, on dénombre près de 200 pompes à vide, représentant une puissance totale de l'ordre de 85 kW, exploitées en continu.
Le total de la puissance des pompes pour une expérience varie de 0.5kW à 5 ou 6 kW en continu, l'énergie électrique étant transformée en chaleur dégagée dans le local.
- Au début de chaque expérimentation, il faut « étuver » l'enceinte, soit évacuer toutes les particules ou molécules indésirables. L'étuvage consiste à surchauffer l'enceinte à l'aide de résistances électriques, en

tirant le vide simultanément. Cette opération dure en général quelques jours, pour une expérimentation se déroulant de quelques jours à plusieurs mois.

L'étuvage représente une puissance de 1 à 5kW environ ; la chaleur dégagée dans le local doit être évacuée par la climatisation.

- Le travail de la « matière » à l'aide de rayons laser, de rayonnement nucléaire, de champs magnétiques ou par procédé de vaporisation, peut impliquer de fortes puissances, mais ces manipulations sont très souvent ponctuelles et durent de courts instants.
Finalement, la puissance moyenne et l'énergie consommée par ces opérations est faible, en comparaison avec l'énergie consommée par les pompes à vide et l'étuvage.
La chaleur dégagée par les agrégats des lasers et généralement évacuée par le circuit central de refroidissement du Département de Physique. Cette chaleur récupérée est valorisée par une PAC pour préchauffer l'eau chaude sanitaire de l'Ecole.
L'essentiel de la chaleur générée par les lasers n'est pas évacuée par la climatisation des locaux.
- Tous les phénomènes sont contrôlés et analysés par des appareils électroniques et de ordinateurs qui restent enclenchés en permanence dans la grande majorité des cas.
La puissance totale consommée varie de quelques centaines de Watts à 2kW environ, pour les grandes expériences. Ce sont les écrans d'ordinateurs qui représentent les plus fortes consommations.

On constate donc que la forte charge thermique dégagée dans les locaux par les processus scientifiques provient surtout des pompes à vide, des dispositifs de thermostatage des enceintes expérimentales ainsi que les appareils de mesures. La plus grande partie de ces charges thermiques doit être évacuée par la ventilation, ou une climatisation, si nécessaire.

Installations de ventilation – climatisation centralisées

L'installation de ventilation et de climatisation du Département de PH comporte trois systèmes :

- La ventilation centrale du type « à double flux », soit une distribution d'air froid et une distribution d'air chaud, avec des « boîtes de mélange » au niveau de chaque local ou groupes de locaux climatisés. Ce système permet de réguler l'ambiance des locaux individuellement.
Une partie de l'air extrait est recyclé.
Les centrales se situent en sous-sol, dans le bâtiment Est-Ouest, ainsi que dans la halle de Chimie.
- Les installations d'extraction d'air vicié des WC et des chapelles, situées en toiture.
- Quelques installations de climatisation décentralisées pour des zones particulières telles que les « Salles blanches » en zone C, 3^{ème} étage, ainsi que des modules climatiseurs situés dans des locaux à fortes charges thermiques.

La ventilation-climatisation est partielle dans le bâtiment de PH (Nord-Sud et Est-ouest), soit pour 50% de locaux environ. L'installation n'a pas subi de transformation importante depuis sa construction (20 ans). Pour la halle de PH, la ventilation-climatisation concerne presque tous les locaux. L'installation de la halle a été en partie transformée ces dernières années.

La consommation d'électricité des installations de ventilation-climatisation « à double flux » est élevée, car la puissance importante des ventilateurs doit compenser les fortes pertes de charge le long des canaux et dans les boîtes de mélange. Ceci est une particularité de ce type d'installation qui est souvent choisie pour la possibilité qu'elle offre de régler la température par local ou par zone individuellement.

Nous avons constaté lors des visites dans les locaux, en discutant avec les utilisateurs, que la climatisation ne donne pas toujours satisfaction. Les raisons principales sont :

- Le choix de l'implantation des gros équipements scientifiques dégagant de fortes charges thermiques ainsi que l'affectation des locaux n'ont pas toujours été définis en fonction de la disponibilité de

l'infrastructure de ventilation-climatisation dans les locaux concernés.

Depuis la construction du bâtiment, la nature des expériences et le matériel scientifique ont évolué, ne correspondant parfois plus aux conditions de base définies il y a 20 ans !

- Les systèmes de régulation (pneumatique) d'origine montrent de sérieux signes de fatigue et ne permettent parfois plus d'assurer un réglage correct de l'ambiance dans certains locaux. De ce fait, la maîtrise du réglage de l'ensemble de l'installation devient difficile.
- Le surdimensionnement systématique des équipements de ventilation appliqué ces 20 dernières années fait que l'installation, dans son mode d'exploitation effectif actuel, ne travaille pas de façon optimum ; il est plus difficile de parvenir à un réglage correct.

L'ensemble des équipements de ventilation-climatisation représente environ 40% de la consommation totale du Département de Physique, soit un montant annuel de 288'000 Fr./an en 1998, et 202'000 Fr./an avec le nouveau tarif.

Cette énergie sert essentiellement à transporter l'air et lutter contre les pertes de charges locales. L'énergie pour le refroidissement provient du réseau d'eau glacée de la SPP.

Cette part est très importante, comparée à des valeurs moyennes observées dans des immeubles totalement ventilés et climatisés avec l'énergie électrique.

En observant la courbe de charge de la puissance moyenne quart-horaire du réseau « Force-Service » alimentant essentiellement les équipements de ventilation (Voir chap. 6.3), on remarque que le profil est très constant de jour comme de nuit et le week-end.

L'installation centrale de ventilation est pourtant exploitée à vitesse variable en fonction des besoins et des heures de la journée.

Certains ventilateurs d'extraction des chapelles son pourvus de moteurs à 2 vitesses pour un mode d'exploitation à régime réduit en périodes creuses.

Nous avons effectué une mesure de l'intensité du circuit d'alimentation des moteurs de ventilateurs.

Le profil du courant montre des variations en rapport avec les variations de vitesse, alors que la puissance active enregistré sur le compteur ne présente pas de variations importantes.

(voir graphique en annexe 3).

Ce phénomène semble signifier que les variations de vitesse des ventilateurs de l'installation centrale du Département de Physique n'ont que très peu d'influence sur l'enregistrement de l'énergie active sur le réseau Force-Service.

Il est possible que le rendement global de l'installation de ventilation chute fortement à faible charge (petite vitesse), ce qui expliquerait pourquoi la puissance active reste constante malgré les variations du régime des ventilateurs.

Une analyse plus détaillée du phénomène est en cours ; elle porte sur l'évolution du facteur de puissance ($\cos \varphi$) à charge partielle.

Pour juger de l'adéquation entre la prestation « ventilation-climatisation des locaux » et la consommation d'électricité enregistrée sur le compteur électrique, il serait nécessaire de poursuivre l'analyse en tenant compte notamment de :

- Inventaire des besoins actuels de ventilation et rafraîchissement des locaux, définition des zones concernées.
- Prise en compte des zones, locaux ou installations pour lesquels la ventilation assure une fonction de sécurité (évacuation d'émanations toxiques) et doit être maintenue en permanence en service. Identification des installations pouvant être exploitées en petite / grande vitesse.

- Programme journalier et hebdomadaire de ventilation.
- Modes d'exploitation particuliers découlant des particularités de l'installation actuelle (obligation de respecter certaines consignes pour le bon fonctionnement de l'ensemble du système)
- Possibilités de réglage et commandes applicables avec le système de commande actuel..
- Mesures ponctuelles sur des éléments ou parties de l'installation pour connaître certaines caractéristiques techniques (puissance électrique, débits d'air, rendement des appareils) .

La prise en compte de tous ces éléments implique une collaboration étroite entre les services concernés (SE et le SEE) et les utilisateurs (les instituts du Département de Physique).

Cette analyse détaillée devrait aboutir sur un catalogue des mesures à envisager à court, moyen et long terme, pour réduire la consommation d'électricité.

Le potentiel d'économie peut être très important selon les mesures envisagées : de 15'000,-- (simples réglages, sans investissement) à environ 100'000,-- Fr./an. (investissements à évaluer selon la nature des mesures d'améliorations à entreprendre).

Un essai de modification du mode d'exploitation de la ventilation centrale a été effectué en accord avec le SE de mi-septembre à mi-octobre 98.

A la fin de l'été, alors que la ventilation centrale (installation 7) fonctionnait continuellement jour, nuit et week-end, l'installation a été commutée sur automatique, avec réduction de débit la nuit et le week-end. Au début d'octobre, des utilisateurs se sont plaints du manque de climatisation dans quelques locaux. L'installation a alors été commutée en marche continue.

La différence de consommation entre la marche en continu et l'exploitation automatique est de **10% de l'énergie électrique enregistrée sur le compteur « Force-Service », soit une économie de Fr.2'500,-- pour 36 jours d'essai en 1998, ou 13'400,--Fr./an*** si l'on extrapole le résultat obtenu sur une année complète, selon nouveau tarif 1999.(* calculé avec le nouveau tarif 1999, durant 9 mois sur 12) ; il a été tenu compte d'une exploitation en continu 3 mois en été).

Un graphique illustrant le résultat de la mesure figure en *annexe 4*.

Quelle que soit la suite donnée à ces constatations en matière d'exploitation, les informations récoltées seront très utiles pour la planification des travaux de réfection et transformations de l'installation actuelle âgée de 20 ans.

Unités de climatisation décentralisées dans les laboratoires

A défaut ou en complément de la climatisation centrale, certains locaux avec de fortes charges thermiques ont été pourvus de blocs climatiseurs. Le Département de physique comporte un douzaine de ces modules.

Ces appareils rafraîchissent l'ambiance du local. Un thermostat réglable assure une température constante choisie par l'utilisateur.

La chaleur extraite du local est évacuée dans le réseau d'eau de refroidissement du bâtiment.

Du point de vue de l'utilisateur, ces dispositifs donnent satisfaction.

Sur le plan énergétique, cette solution est bien adaptée aux besoins. La consommation de ces appareils est modérée (2% du bilan total).

Eclairage des locaux

L'éclairage de tout le Département de Physique est assuré par des luminaires à tubes fluorescents TL de 65W-RS, avec ballast compensé.

L'éclairage des zones de circulation est commandé par l'automate du PCC. L'horaire est : 7h00 -> 21h00. La puissance totale des éclairages télécommandés est de 35 à 40kW.

L'éclairage des bureaux et laboratoires est sous contrôle direct des utilisateurs qui peuvent actionner l'interrupteur à l'entrée de chaque local.

Des ordres d'extinction automatiques sont donnés dans la journée par l'automate du PCC, pour les bandeaux de façades, les bandeaux arrière et les locaux sanitaires.

L'éclairage des bureaux et laboratoires représente 8% de la consommation totale annuelle du Département de PH ; l'éclairage des zones de circulation représente 3%.

Nous avons constaté que l'éclairage des bureaux reste fréquemment allumé lorsque les utilisateurs quittent leur place de travail ou lorsque le flux de lumière naturelle est suffisant (la journée, par temps clair).

Il est difficile de définir précisément la part d'électricité consommée inutilement par les luminaires. Au niveau du bilan annuel, cette proportion doit être de l'ordre de 10 à 30% de l'éclairage total.

L'amélioration de la situation passe par une prise de conscience et une motivation des utilisateurs. Le message n'est pas toujours facile à passer sans se trouver confronté à des réactions d'exaspération individuelles ou collectives de la part des utilisateurs.

Une campagne d'information est envisageable. Toutefois, elle ne devrait pas se limiter à l'éclairage seulement.

Pour que la démarche porte ses fruits, il faut que le message de motivation s'appuie sur un concept plus général du comportement des utilisateurs consommateur d'énergie, en évitant les traditionnels schémas moralisateurs.

La commande d'extinction automatique de certaines zones, lorsque l'éclairage naturel est suffisant, intervient à heures fixes.

Il se peut que, pour des raisons pratiques, ces commandes ont été localement désactivées.

Un contrôle et une mise à jour systématique des commandes de zones, en coordination avec l'utilisateur, permettrait certainement d'éviter des consommations inutiles.

La réduction importante de la consommation de l'éclairage nécessiterait le remplacement des luminaires 65W existants par des luminaires à basse consommation.

Sur le plan financier, cette opération ne peut pas être rentabilisée uniquement par le gain énergétique. Par contre, c'est à l'occasion de transformations ou réaménagement des locaux qu'il est intéressant de procéder à l'assainissement de l'éclairage. (Exemple récent : réaménagement de la zone Physique-Halle, local L0-501).

Informatique des bureaux

Définition

La catégorie « informatique de bureau » définie pour cette étude concerne tous les équipements informatiques des bureaux des instituts, centre de calcul, salles d'ordinateurs.

Les équipements répertoriés dans cette catégorie sont :

- les ordinateurs type PC et MAC avec les écrans
- les imprimantes laser, jet d'encre et matricielles
- les périphériques de tous types
- les stations de travail et leurs périphériques
- Les terminaux raccordés sur les stations de travail

L'informatique des laboratoires, type PC, et les processeurs de contrôle avec leurs écrans, ont été répertoriés dans les catégories « Processus de laboratoires » du fait qu'ils sont directement rattachés à la prestation « laboratoire de recherche ».

Dans ces locaux, il est très difficile de définir si l'ordinateur est utilisé comme simple appareil de mesure - acquisateur ou comme processeur au même titre que les ordinateurs des bureaux des instituts (classés « informatique de bureau »).

Constatations et commentaires

L'informatique des bureaux représente 5% de la consommation totale du Département de Physique.

Deux catégories d'équipements sont utilisés, dont le mode d'utilisation diffère :

- L'informatique PC ou MAC fonctionnant individuellement, raccordée au réseau EPFL, avec ou sans serveur local. Il s'agit de l'environnement Microsoft Windows ou MAC.
- L'informatique des stations de travail avec réseaux de terminaux. (les postes de travail sont de simples terminaux raccordés sur un ordinateur central).

A l'occasion de plusieurs visites dans les bureaux, nous avons constaté que le taux moyen d'utilisation des PC et des terminaux est relativement faible.

Les terminaux restent le plus souvent continuellement allumés, alors que les PC sont plus volontiers éteints après la session de travail.

Nous avons effectué des mesures de consommation des différents types d'équipements informatiques.

Le tableau ci après indique les valeurs moyennes de puissances mesurées.

Consommation électrique des appareils informatiques de bureau (valeurs mesurées à l'aide d'un Wattmètre sur des appareils)		
<u>Appareil</u>	<u>Puissance en marche</u> (Watts)	<u>Puissance en mode repos</u> « Energy » écran éteint (Watts)
PC + écran 17" récent	110 à 130	40
PC + écran 17" ancien	150	(pas de mode repos)
Power MAC	125	env. 0
Terminal + écran 17"	90	(pas de mode repos)
Ecran 17 "	70 à 80	
Ecran 21"	100 à 120	
PC sans écran	40 à 50	
Station de travail	env. 300	
Imprimante à jet d'encre	5 à 20	5 à 10
Imprimante laser (puissance moyenne)	100 à 200 (dépend du taux d'utilisation)	50 à 100 (variable selon modèle)
<u>Divers périphériques</u> (marche en continu)		
Unités complémentaires stockage (st. trav.)	50 à 100	
Divers modules transmission réseau (Ethernet, unités de backup, etc)	5 à 20	

On remarque que l'écran d'un ordinateur consomme plus que l'unité centrale (de 60 à 70% du PC). Par rapport à la totalité de la consommation d'électricité affectée à l'informatique des bureaux, le fait de quitter son poste de travail sans arrêter l'appareil, en laissant l'écran allumé, représente pour l'ensemble du parc informatique du Département de Physique une part de la consommation que l'on peut estimer de 30 à 50%.

La fonction ECO « ENERGY » existe sur tous les PC et MAC récents



Cette fonction, configurable dans les paramètres du système, permet de mettre en veille automatiquement le PC après un délais défini par l'utilisateur. Elle agit à plusieurs niveaux, depuis l'apparition d'un écran de veille après quelques minutes jusqu'à l'interruption complète de l'alimentation de l'écran et du disque dur.

L'avantage de la fonction « ENERGY » est qu'il n'est pas nécessaire de boucler une session de travail pour que la consommation du PC tombe à quelques watts seulement !

Nous avons constaté que cette fonction n'est bien souvent pas utilisée ou est paramétrée de façon incorrecte.

Le potentiel d'économie d'électricité réalisable par un meilleur paramétrage et une application systématique de cette fonction sur tous les PC peut être estimé à 10 à 20 % de la consommation de l'informatique de bureaux, avec le parc informatique actuel.

L'économie sera de plus en plus importante avec le remplacement progressif des PC par les nouveaux modèles comportant tous la fonction « Energy ».

La même démarche peut être appliquée à l'informatique des laboratoires, sur les PC utilisés pour le contrôle des expériences.

Comme l'informatique est un domaine où l'évolution technologique est rapide (la consommation électrique des appareils baisse et les fonctions « ECO » sont de plus en plus performantes), nous pouvons compter sur des améliorations significatives dans ce domaine à court terme.

Il s'agit toutefois de comprendre précisément la problématique de la mise en veille des systèmes informatiques en intégrant le comportement de l'utilisateur.

Bien souvent, le recours à la fonction « Energy » est critiquée pour les quelques désagréments qu'elle engendre au moment de la mise en veille ou du redémarrage.

Ces désagréments peuvent être évités si l'on fixe correctement les paramètres en parfaite connaissance de cause.

Dans ce sens, nous effectuons des mesures détaillées de consommation à l'aide d'un système d'acquisition en phase d'exploitation normale de l'ordinateur.

Ces mesures prennent en compte les périodes d'activité continue à l'ordinateur, de travail occasionnel et de veille continue. Le test est effectué avec et sans activation de la fonction « Energy ».

Cette expérience permettra de se faire une meilleure idée du gain d'énergie réalisable avec des paramètres de réglage « Energy » optimisés de telle manière à éviter au maximum les désagréments.

Il existe certainement un compromis entre l'économie poussée à l'extrême et le renoncement à toute intervention propre à éviter les gaspillages.

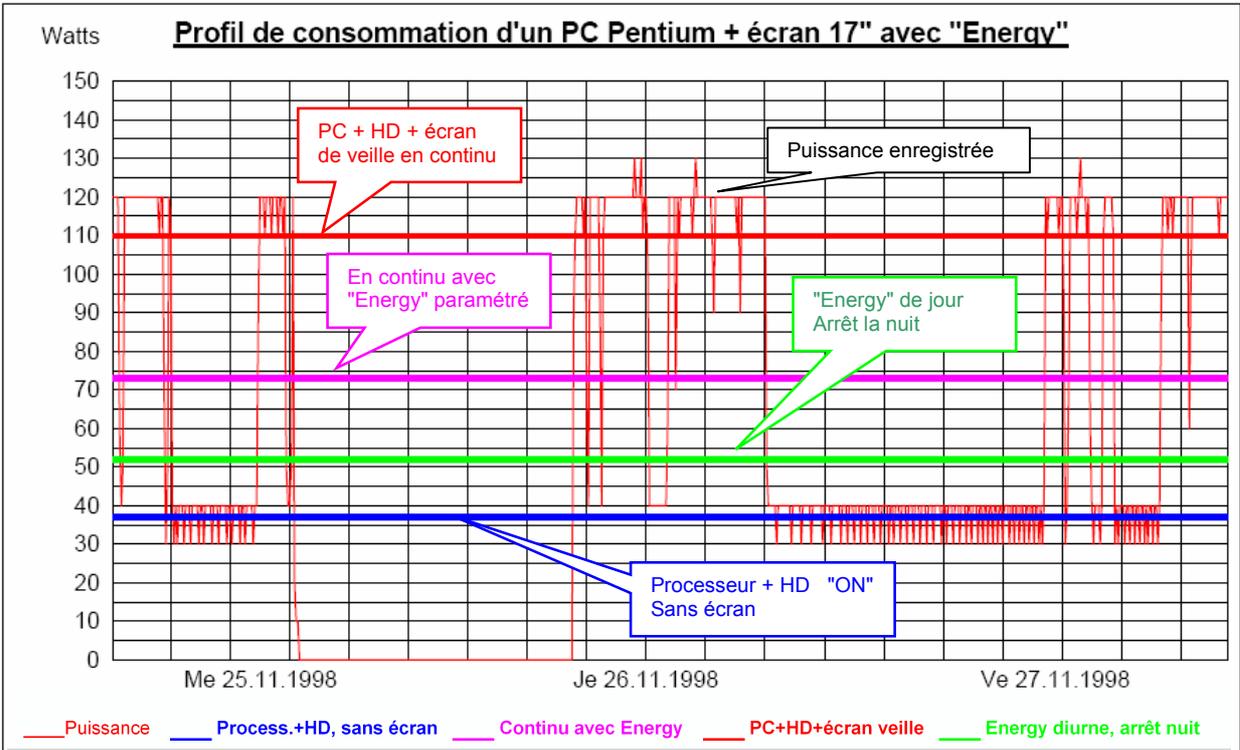
A titre indicatif, le résultat d'un test effectué sur un PC « Pentium », avec écran 17" en phase d'utilisation normale, est représenté sous forme graphique à la page suivante.

Une note explicative pourrait être éditée, destinée à tous les utilisateurs de PC et MAC du site de l'EPFL. L'enjeu collectif énergétique et financier y serait présenté dans un esprit d'ouverture et non comme une directive contraignante.

Les Services concernés devraient être associés à la démarche, notamment le SIC et la Commission des responsables informatiques des départements, les Services académiques avec les Directions des Départements.

Il est souhaitable que tous les partenaires responsable de l'un ou l'autre des secteurs cautionnent cette démarche pour que l'opération porte ses fruits.

Visualdiagno, version 1.20.14 **François Vuille**
Référence: "EPFL - SEE / Mesure de consommation d'un PC récent avec "Energy"
 Profil de consommation PC **Module:** Data compteur • Vxxxx • 4
Fichier: g:\dii-e\mesures\mesure~1\generi~1\diagelec\rappor~1\ph_b_h\pcf3.vdg;g:\dii-e\mesures\mesures_cvse\generiqu
Mesures: du Me 25.11.1998 à 09:00 au Ve 27.11.1998 à 17:20, **Intervalle:** 5 min.



Circuit de refroidissement des processus, pompes de circulation

La consommation d'électricité pour les pompes du circuit de refroidissement des processus du Département de PH représente 6% de la consommation totale du Département de Physique.

Le circuit actuel est géré par un système de régulation qui règle les débits et les conditions thermiques définies par les utilisateurs (conditions dépendant des caractéristiques du matériel scientifique à refroidir).

Dans cette phase d'analyse globale du projet « DIAGELEC », nous avons décidé de ne pas analyser en détail ce circuit de refroidissement.

Le Service d'exploitation gère et entretient cette installation en coordination avec les utilisateurs.

Les éléments sur lesquels il est possible d'intervenir pour réduire la consommation sont les pompes de circulation et la logique de réglage.

Un groupe de travail au Service d'exploitation (SE) s'occupe déjà de l'optimisation des pompes et moteurs dans l'optique de réduire la consommation d'électricité. Les pompes et moteurs sont remplacés par du matériel adéquat lors des opérations de réparation et d'entretien préventif.

Nous n'avons pas de remarque particulière à faire sur ce circuit de refroidissement.

Les mêmes constatations s'applique également à l'ensemble des pompes et circulateurs de chauffage et d'eau sanitaire. Ces éléments qui ont des rendements très faibles (5 à 50%) sont très souvent surdimensionnés.

Le SE entretien et remplace ces équipements en connaissance de cause.

7. Bilan détaillé du Département de Chimie

7.0 Préambule

La démarche d'analyse du Département de Chimie est semblable à celle du Département de Physique. Sur plusieurs aspects, les constatations sont les mêmes, qui conduisent aux mêmes conclusions.

7.1 Description générale

Le Département de Physique est composé de deux corps de bâtiments :

- **Chimie « Bâtiment »** : avec un sous-sol partiel, deux étages complets + un étage d'attiques.
Surface totale des locaux : 12376 m2.
- **Chimie « Halle »** : avec deux étages complets, avec liaison avec CH - Bâtiment au 2^{ème} et 3^{ème} étage, et les étages 4 et 5 dans la zone des puits de chimie.
Surface totale des locaux : 15350 m2

La **surface des locaux (27726 m2)** se répartit de la façon suivante :

- Locaux techniques CVSE et locaux vides sans consommation :	40 %
- Laboratoires de recherche :	21 %
- Locaux de travaux pratiques pour étudiants :	4 %
- Bureaux des instituts, secrétariat, salles de conférences:	13 %
- Ateliers de mécanique :	3 %
- Couloirs, WC, escaliers :	19 %

On remarque que la **surface des locaux affectée aux activités de recherche** (labos + bureaux) est de l'ordre de **41 % de la surface totale**.

Cette répartition est semblable à celle du Département de Physique.

Le Département de Chimie comporte les **instituts** suivants :

- Institut de Chimie Physique (ICP)
- Institut de Génie Chimique (IGC)
- Institut de Radiophysique Appliquée (IRA)
- Différents laboratoires rattachés au Département de CH et à ses Instituts

Les consommateurs d'électricité ont été regroupés dans des **catégories de prestations** :

- Eclairage
- Infrastructures CVSE (notamment ventilation - climatisation)
- Informatique des bureaux : stations de travail et PC + périphériques
- Processus des laboratoires

Les processus de laboratoires concerne tous les équipements scientifiques raccordés aux prises électriques des réseaux Force et Lumière-Mesure. Il s'agit essentiellement des types d'appareils suivants :

- Fours, étuves et bains thermostatés
- Petits appareils mécaniques et thermiques de laboratoire
- Pompes pour processus
- Chambres frigorifique et climatiques
- Lasers de différentes puissance.

- Pompes à vide à palettes, turbo, à diffusion, à membranes
- Appareils de radiophysique
- Appareils de mesures électroniques (Racks) et ordinateurs de contrôle

La typologie de ces équipements peut différer d'un laboratoire à l'autre

7.2 Suivi hebdomadaire de la consommation des réseaux d'alimentation « Force », « Force-Service » et « Lumière-Mesure », CH-bâtiment et CH-halles

Chimie Bâtiment :

La consommation est très régulière tout au long de l'année (voir graphique à la page suivante)

L'écart entre les valeurs minimum et maximum est de l'ordre de 10 à 15% par rapport à la moyenne pour chaque réseau d'alimentation.

On remarque sur le profil « Lumière-Mesure » la variation au cours des mois d'été et d'hiver qui s'explique en grande partie par l'augmentation de l'éclairage en hiver.

Chimie Halles :

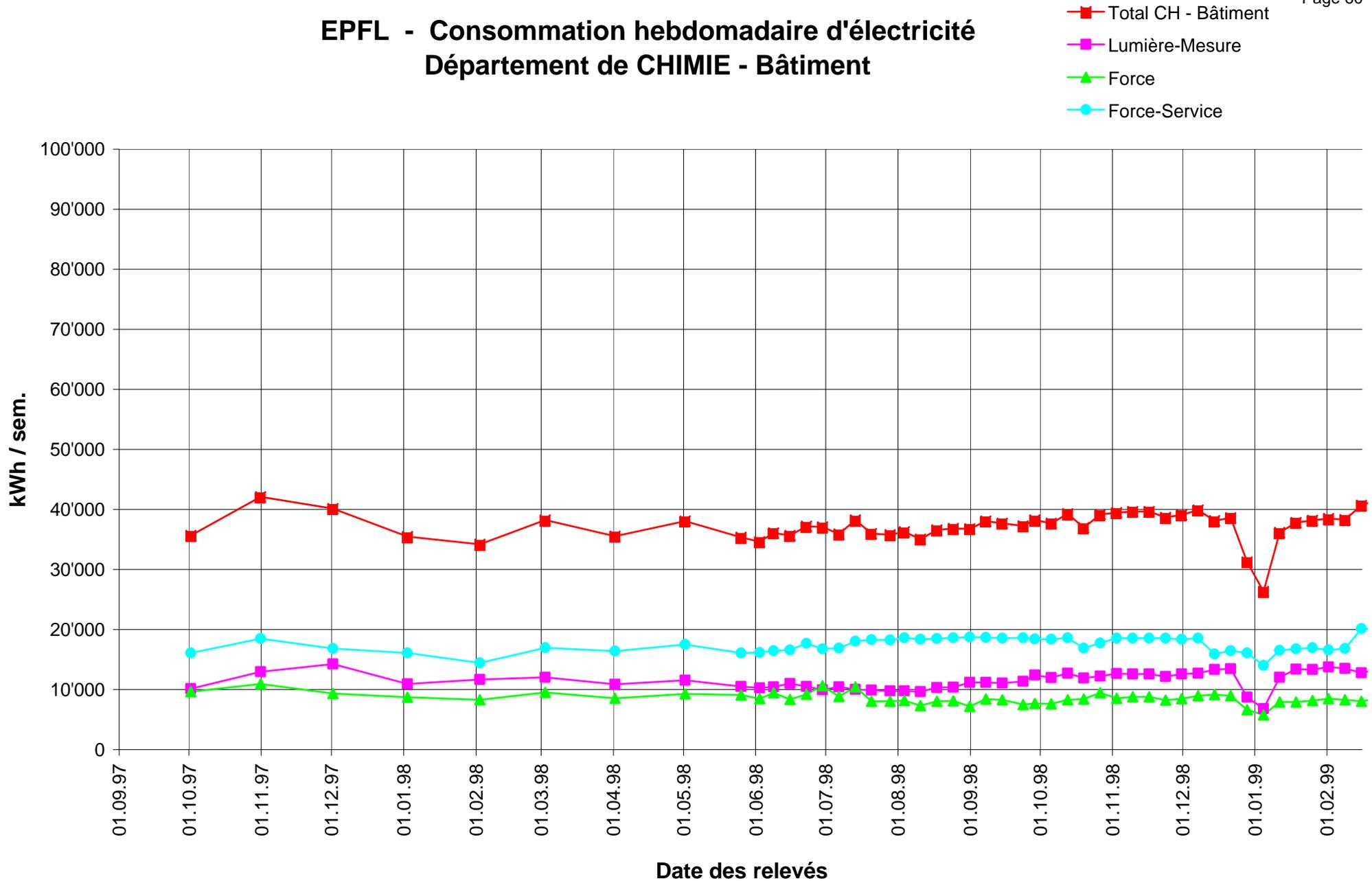
On remarque en avril 98 un brusque changement du profil de consommation (comptage Force-Service). Il s'agit de la mise hors service de l'installation de neutralisation.

L'alimentation « Lumière-Mesure » augmente légèrement en hiver (augmentation de l'éclairage)

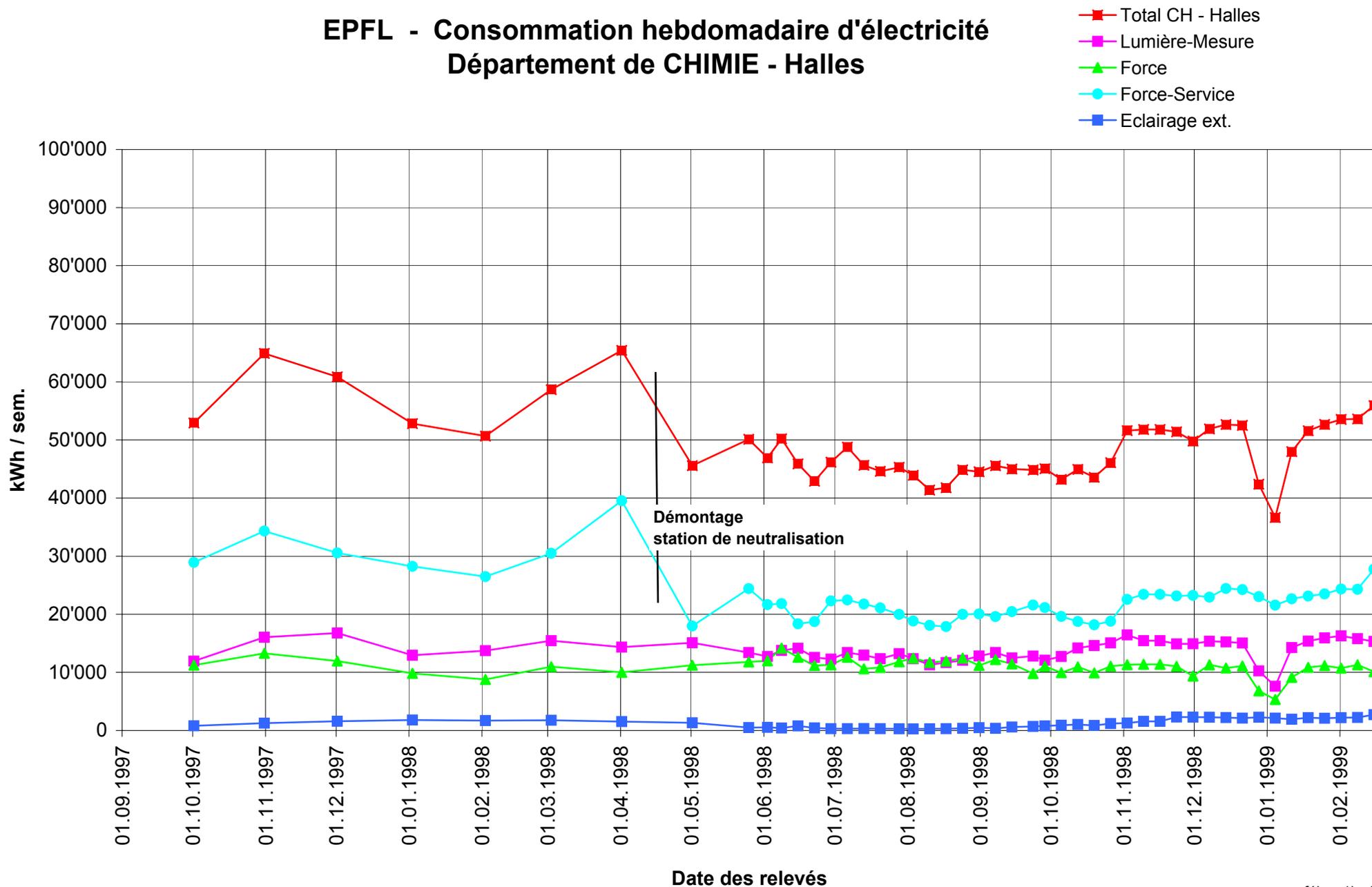
L'alimentation « Force » a un profil assez régulier.

L'éclairage extérieur, qui est alimenté par la centrale BT de Chimie Halles, a un profil qui varie en fonction des heures d'enclenchement au cours des saisons.

EPFL - Consommation hebdomadaire d'électricité Département de CHIMIE - Bâtiment



EPFL - Consommation hebdomadaire d'électricité Département de CHIMIE - Halles



7.3 Courbes de charge des réseaux d'alimentation « Force », « Force-Service » et « Lumière-Mesure », Chimie Bâtiment et Chimie Halles

Le profil de consommation des réseaux de distribution Force, Force-Service et Lumière-Mesure a été enregistré en continu durant un mois, du 11. 6. 98 au 5 octobre 1998. Il représente la puissance moyenne quart horaire.

Les profils sont représentés sur le graphique de la page suivante (totalité de la période mesurée et 1 semaine typique)

Visualdiagno, version 1.20.14

François Vuille

Référence: EPFL - SEE / Département de Chimie- CH-bât.+ halles, BT / Puissance électrique quart-horaire

EPFL-CH_Bâtiment + Halles / FS, F, LM

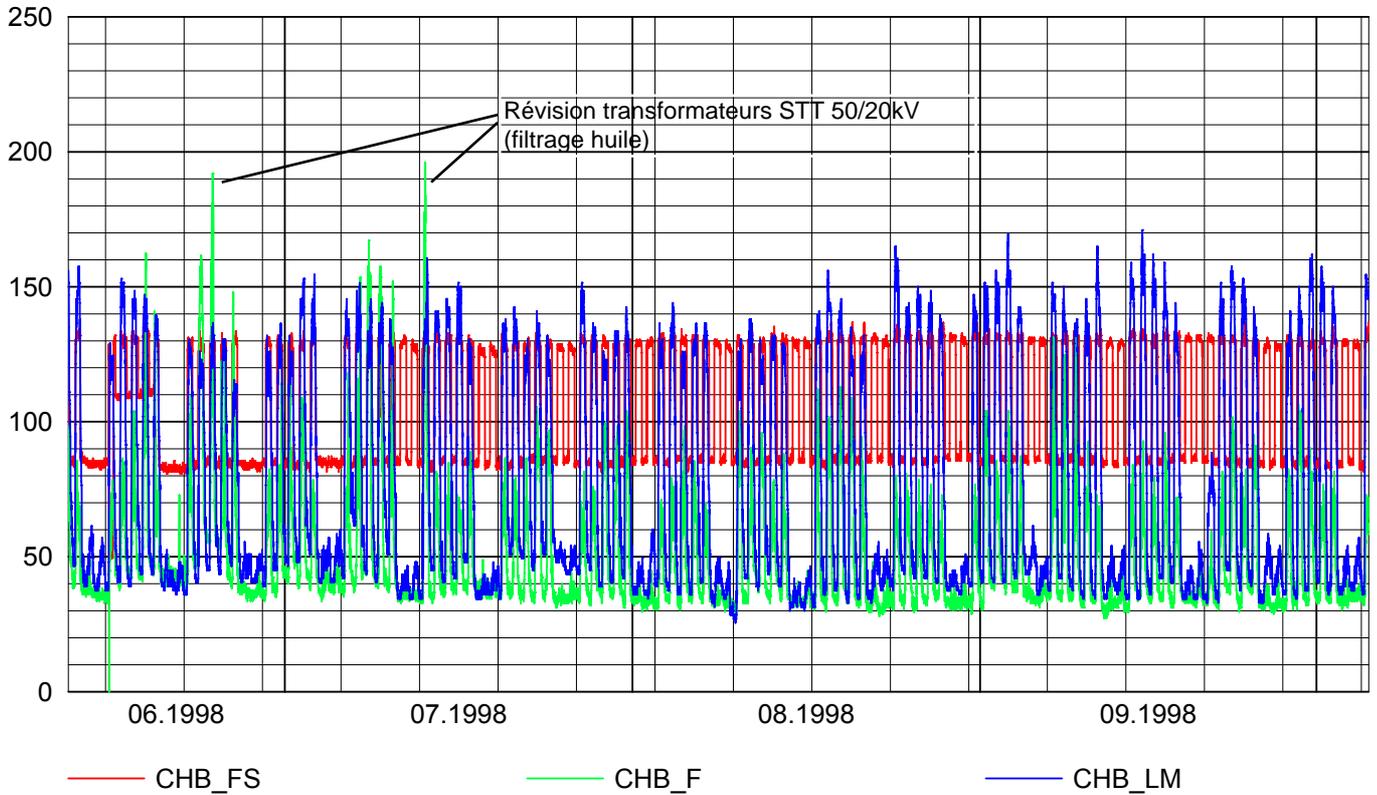
Module: VNR DAV 32/6 • V02-02D • 10219-081 / FV2

Fichier: e:\diagel~1\mes_vdg\epfch01x.vdg|e:\diagelec_pdf\mes_vdg\epfch01x.vdg

Mesures: du Je 11.06.1998 à 16:00 au Lu 05.10.1998 à 15:45, Intervalle: 15 min.

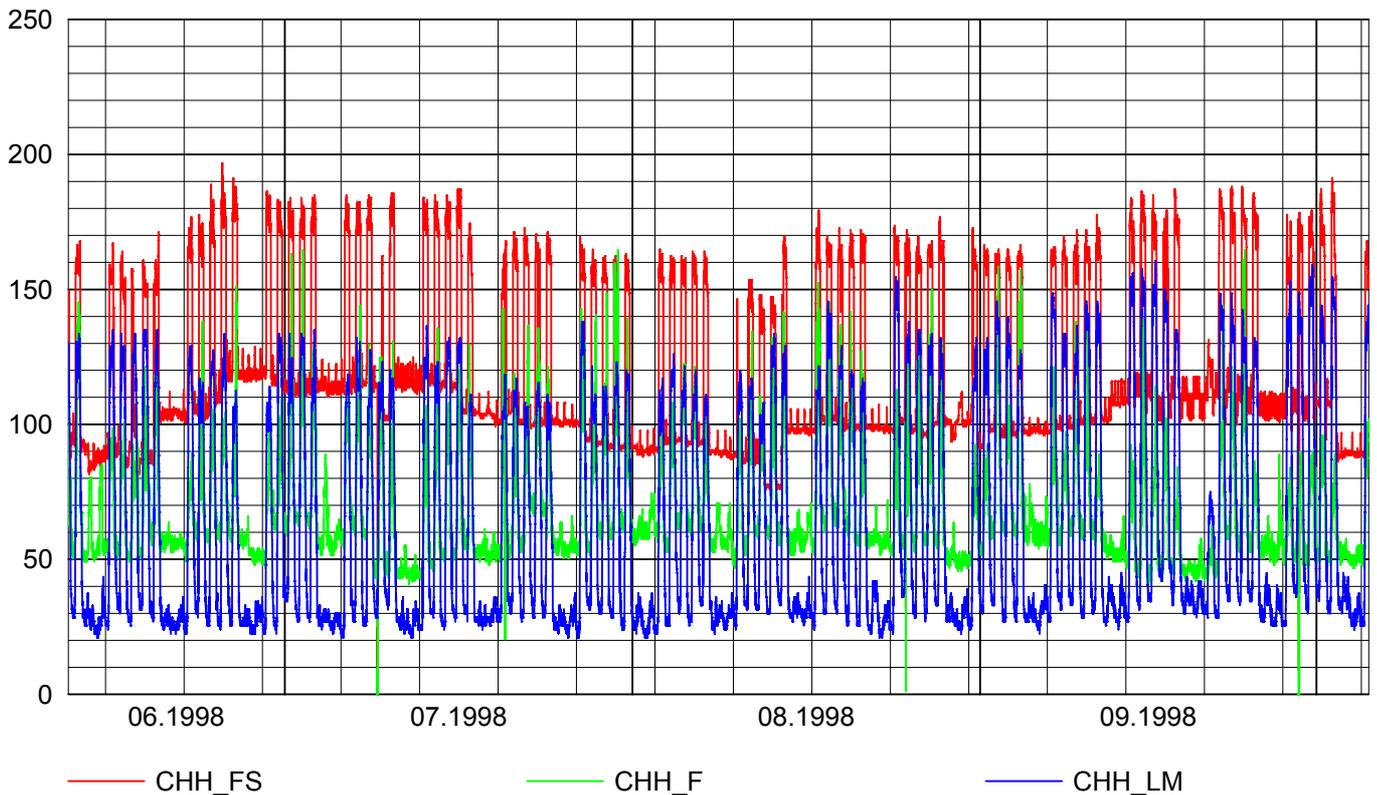
kW moy./ 1/4h

Courbes de charge électrique quart-horaire - CHIMIE Bâtiment



kW moy./ 1/4h

Courbes de charge électrique quart-horaire - CHIMIE Halles



Visualdiagno, version 1.20.14

François Vuille

Référence: EPFL - SEE / Département de Chimie- CH-bât.+ halles, BT / Puissance électrique quart-horaire

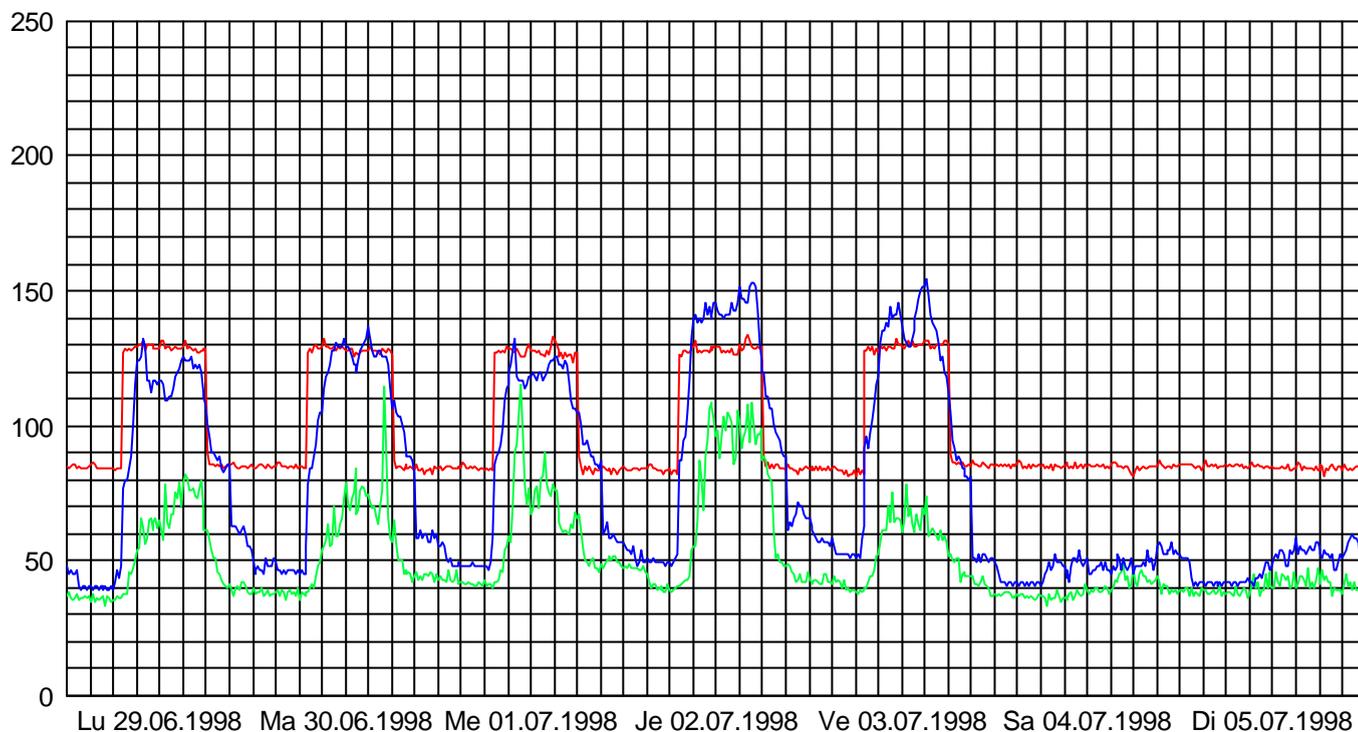
EPFL-CH_Bâtiment + Halles / FS, F, LM

Module: VNR DAU 32/6 • V02-02D • 10219-081 / FV2

Fichier: d:\docume~1\archiv~1\mesdoc~1\data_v~1\mesures\epfl_see\ch_b_h\epfch01x.vdg;d:\documents\archive_tosh300\me

Mesures: du Je 11.06.1998 à 16:00 au Lu 05.10.1998 à 15:45, Intervalle: 15 min.

kW moy./ 1/4h

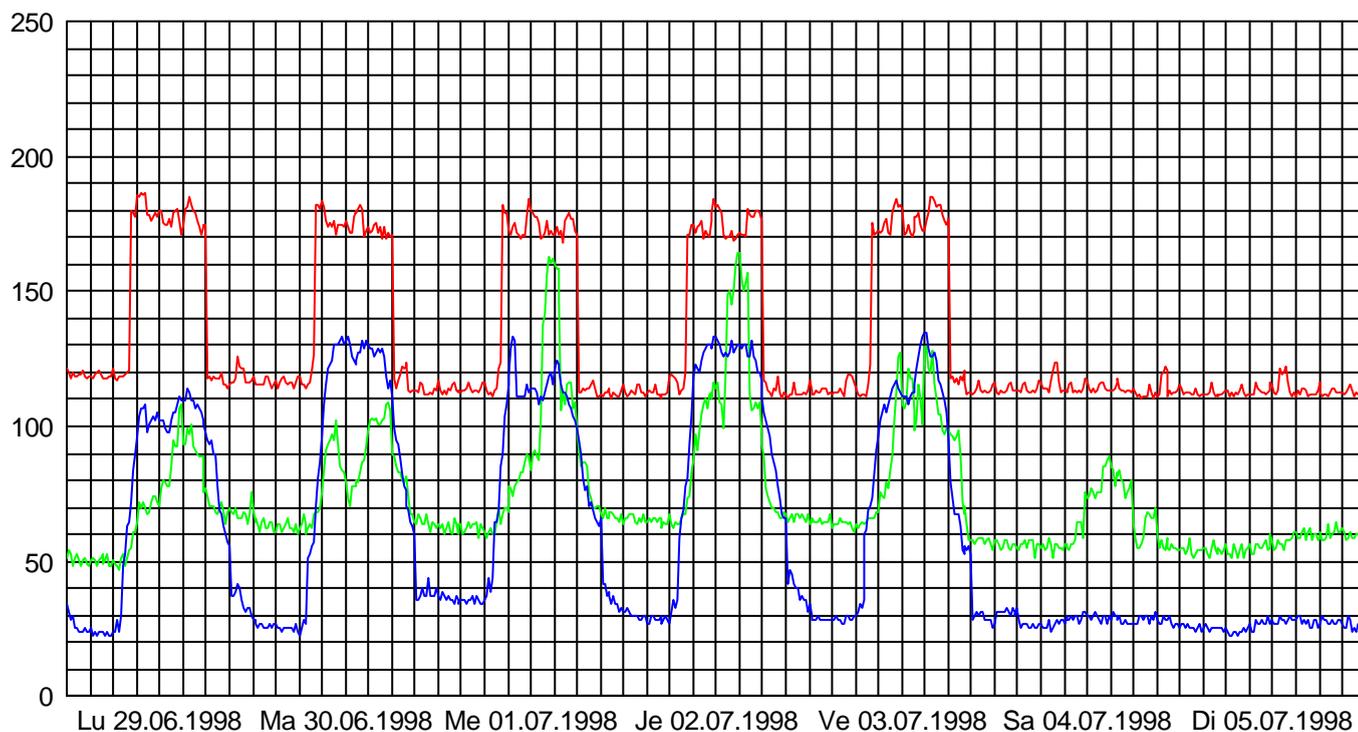
Courbes de charge électrique quart-horaire - CHIMIE Bâtiment

— CHB_FS

— CHB_F

— CHB_LM

kW moy./ 1/4h

Courbes de charge électrique quart-horaire - CHIMIE Halles

— CHH_FS

— CHH_F

— CHH_LM

Visualdiagno, version 1.20.14

François Vuille

Référence: EPFL - SEE / Département de Chimie- CH-bât.+ halles, BT / Puissance électrique quart-horaire

EPFL - CH_Bât.+Halles / Répartition générale

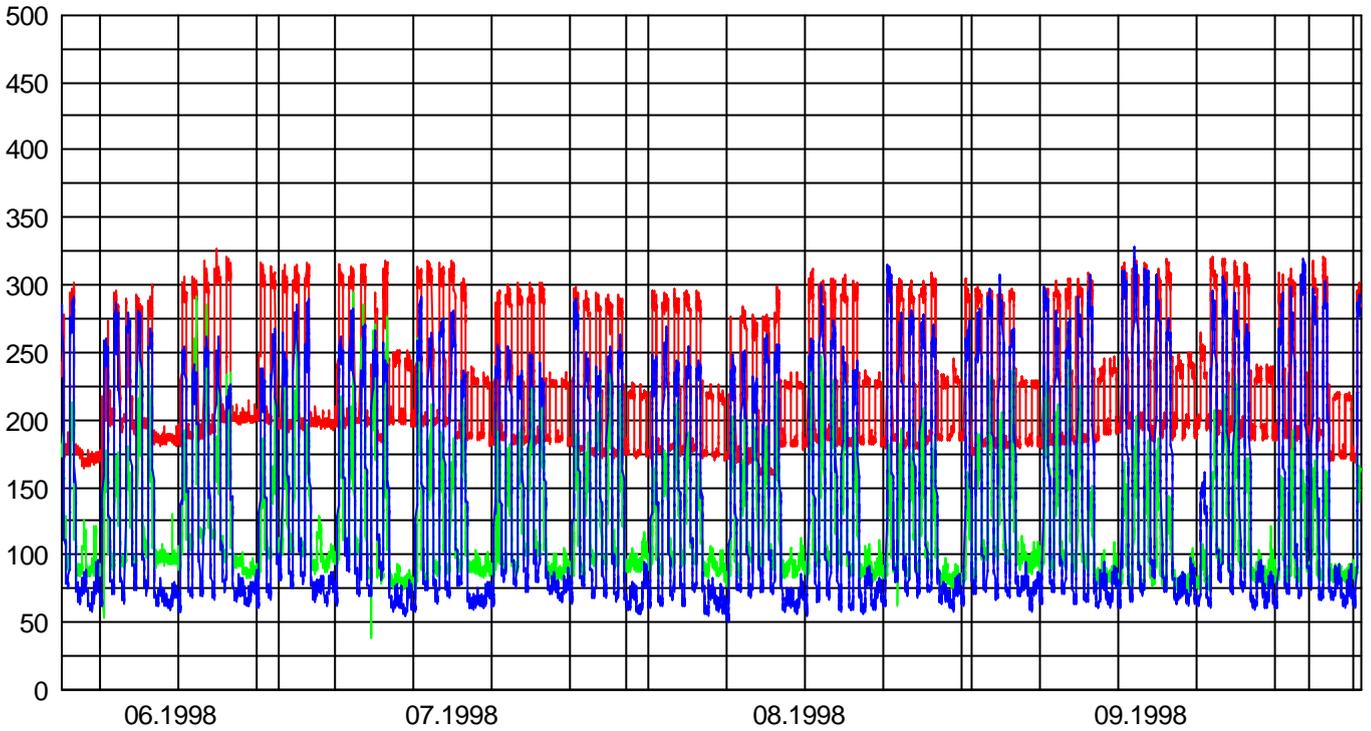
Module: VNR DAV 32/6 • V02-02D • 10219-081 / FV2

Fichier: d:\docume~1\archiv~1\mesdoc~1\data_v~1\mesures\epfl_see\ch_b_h\epfch01x.vdg;d:\documents\archive_tosh300\me

Mesures: du Je 11.06.1998 à 16:00 au Lu 05.10.1998 à 15:45, Intervalle: 15 min.

kW moy./ 1/4h

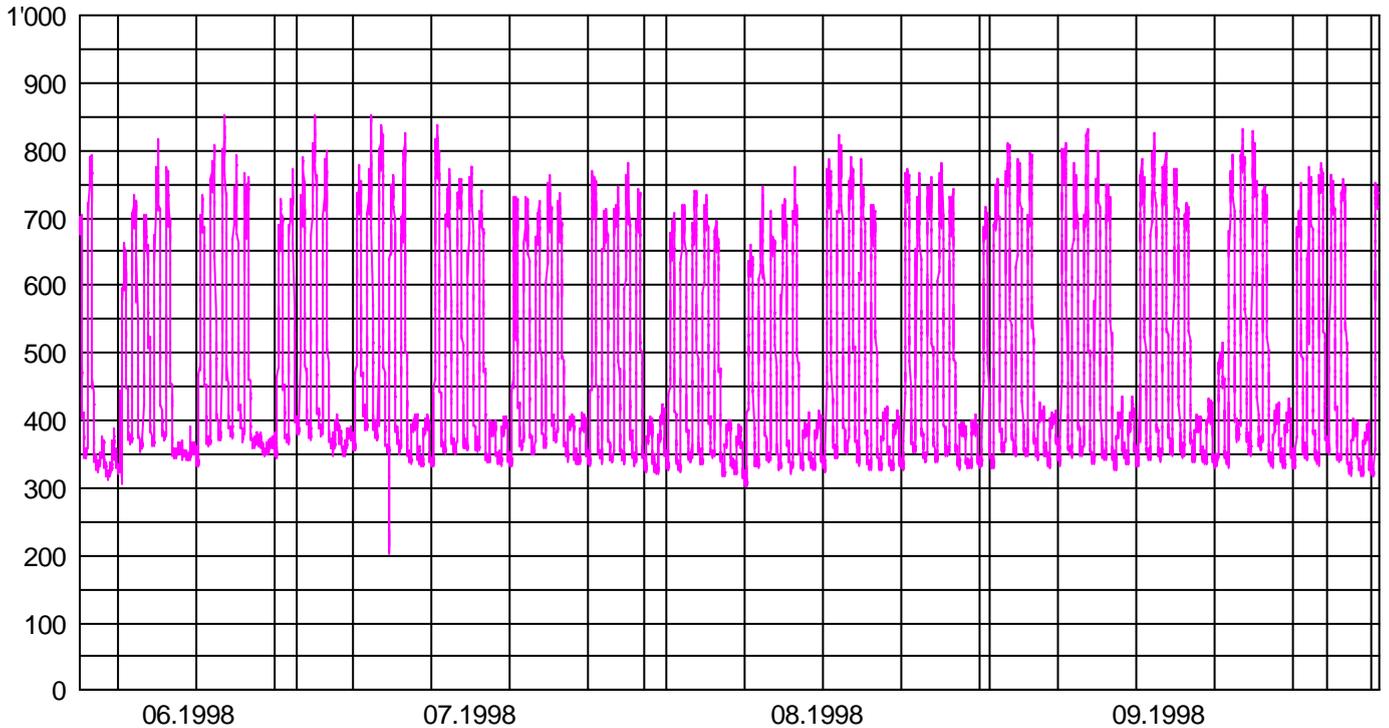
Courbes de charge électrique quart-horaire - CHIMIE bât. + halles / FS, F, LM



— CH - bât. + halles / FS — CH - Bât. + halles / F — CH - bât. + halles / LM

kW moy./ 1/4h

Courbe de charge électrique quart-horaire - Total Département de CHIMIE bât. + halles



— Total CH - bât. + halles

Courbe de charge du réseau « Force / Chimie Bâtiment » (tracé vert)

Il s'agit de l'alimentation des prises Force des laboratoires et des prises murales 230V situées sous les fenêtres (alimentant notamment l'informatique des bureaux). Ces prises sont teintées en noir, ou portent une marque noire.

La consommation de base (env. 35 à 40 kW la nuit et le week-end) représente 70 % de la consommation annuelle du réseau « Force » .

Ceci s'explique par la consommation des infrastructures expérimentales qui doivent rester constamment en activité pour maintenir les cellules d'expériences dans des conditions stables de température et de pression. Il y a aussi la consommation de base des ordinateurs et périphériques restés enclenchés la nuit et le week-end.

Les variations de puissance d'une journée à l'autre sont en relation avec les manipulations opérées dans les différents laboratoires.

Courbe de charge du réseau « Force-Service / Chimie bâtiment » (tracé rouge)

Ce réseau alimente les infrastructures CVSE, soit principalement la ventilation – climatisation ainsi que les extractions de chapelles.

Le profil de consommation est très régulier, avec un régime jour et un régime réduit la nuit et week-end. Le régime de base représente 85% de la consommation annuelle, ce qui est assez important !

Depuis le 6 juillet 98, on constate que la ventilation n'est plus réduite les journées du week-end.

Courbe de charge du réseau « Lumière-Mesure / Chimie bâtiment » (tracé bleu)

Il s'agit de l'alimentation de tous les éclairages et de certaines prises 230V situées généralement à l'entrée des bureaux.

Les tableaux de distribution avec prises 230V (tableaux R1) situés dans les laboratoires sont aussi alimentés par le réseau Lumière-Mesure. Ces prises sont destinées à l'alimentation des appareils de mesures.

La base continue d'environ 40 à 50 kW la nuit et le week-end est constituée des consommations des appareils de laboratoires raccordés aux prises 230V et d'une petite partie d'ordinateurs continuellement enclenchés et raccordés sur les prises Lumière-Mesure.

Contrairement au Département de Physique où le personnel quitte les locaux vers 18h00, certains locaux du Département de Chimie sont occupés dans la soirée et restent allumés. Nous avons effectué des pointages pour contrôle durant la nuit. Il est difficile d'évaluer la proportion des locaux restés inutilement allumés.

En analysant finement le profil de consommation au début de la matinée et au début de la soirée, on repère la commande centralisée d'allumage et d'extinction des zones contrôlées par l'automate du PCC . Les circuits d'éclairage commandés ainsi automatiquement représentent une puissance totale de 25 kW.

Courbe de charge du réseau « Force / Chimie halles » (tracé vert)

La consommation de base (env. 50 à 70 kW la nuit et le week-end) représente environ 60% de la puissance moyenne diurne, soit 90 % de la consommation annuelle d'énergie du réseau « Force » .

Cette proportion de base est importante. Elle est sous contrôle direct des utilisateurs.

Il s'agit de la consommation des infrastructures expérimentales qui doivent rester constamment en activité pour maintenir les cellules d'expériences dans des conditions stables de température et de pression. Il y a aussi la consommation de base des ordinateurs et périphériques restés enclenchés la nuit et le week-end.

Les variations de puissance d'une journée à l'autre sont en relation avec les manipulations opérées dans les différents laboratoires.

Courbe de charge du réseau « Force–Service / Chimie halles » (tracé rouge)

Ce réseau alimente les infrastructures CVSE, soit principalement la ventilation – climatisation ainsi que les extractions de chapelles et l'installation de récupération de chaleur.

Le profil de consommation assez régulier, avec un régime jour et un régime réduit la nuit et week-end. La consommation de base (nuit et week-end) varie au cours des semaines et des mois, probablement en relation avec le réglage des équipements de climatisation. Le régime de base représente 70% de la consommation d'énergie annuelle.

Une analyse plus détaillée des séquences de fonctionnement permettrait d'expliquer ces variations ; ce travail devrait être entrepris en collaboration avec le Service d'exploitation.

Courbe de charge du réseau « Lumière-Mesure / Chimie halles » (tracé bleu)

Il s'agit de l'alimentation de tous les éclairages et de certaines prises 230V situées généralement à l'entrée des bureaux.

Les tableaux de distribution avec prises 230V (tableaux R1) situés dans les laboratoires sont aussi alimentés par le réseau Lumière-Mesure. Ces prises sont destinées à l'alimentation des appareils de mesures.

La base continue d'environ 25 à 30 kW la nuit et le week-end est constituée des consommations des appareils de laboratoires raccordés aux prises 230V et d'une petite partie d'ordinateurs continuellement enclenchés et raccordés sur les prises Lumière-Mesure.

Contrairement au Département de Physique où le personnel quitte les locaux vers 18h00, certains locaux du Département de Chimie sont occupés dans la soirée et restent allumés. Nous avons effectué des pointages pour contrôle durant la nuit. Il est difficile d'évaluer la proportion des locaux restés inutilement allumés.

Les circuits d'éclairage commandés automatiquement par le PCC représentent une puissance totale de 25 kW.

Courbe de charge de l'ensemble des consommateurs du Département de Chimie (bâtiment + halles)

La consommation de base de tous les utilisateurs représente une puissance totale de 350 kW la nuit et le week-end, et de 800 à 850 kW en pointe durant la journée.

Sur le plan énergétique, la consommation de base continue représente 60 à 65% de la consommation totale annuelle du Département de Chimie, ce qui est important !

Cette base reste constante, qu'il y ait des occupants dans les locaux ou que les bâtiments soient inoccupés !

Des commentaires concernant ces observations figurent à la suite de ce chapitre.

7.4 Profil-type de consommation journalière dans le Département de Chimie

La reconstitution du profil d'une journée-type a été possible en utilisant les valeurs de puissances moyennes quart horaire enregistrée durant un mois.

Le profil moyen ainsi obtenu a servi de référence pour l'établissement du bilan annuel détaillé simulé.

La dispersion des points à chaque heure de la journée permet d'apprécier la répétition et la constance des actions dans la journée.

Les graphiques des pages suivantes illustrent les profils-types des alimentations Force, Force-Service et Lumière-Mesure pour l'ensemble du Département de Chimie.

Visualdiagno, version 1.20.14

François Vuille

Référence: EPFL - SEE / Département de Chimie- CH-bât.+ halles, BT / Puissance électrique quart-horaire

Jour-type CH_bâtiment - LM et Force

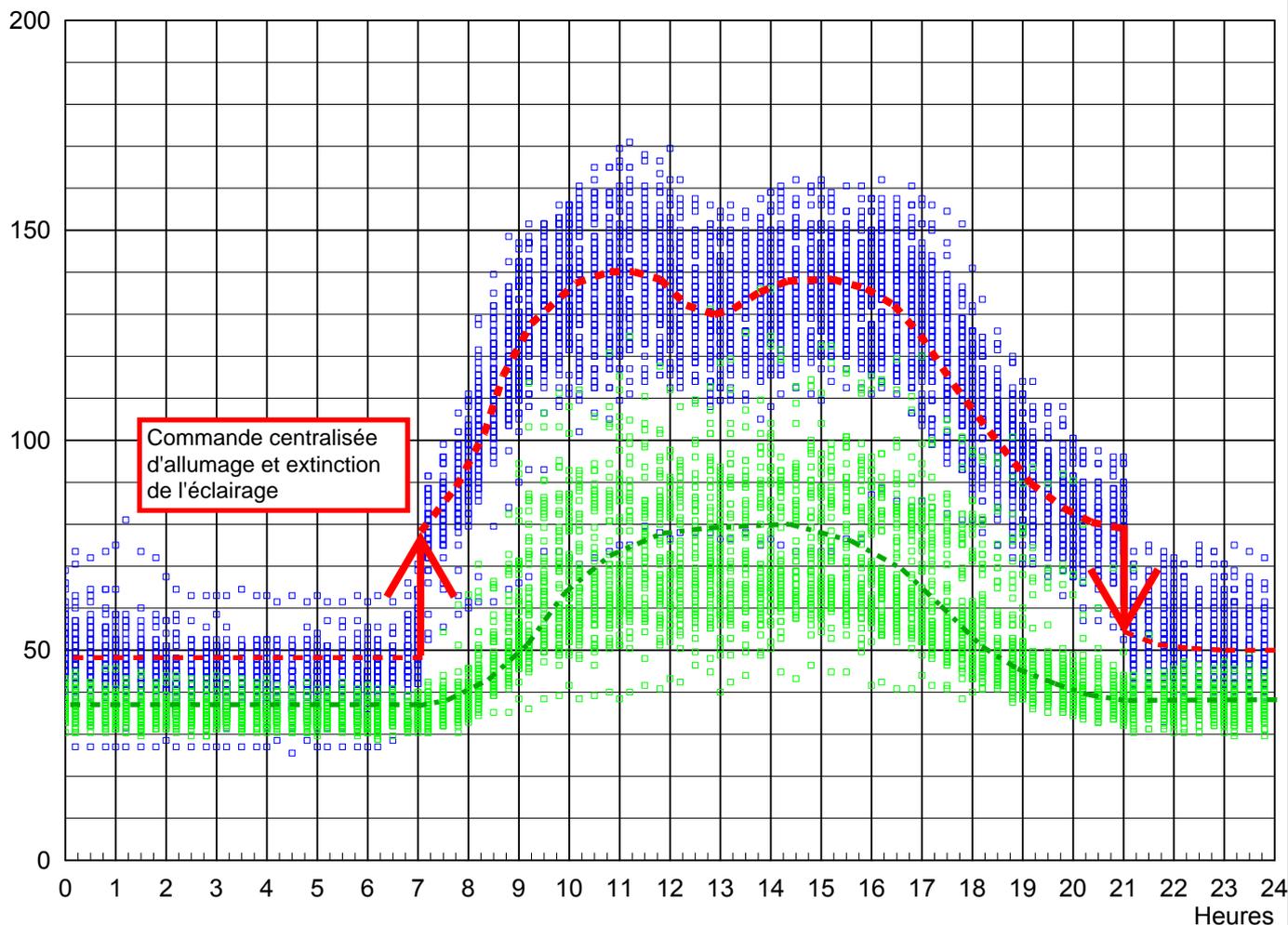
Module: VNR DAV 32/6 • V02-02D • 10219-081 / FV2

Fichier: e:\diagel~1\mes_vdg\epfch01x.vdg|e:\diagelec_pdf\mes_vdg\epfch01x.vdg

Mesures: du Je 11.06.1998 à 16:00 au Lu 05.10.1998 à 15:45, Intervalle: 15 min.

kW moy./ 1/4h

CHIMIE Bâtiment / Profil-type journalier, LM et Force



- — CH bât. - LM; droite: $y = 1.921x + 65.16$; nb points: 7'871; r^2 : 0.1076; écart-type: 38.32
 X: Heure
 Y: CHB_LM*i_0_025*nTI_1500*4
 Jours: Lu-Ma-Me-Je-Ve; heures: 00:00-24:00; période: Je 11.06.1998 16:15 - Lu 05.10.1998 15:45
- — CH bât. - Force; droite: $y = 0.6801x + 42.55$; nb points: 5'663; r^2 : 0.0614; écart-type: 18.42
 X: Heure
 Y: CHB_F1*i_0_025*nTI_800*4
 Jours: Lu-Ma-Me-Je-Ve; heures: 00:00-24:00; période: Ma 14.07.1998 16:15 - Lu 05.10.1998 15:45

Visualdiagno, version 1.20.14

François Vuille

Référence: EPFL - SEE / Département de Chimie- CH-bât.+ halles, BT / Puissance électrique quart-horaire

Jour-type CH_halles - LM et Force

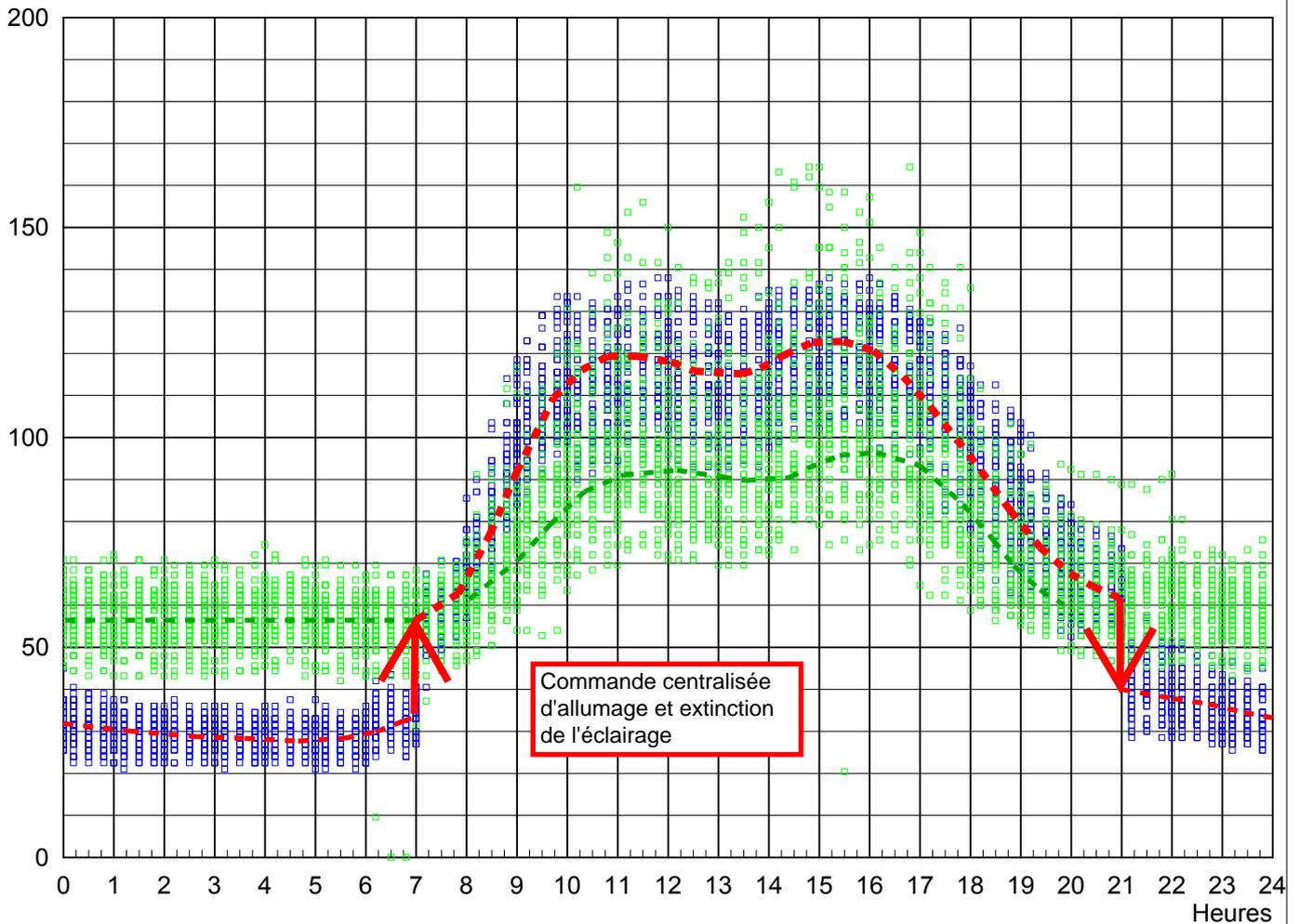
Module: VNR DAV 32/6 • V02-02D • 10219-081 / FV2

Fichier: e:\diagel~1\mes_vdg\epfch01x.vdg;e:\diagelec_pdf\mes_vdg\epfch01x.vdg

Mesures: du Je 11.06.1998 à 16:00 au Lu 05.10.1998 à 15:45, Intervalle: 15 min.

kW moy./ 1/4h

CHIMIE Halles / Profil-type journalier, LM et Force



- — CH halles - LM; droite: $y = 1.956x + 48.13$; nb points: 4'511; r^2 : 0.1280; écart-type: 35.37
 X: Heure
 Y: CHH_LM*i_0_025*nTI_1500*4
 Jours: Lu-Ma-Me-Je-Ve; heures: 00:00-24:00; période: Je 11.06.1998 16:15 - Lu 17.08.1998 15:45
- — CH halles - Force; droite: $y = 0.8502x + 64.47$; nb points: 4'511; r^2 : 0.0694; écart-type: 21.57
 X: Heure
 Y: CHH_F1*i_0_025*nTI_1200*4
 Jours: Lu-Ma-Me-Je-Ve; heures: 00:00-24:00; période: Je 11.06.1998 16:15 - Lu 17.08.1998 15:45

7.5 Mesures de puissance sur les groupes de distribution électrique

La répartition de la consommation de l'ensemble des utilisateurs sur les réseaux Force, Force-Service et Lumière-Mesure étant connue au niveau du bilan annuel et des puissances quart-horaires, il s'agit d'analyser en détail les composantes raccordées sur chacun de ces réseaux.

Comme les profils de consommation sont réguliers et répétitifs durant la journée et la nuit, nous avons effectué des mesures de puissance instantanées à des moments caractéristiques de la journée. Ces mesures ont été effectuées sur le départ des groupes de distribution des tableaux d'étages, dans les centrales BT.

Une première série de mesures a été effectuée durant la journée, en régime établi, puis une seconde série de nuit.

La puissance est déterminée sur la base de la mesure du courant sur les trois phases de chaque groupe. Nous avons admis un facteur de puissance moyen de $\cos \varphi = 0.8$ pour le calcul de la puissance, compte tenu de la nature des charges inductives raccordées sur les alimentations (la compensation du $\cos \varphi$ est faite au niveau de l'alimentation générale et non sur les groupes mesurés).

La somme des puissances mesurées, regroupée par type de réseau, est comparée avec la puissance enregistrée sur le compteur. Ceci constitue un point de contrôle de la précision et la représentativité des mesures.

Nous obtenons ainsi une décomposition fine des consommations pour chaque étage, chaque zone des bâtiments, et chaque type d'utilisation.

7.6 Mesures de puissance des équipements électriques CVSE

La même démarche que celle décrite au chapitre précédent a été appliquée pour l'analyse du secteur CVSE.. Nous avons différencié les types d'équipements suivants :

- Ventilation centrale de pulsion
- Ventilation d'extraction des chapelles
- Ventilation d'extraction de l'ancienne installation de neutralisation
- Alimentation électrique des tableaux sanitaire et chauffage

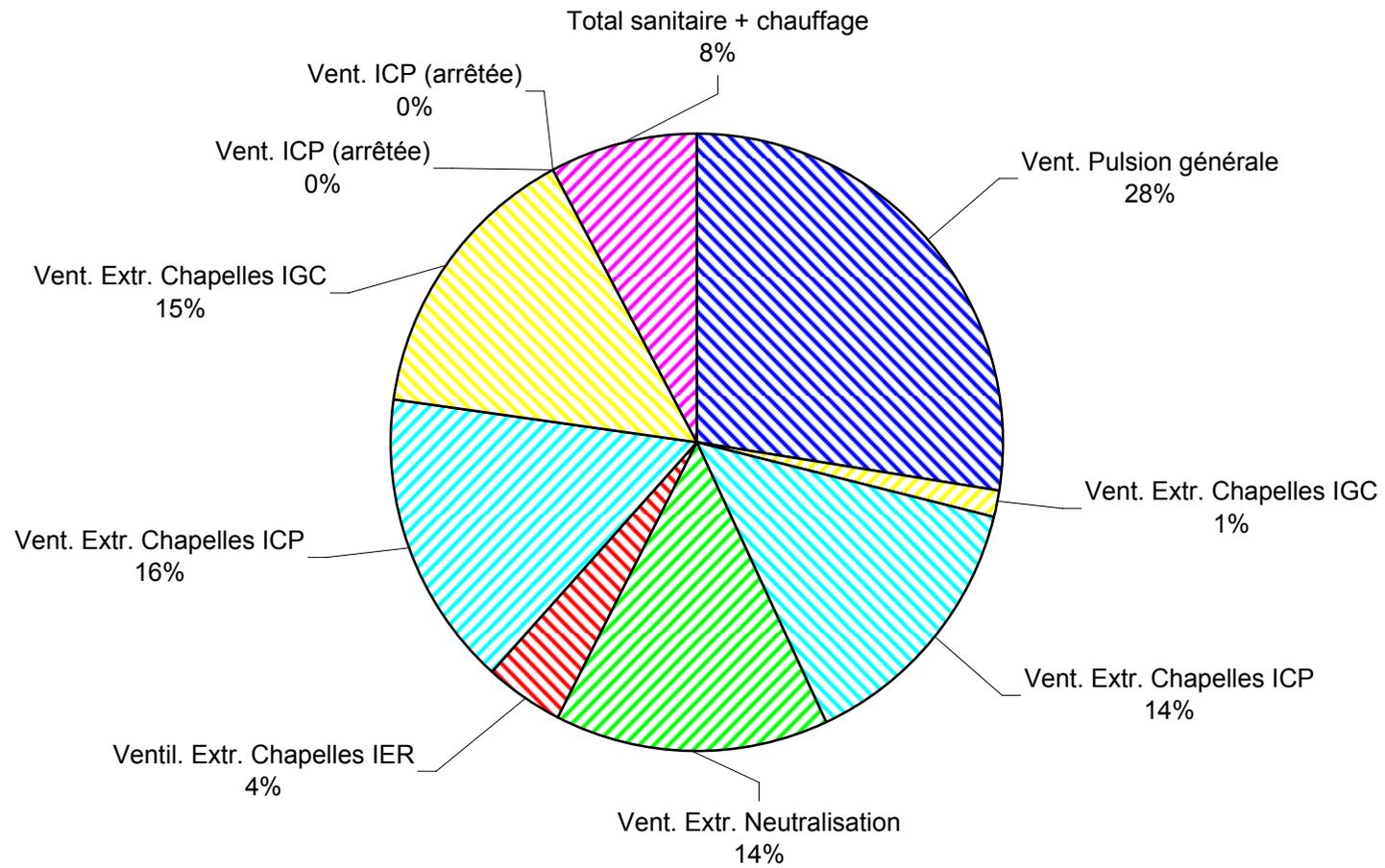
Les graphiques des pages suivantes représentent les puissances soutirées en régime « jour » et « nuit – week-end », pour les installations de Chimie bâtiment et Chimie halles.

Ces valeurs sont indicatives et reflètent un régime de fonctionnement momentané moyen. Comme on peut l'observer sur la courbe de charge des installations de Chimie halles (voir chapitre 7.3), la puissance du régime de base varie au cours des saisons.

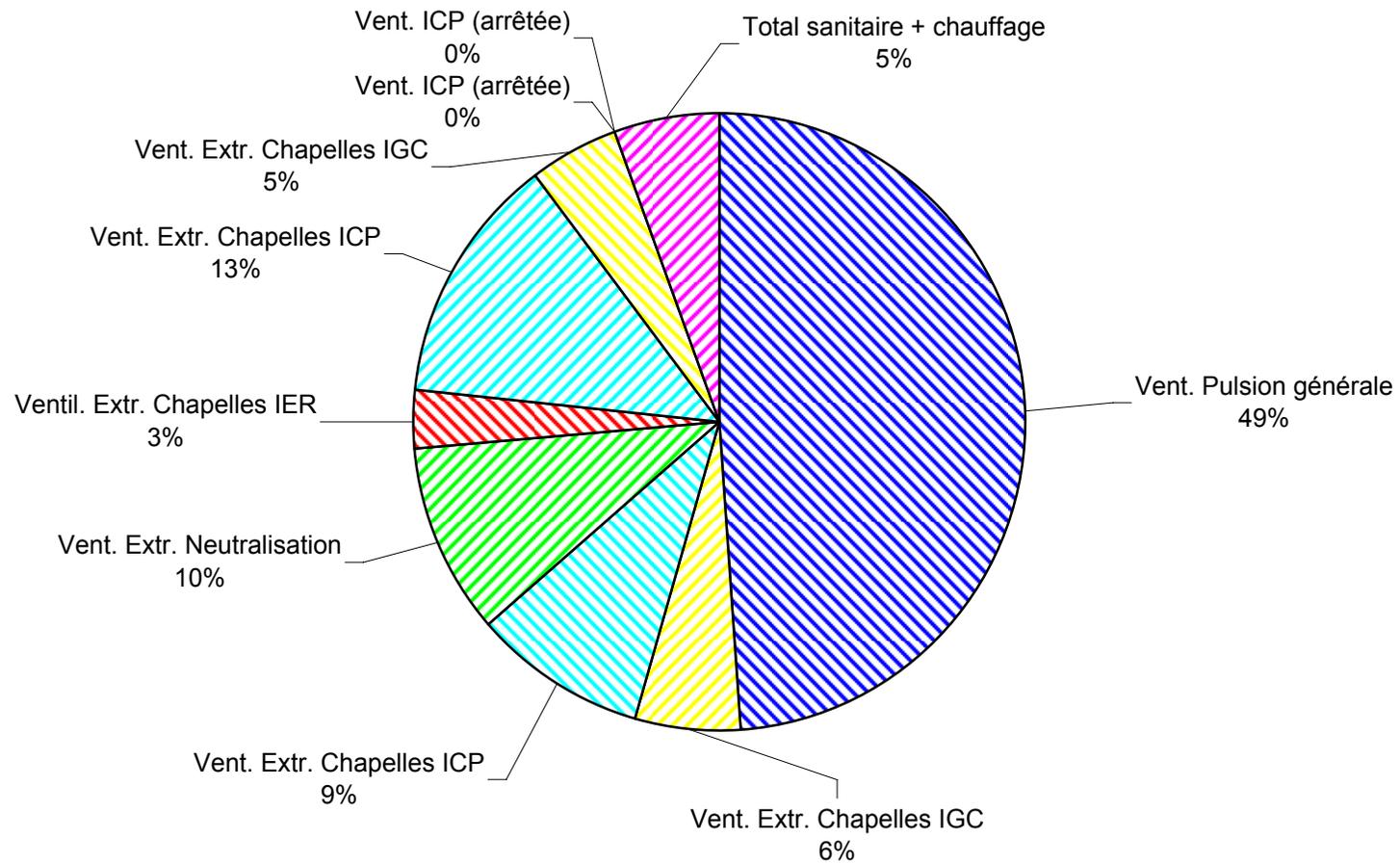
Toutefois, la relative faible amplitude de ces variations par rapport à la puissance de base nous permet de considérer la répartition entre les différentes installations techniques comme significative et représentative d'un régime de fonctionnement moyen annuel.

Même si la contribution en % de chaque installation peut varier légèrement au fil des saisons, c'est plutôt l'importance relative de la consommation de telle ou telle installation par rapport à l'ensemble des installations qu'il est intéressant de relever.

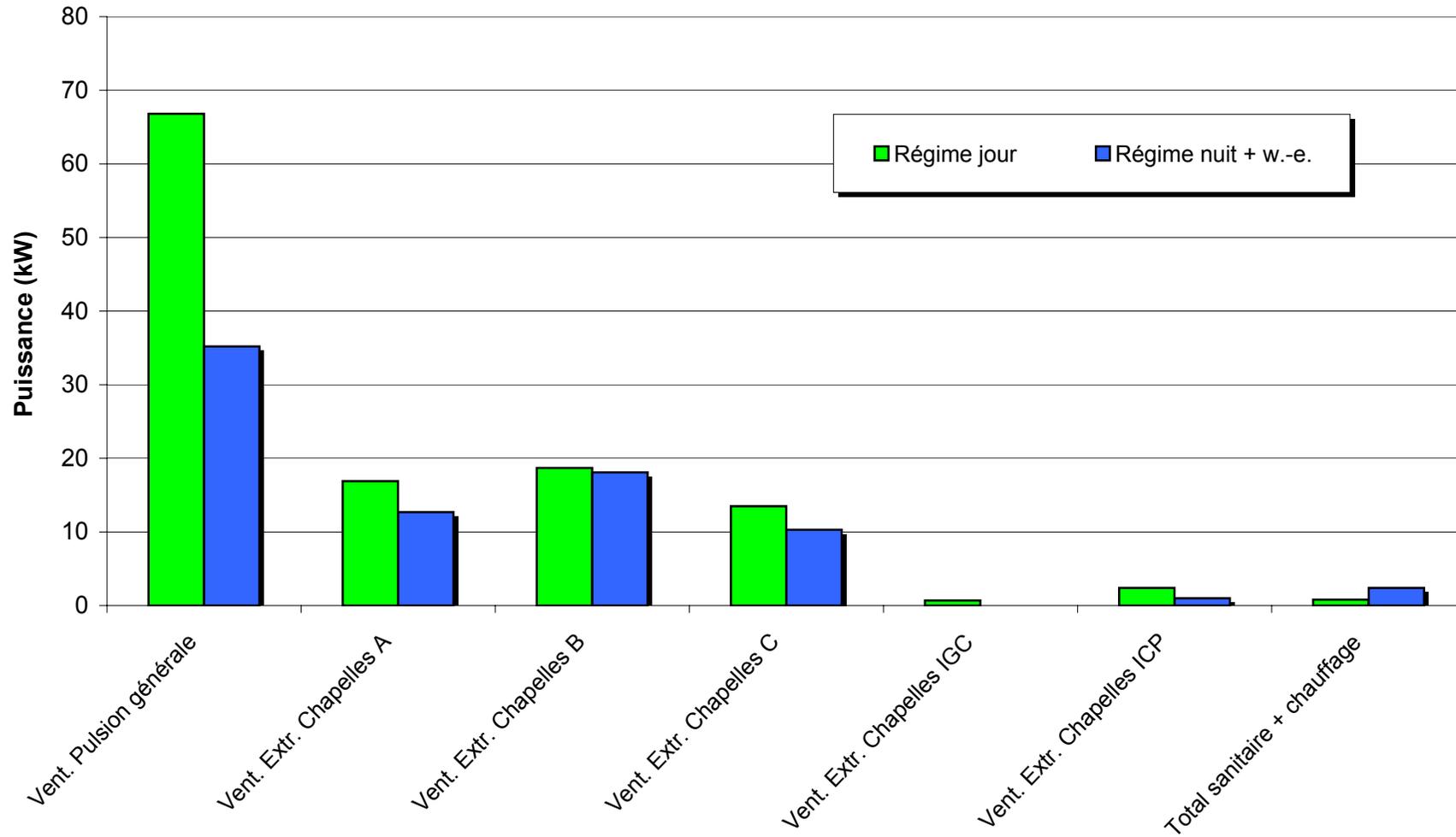
Répartition des consommateurs de **Chimie-Halles** raccordés sur le réseau "Force-Service" **de nuit et le week-end**



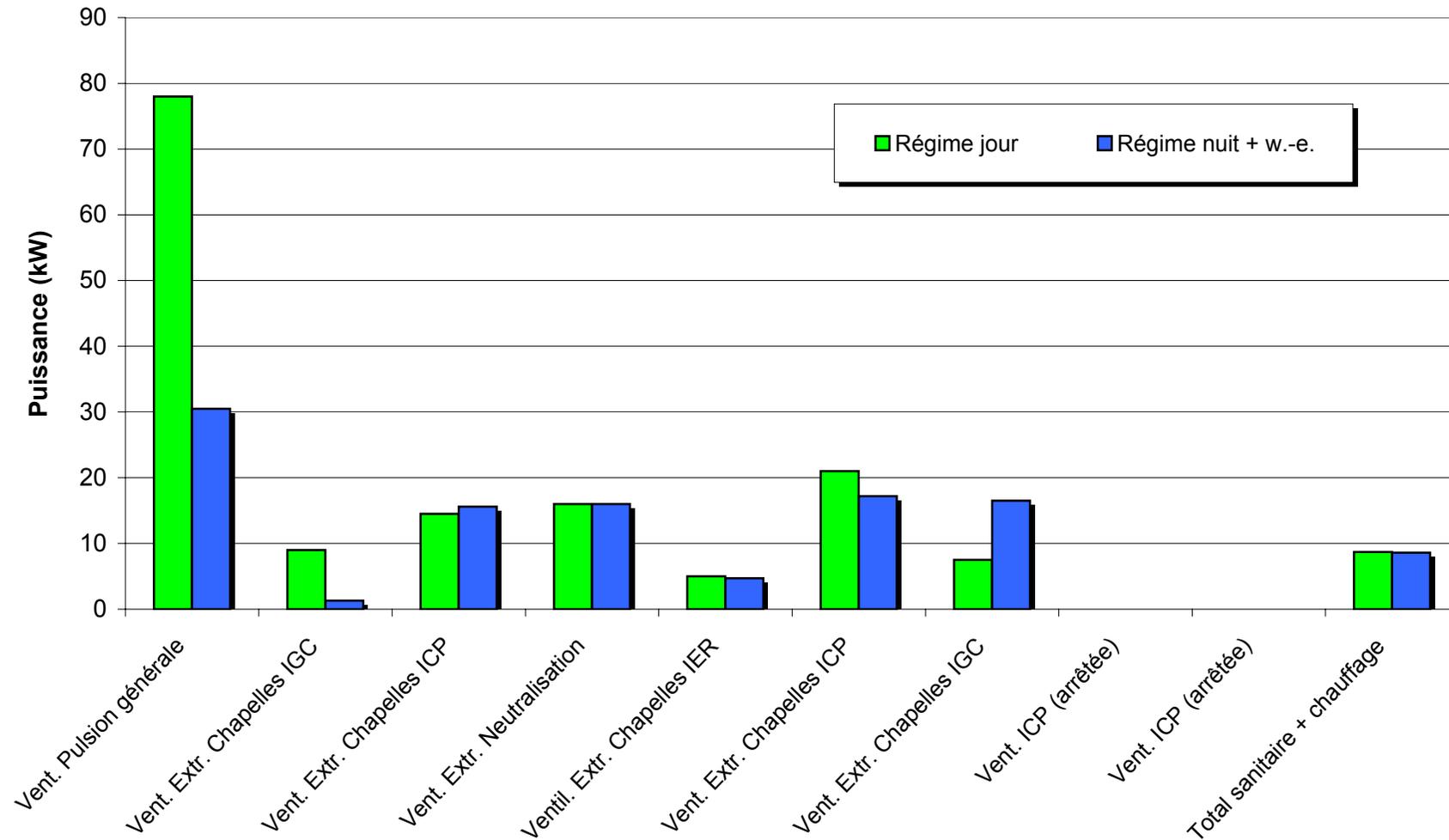
Répartition des consommateurs de **Chimie-Halles** raccordés sur le réseau "Force-Service" **de jour**



Répartition des consommateurs de **Chimie-Bâtiment** raccordés sur le rés. "Force-Service"
de jour, de nuit et le week-end



Répartition des consommateurs de **Chimie-Halles** raccordés sur le réseau "Force-Service" de jour, de nuit et le week-end



7.7 Bilan général annuel du Département de Chimie, répartition par groupes d'utilisateurs

La répartition de la consommation annuelle totale sur les trois réseaux de distribution et représentée sur les graphiques de la page suivante, pour le Bâtiment et les Halles de Chimie.

Les parts respectives de « Force », « Force-Service » et « Lumière-Mesure » pour les deux corps de bâtiment sont semblables.

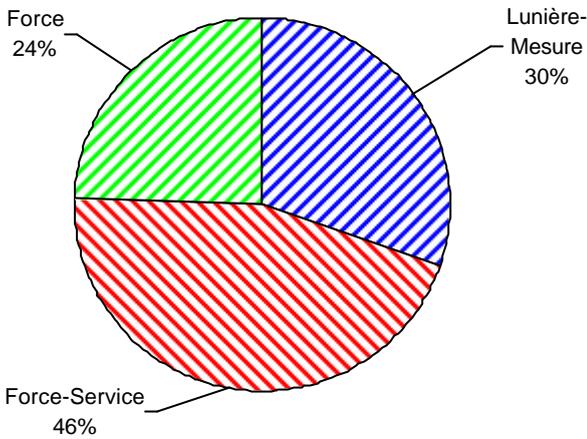
Un groupe de distribution « Eclairage extérieur » est alimenté par le tableau principal BT « Chimie Halles ». L'éclairage extérieur de la zone du Département de Chimie représente 1% de la consommation totale du Département.

La part « Force-Service », constituée essentiellement de la ventilation, représente la moitié de la consommation d'électricité du Département de Chimie.

Le coût correspondant avec le nouveau tarif 1999 est de 271'000,--Fr./an.

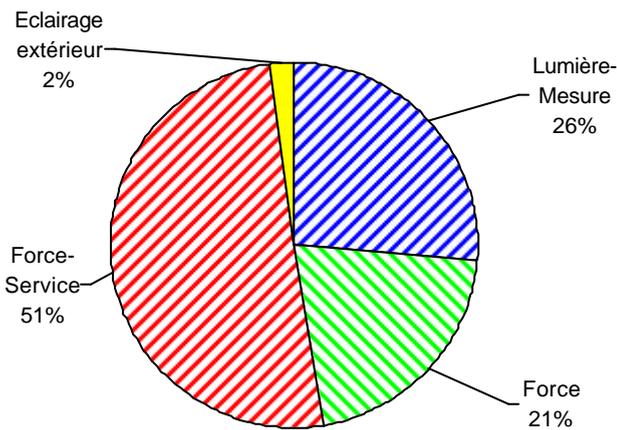
**Bilan de la consommation annuelle d'électricité
du Départements de Chimie - Bâtiment et Halles**

**Répartition de la consommation du Bâtiment de Chimie
par type d'utilisation**



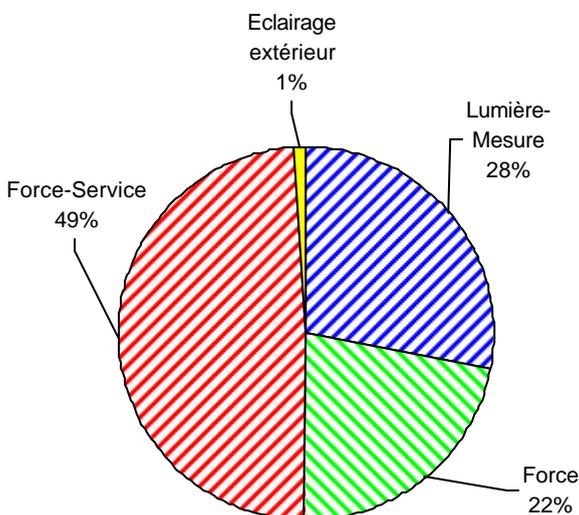
	kWh/an	%
Lumière - Mesure	580'530	30.3%
Force	465'824	24.3%
Force - Service	869'200	45.4%
Total Chimie Bâtiment	1'915'554	100%

**Répartition de la consommation des Halles de Chimie
par type d'utilisation**



	kWh/an	%
Lumière - Mesure	726'585	26.3%
Force	583'344	21.1%
Force - Service	1'391'560	50.4%
Eclairage extérieur	57'879	2.1%
Total Chimie Halles	2'759'368	100%

**Répartition de la consommation totale du Département de Chimie (Bâtiment + Halles)
par type d'utilisation**



	kWh/an	%
Lumière - Mesure	1'307'115	28%
Force	1'049'168	22%
Force - Service	2'260'760	48%
Eclairage extérieur	57'879	1%
Total Chimie B+H	4'674'922	100%

Commentaires relatifs au bilan des consommations du Département de Chimie

Part des consommations sous contrôle des utilisateurs - chercheurs **Part sous contrôle des Services de l'EPFL**

Les constatations faites se référant au Département de Physique sont aussi applicables dans le cas du Département de Chimie. (Voir chapitre 6.10).

50% de l'énergie est consommée dépend du domaine des compétences des chercheurs dans les instituts, et
50% est sous contrôle direct des Services de l'EPFL.

Pour améliorer la situation, on peut appliquer les mêmes démarches que celles proposées au chapitre 6.10 (Département de Physique).

Analyse des différents processus scientifiques

La nature des expériences réalisées dans les différents instituts du Département de Chimie diffère de celles réalisées en Physique.

Les équipements scientifiques sont très diversifiés selon les laboratoires.

On distingue les petits appareils typiques de labo de chimie : agitateurs, manchons chauffants, petites étuves qui équipent les laboratoires « à faible charge ».

Les labos « à charge moyenne » comportent en plus des appareils thermiques tels que des fours, bains thermostatés, grandes étuves, chambres frigorifiques.

Les labos « à forte charge » sont équipés de gros appareils à fortes puissances, qui peuvent fonctionner occasionnellement ou en continu.

Il sont comparables aux labos « à fortes charges thermiques » décrits dans le chapitre 6 (Département de Physique).

La diversité de ces appareils est grande et leurs programmes d'utilisation peuvent être très variables selon les projets de recherche.

Cette situation s'observe notamment sur les courbes de charge des réseaux « Force » de CH-bâtiment et CH-halles (voir chapitre 7.3).

Installations de ventilation – climatisation centralisées

L'installation de ventilation - climatisation du Département de Chimie assure trois fonctions principales

- Renouvellement de l'air, évacuation des charges polluantes
- Contrôle des pressions différentielles entre locaux pour éviter les pollutions
- Contrôle de la température ambiante, évacuation des charges thermiques

Les installations de ventilation de Chimie Bâtiment et Chimie Halles ont été conçues et dimensionnées pour répondre aux exigences définies à lors de la conception des bâtiment, il y a environ 20 ans.

Depuis, de nombreux changements sont intervenus au niveau de l'utilisation des locaux et de la nature des travaux de recherche.

Actuellement, certaines zones sont réaffectées et transformées pour répondre aux besoins de la recherche actuelle et future.

Il est difficile d'analyser plus en détail le mode de fonctionnement et le rendement des équipements de ventilation.

Ce travail est du ressort du Service d'exploitation qui a déjà réalisé des améliorations, en ce qui concerne le redimensionnement des moteurs d'entraînement des ventilateurs.

Compte tenu de la très forte consommation d'électricité consacré à la ventilation des locaux ($IDE_{\text{él}}$, environ 300 MJ/m².a), qui correspond à ce que pourrait être la consommation moyenne d'électricité « tous usages » des bâtiment selon les recommandation SIA, il faut envisager une analyse plus poussée de ce domaine, en tenant compte des besoins actuels.
($IDE_{\text{él}}$: voir chapitre 4.)

Concernant le fonctionnement des installations de ventilation en Chimie Bâtiment et Chimie Halles, nous avons constaté les deux points suivants :

- En Chimie Bâtiment, la grande vitesse fonctionne de 7h00 à 20h00, alors que l'horaire est de 8h00 à 18h00 pour la ventilation de Chimie Halles en grande vitesse. D'après la courbe de charge électrique des réseaux « Force » et « Lumière-Mesure », il semble que le programme des activités soit semblable en Chimie Bâtiment et Halles.
Une modification du programme de ventilation de Chimie Bâtiment (réduction de 1h30/jour du programme grande vitesse) représenterait une économie de 26'000 kWh/an d'électricité.
- En Chimie Bâtiment, depuis le 11 juillet 1998, la ventilation n'a plus été réduite durant le week-end, peut-être pour des raisons de canicule.
Depuis cette date, la ventilation est restée dans ce mode d'exploitation. (Voir graphique ci-après)
La différence entre ces deux modes d'exploitation implique une consommation supplémentaire de 1'200 kWh chaque week-end.

Visualdiagno, version 1.20.14

François Vuille

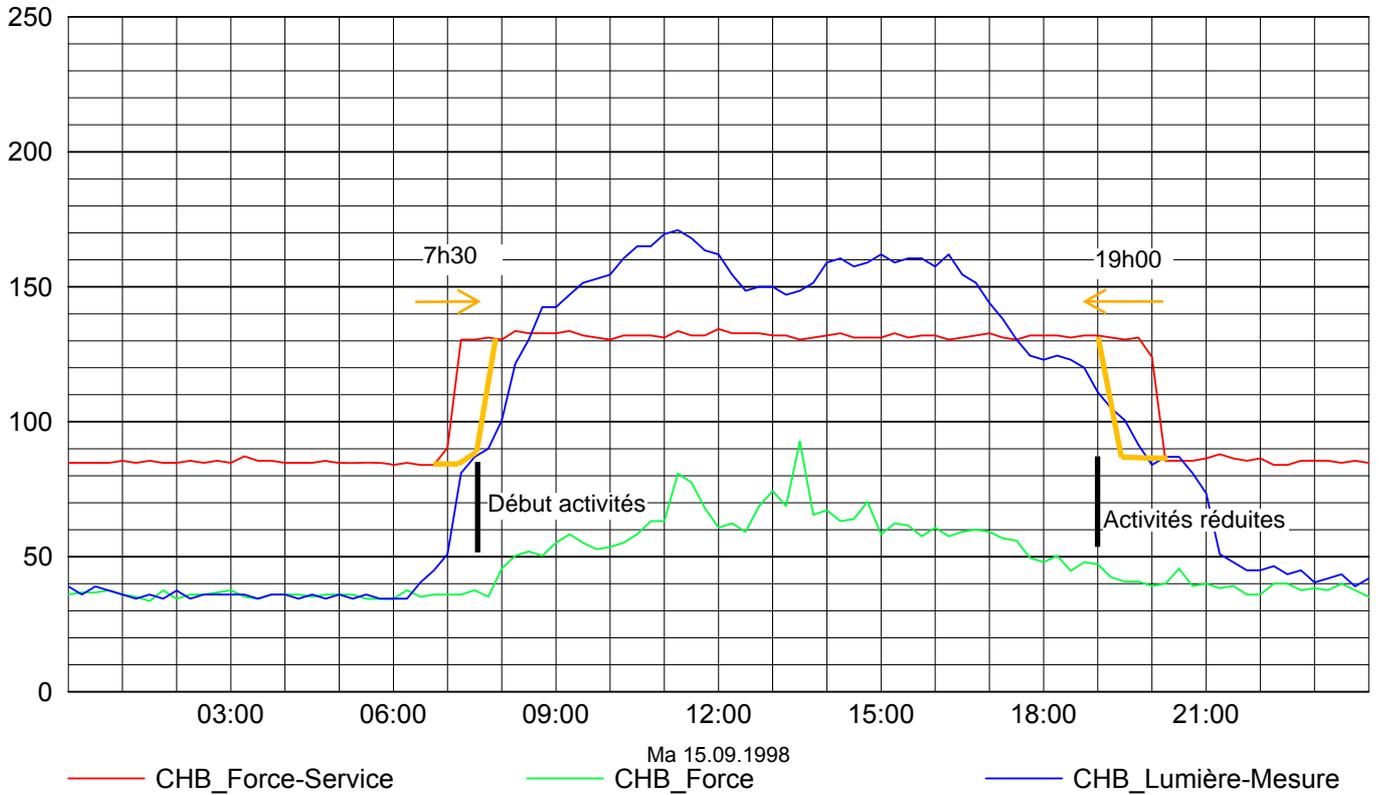
Référence: EPFL - SEE / Département de Chimie- CH-bât.+ halles, BT / Puissance électrique quart-horaire
EPFL-CH_Bâtiment + Halles / FS, F, LM Module: VNR DAV 32/6 • V02-02D • 10219-081 / FV2

Fichier: e:\diagel~1\mes_vdg\epfch01x.vdg\j:\diagelec_pdf\mes_vdg\epfch01x.vdg

Mesures: du Je 11.06.1998 à 16:00 au Lu 05.10.1998 à 15:45, Intervalle: 15 min.

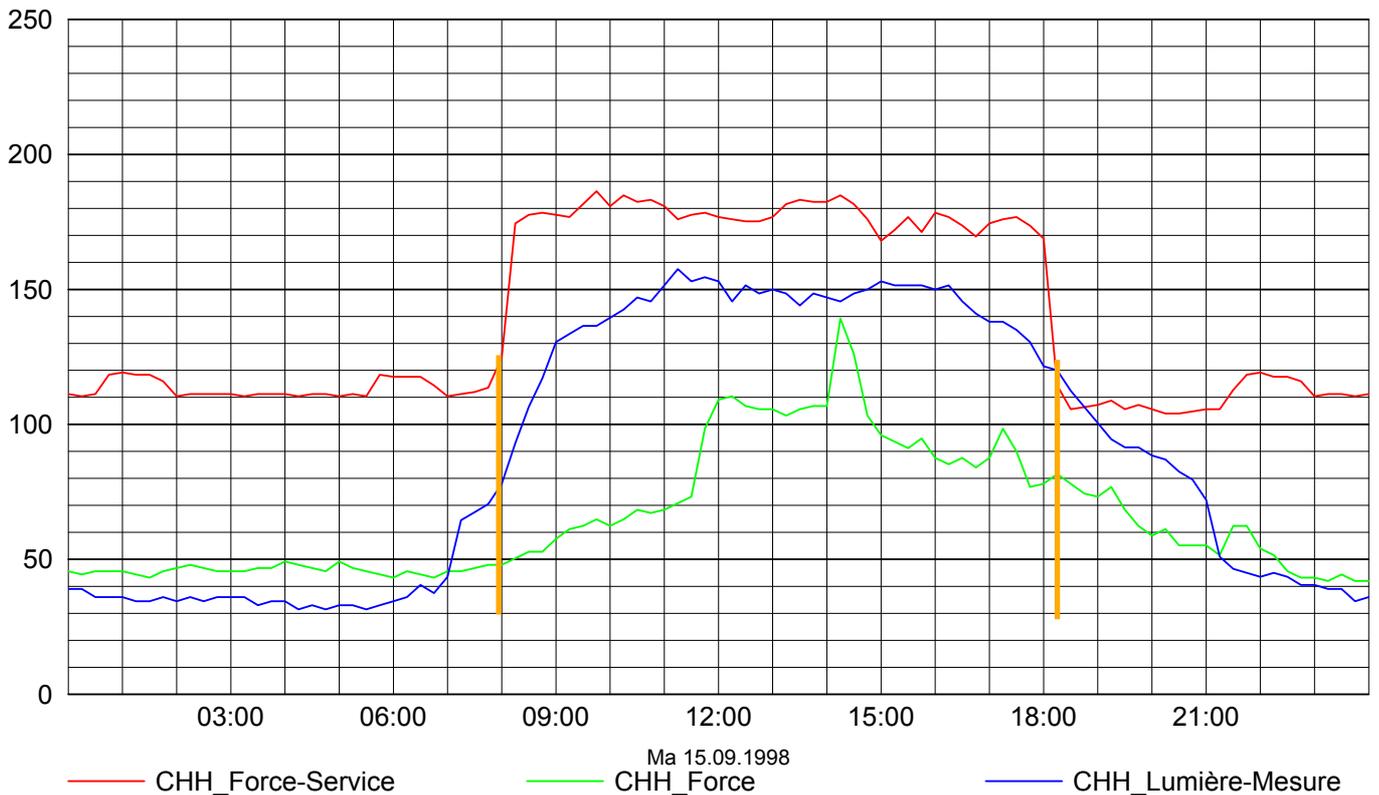
kW moy./ 1/4h

CHIMIE Bâtiment / Ajustage des horaires de ventilation (proposition)



kW moy./ 1/4h

Courbes de charge électrique quart-horaire - CHIMIE Halles



Visualdiagno, version 1.20.14

François Vuille

Référence: EPFL - SEE / Département de Chimie- CH-bât.+ halles, BT / Puissance électrique quart-horaire

EPFL-CH_Bâtiment + Halles / FS, F, LM

Module: VNR DAV 32/6 • V02-02D • 10219-081 / FV2

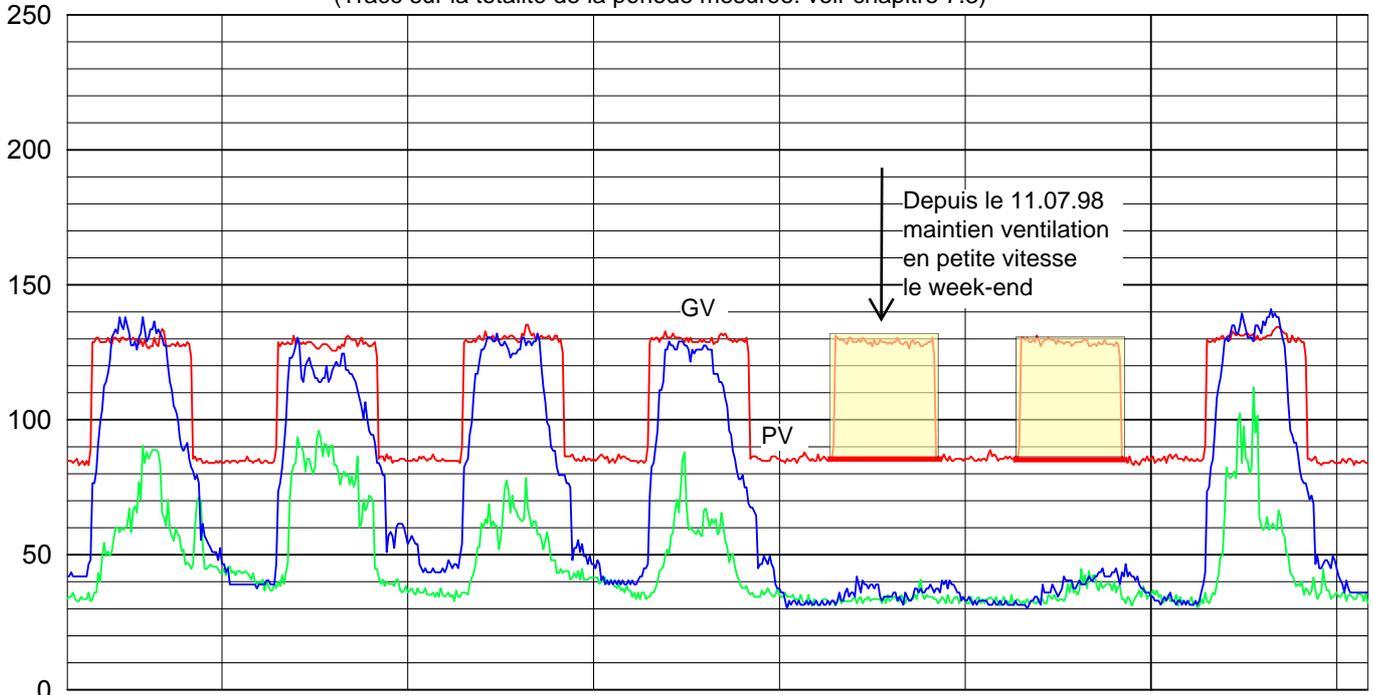
Fichier: e:\diagel~1\mes_vdg\epfch01x.vdg|e:\diagelec_pdf\mes_vdg\epfch01x.vdg

Mesures: du Je 11.06.1998 à 16:00 au Lu 05.10.1998 à 15:45, Intervalle: 15 min.

kW moy./ 1/4h

Courbes de charge électrique quart-horaire - CHIMIE bâtiment

(Tracé sur la totalité de la période mesurée: voir chapitre 7.3)



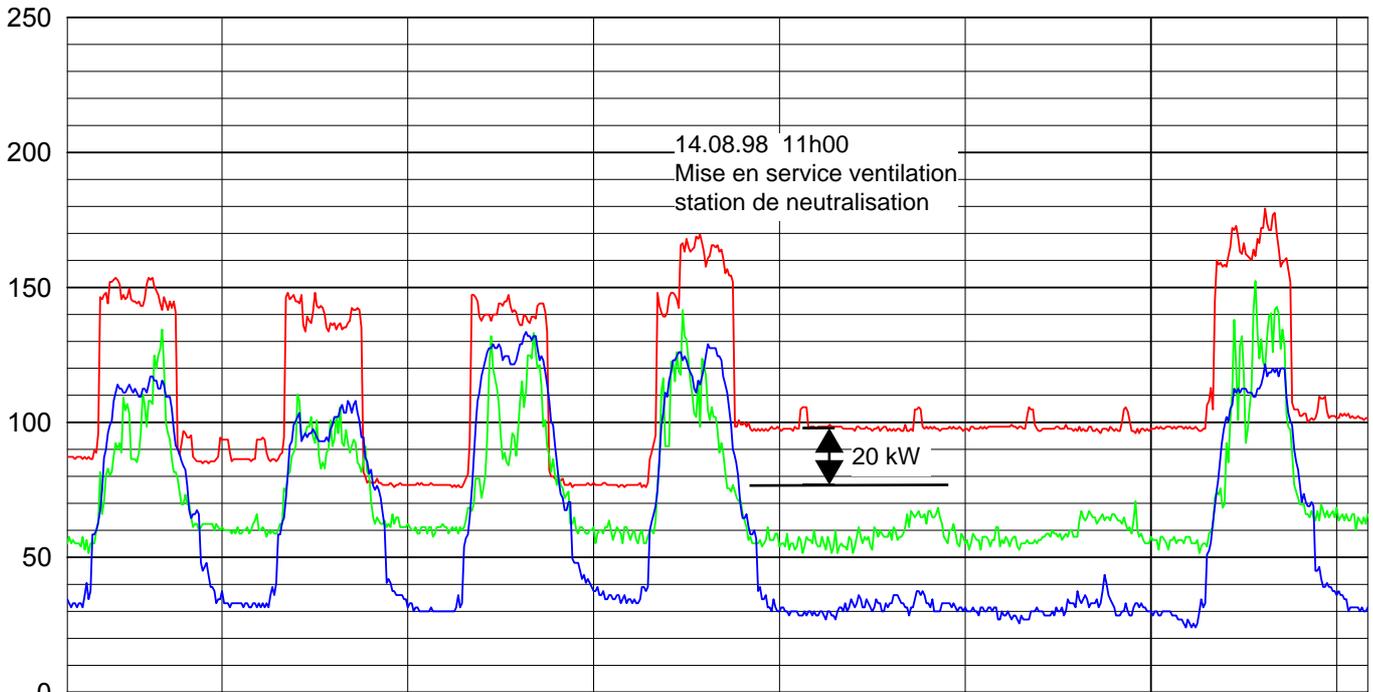
— CHB_FS

— CHB_F

— CHB_LM

kW moy./ 1/4h

Courbes de charge électrique quart-horaire - CHIMIE halles



— CHH_FS

— CHH_F

— CHH_LM

Eclairage des locaux

Les commentaires et propositions relatifs à l'éclairage des locaux du Département de Physique sont applicables également pour le Département de Chimie (Voir chapitre 6.10 – « éclairage »).

Dans certains locaux de CH – bâtiment et CH – halles, nous avons remarqués que plusieurs locaux restent allumés au-delà de 18h00, parfois tard dans la nuit.

Cette situation n'a pas été observée en Physique.

Lors de visites nocturne, nous avons constaté qu'il ne s'agissait pas toujours d'oublis; dans la plupart des cas, nous avons pu saluer des collaborateurs scientifiques « à l'ouvrage ».

Il faut donc relativiser certaines rumeurs qui courent sur le manque de discipline des chercheurs et du gaspillage d'énergie.

Il semble qu'en Chimie, l'organisation du travail des chercheurs soit liée à la nature des expériences, ce qui peut expliquer une telle situation.

Informatique des bureaux

Les commentaires et propositions relatifs à l'informatique des locaux du Département de Physique sont applicables également pour le Département de Chimie (Voir chapitre 6.10 – « informatique des bureaux »).

8. Analyse du Département de Mathématiques, avec SIC

8.0 Préambule

L'analyse du département de Mathématique a été limitée à la mesure de la courbe de charge des quatre circuits de distribution d'électricité dans le bâtiment, et au bilan général de ces quatre groupes d'utilisateurs que sont :

- Réseau « Force »
- Réseau « Force-Service »
- Réseau « Lumière-Mesure »
- Réseau « Force-Onduleur », soit l'alimentation sans coupure du Centre de calcul du SIC.

Compte tenu de la particularité de ce bâtiment, avec le Centre de calcul qui consomme globalement le 70% de l'électricité du Département (12% de la consommation totale du site EPFL), nous avons décidé, d'entente avec la Direction du SEE, d'envisager l'analyse détaillée de ce bâtiment dans une étape ultérieure.

Cette décision s'appuie également sur le fait que la pompe à chaleur (PAC), qui récupère les rejets thermiques du Centre de calcul pour préchauffer l'eau chaude sanitaire des bâtiments du site EPFL, prélève son électricité sur le réseau « Force » du bâtiment de Mathématiques.

Nous nous limiterons donc, dans ce présent rapport, à la présentation des résultats de la première partie de l'analyse du bâtiment de Mathématiques.

8.1 Suivi hebdomadaire de la consommation des réseaux d'alimentation « Force », « Force-Service », « Lumière-Mesure », « Force-Onduleur »

Le graphique de la page suivante représente le profil de consommation des 4 groupes de distributions au fil des semaines.

Ces profils sont très réguliers.

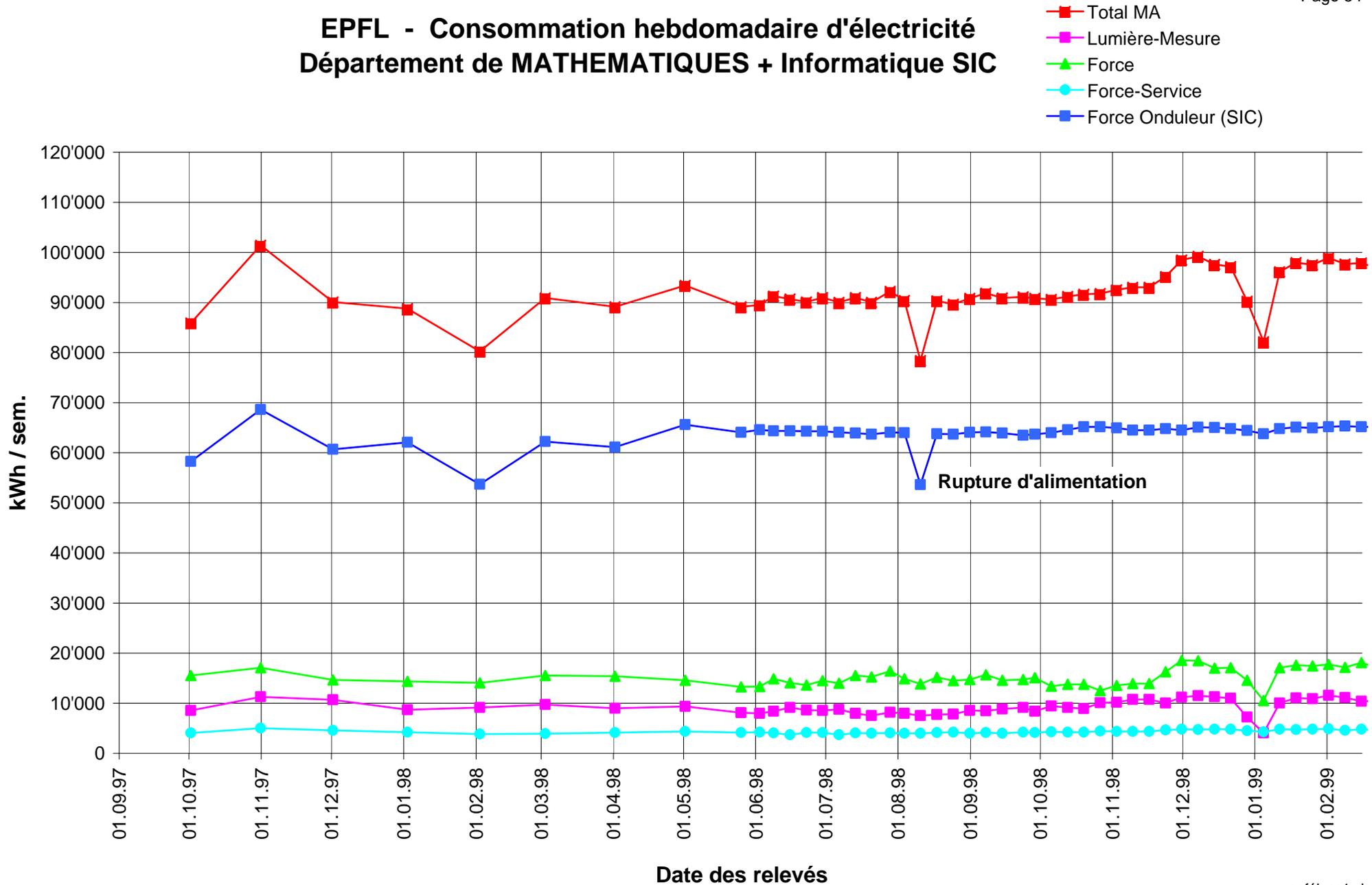
Le réseau « Force », qui alimente notamment la PAC-ECS, est très stable tout au long de l'année, avec une augmentation dès la mi-novembre 1998.

Le réseau « Force-Service » est très constant.

Le réseau « Lumière-Mesure » présente une légère variation saisonnière (été – hiver), probablement en relation avec la durée journalière de l'éclairage.

Le réseau « Force-Onduleur » est très régulier. Le « creux » de la semaine du 10. 08. 98 correspond à une interruption d'alimentation des onduleurs durant 1 journée environ.

EPFL - Consommation hebdomadaire d'électricité Département de MATHÉMATIQUES + Informatique SIC



8.2 Courbe de charge des réseaux d'alimentation « Force », « Force-Service » « Lumière-Mesure », « Force-Onduleur »

Les graphiques des puissances moyennes quart-horaires pour les quatre réseaux de distribution d'électricité du bâtiment sont représentés dans les pages suivantes.

Visualdiagno, version 1.20.14

François Vuille

Référence: EPFL - SEE / Département de Mathématique - MA + SIC, BT / Puissance électrique quart-horaire

EPFL-MA / FS, LM, F1, F onduleur

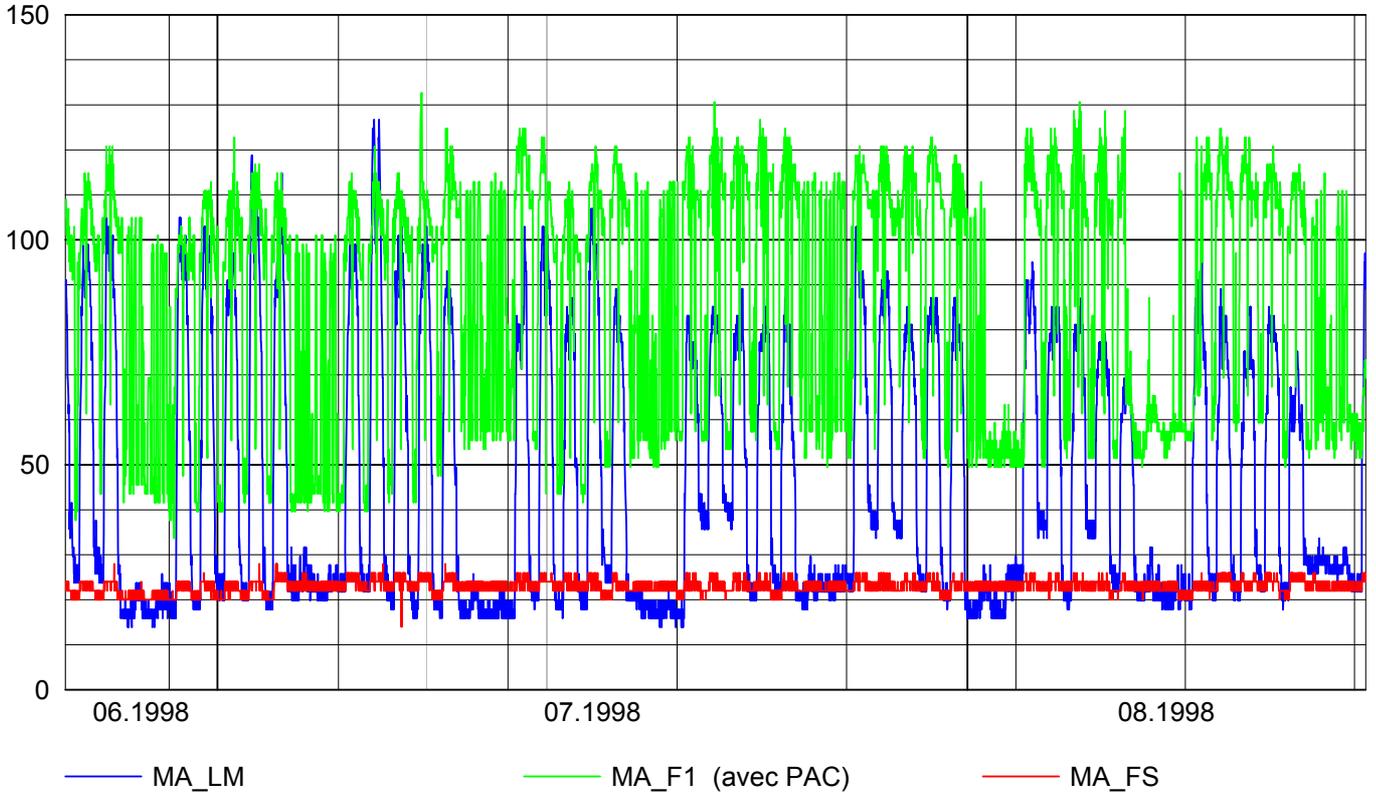
Module: VNR DAU 32/6 • V02-02D • 10219-030 / FV1

Fichier: e:\diagel~1\mes_vdg\epfma01x.vdg|e:\diagelec_pdf\mes_vdg\epfma01x.vdg

Mesures: du Me 24.06.1998 à 16:45 au Lu 17.08.1998 à 11:00, Intervalle: 15 min.

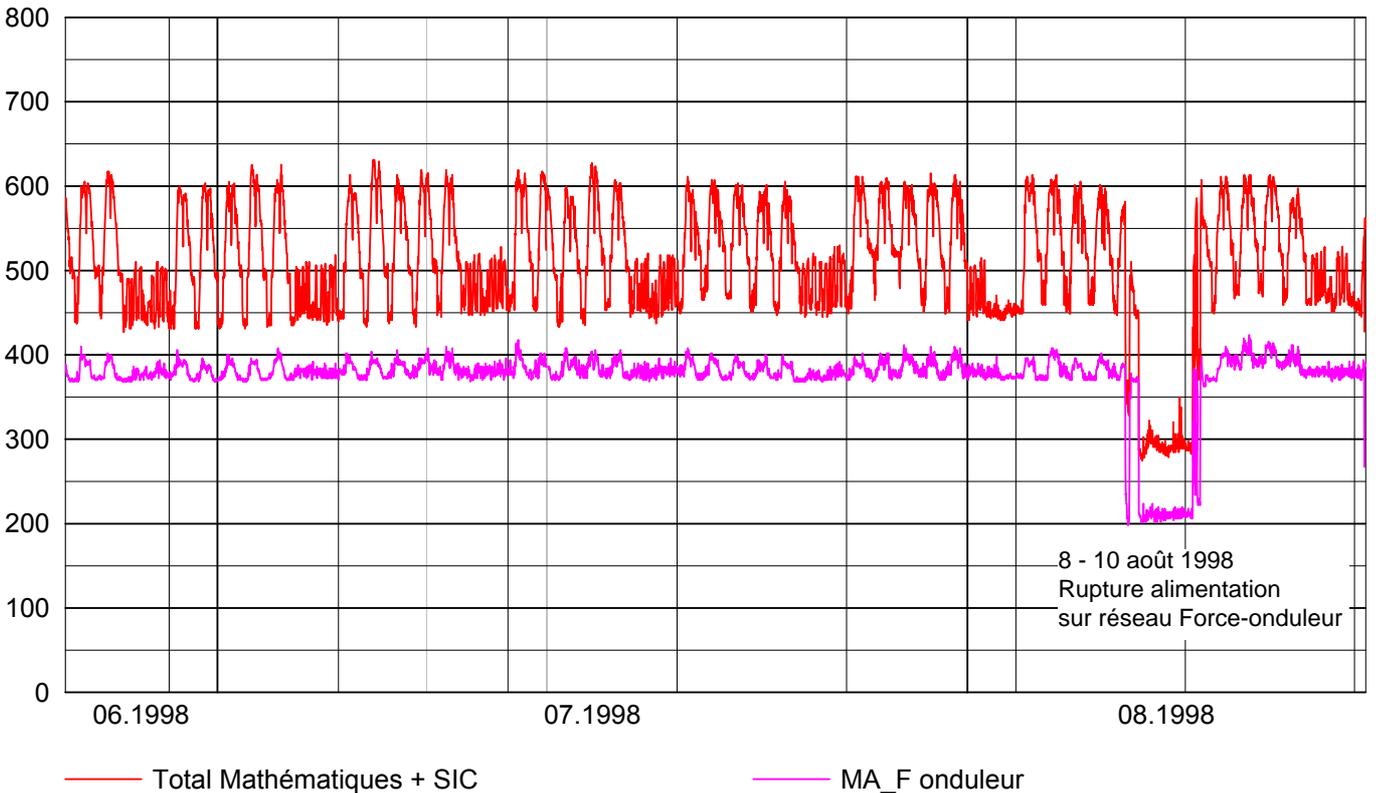
kW moy./ 1/4h

Courbe de charge électrique quart-horaire - Mathématiques : LM, FS et F1



kW moy./ 1/4h

Total EPFL - MA (+sic) et Force-onduleur



Visualdiagno, version 1.20.14

François Vuille

Référence: EPFL - SEE / Département de Mathématiques - MA + SIC, BT / Puissance électrique quart-horaire

EPFL-MA / FS, LM, F1, F onduleur

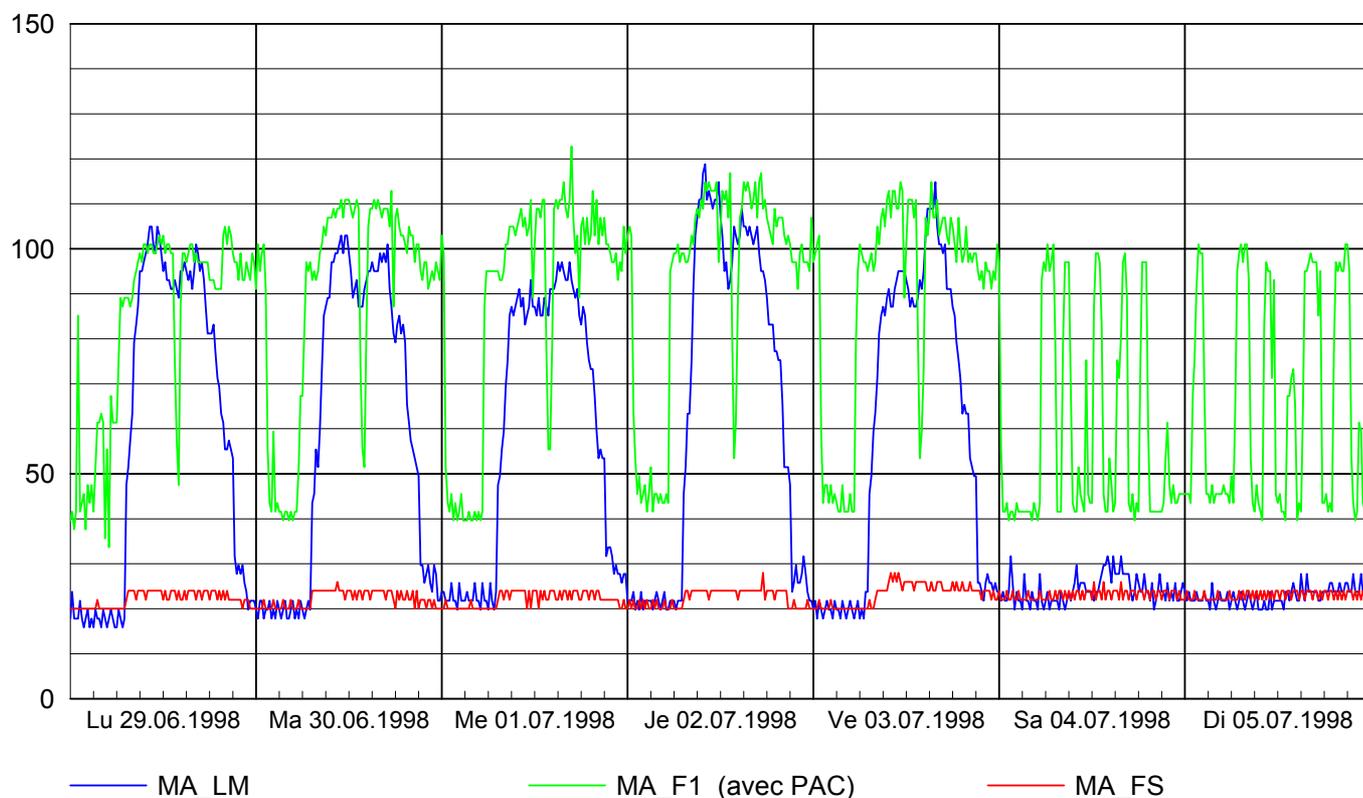
Module: VNR DAU 32/6 • V02-02D • 10219-030 / FV1

Fichier: e:\diagel~1\mes_vdg\epfma01x.vdg|e:\diagelec_pdf\mes_vdg\epfma01x.vdg

Mesures: du Me 24.06.1998 à 16:45 au Lu 17.08.1998 à 11:00, Intervalle: 15 min.

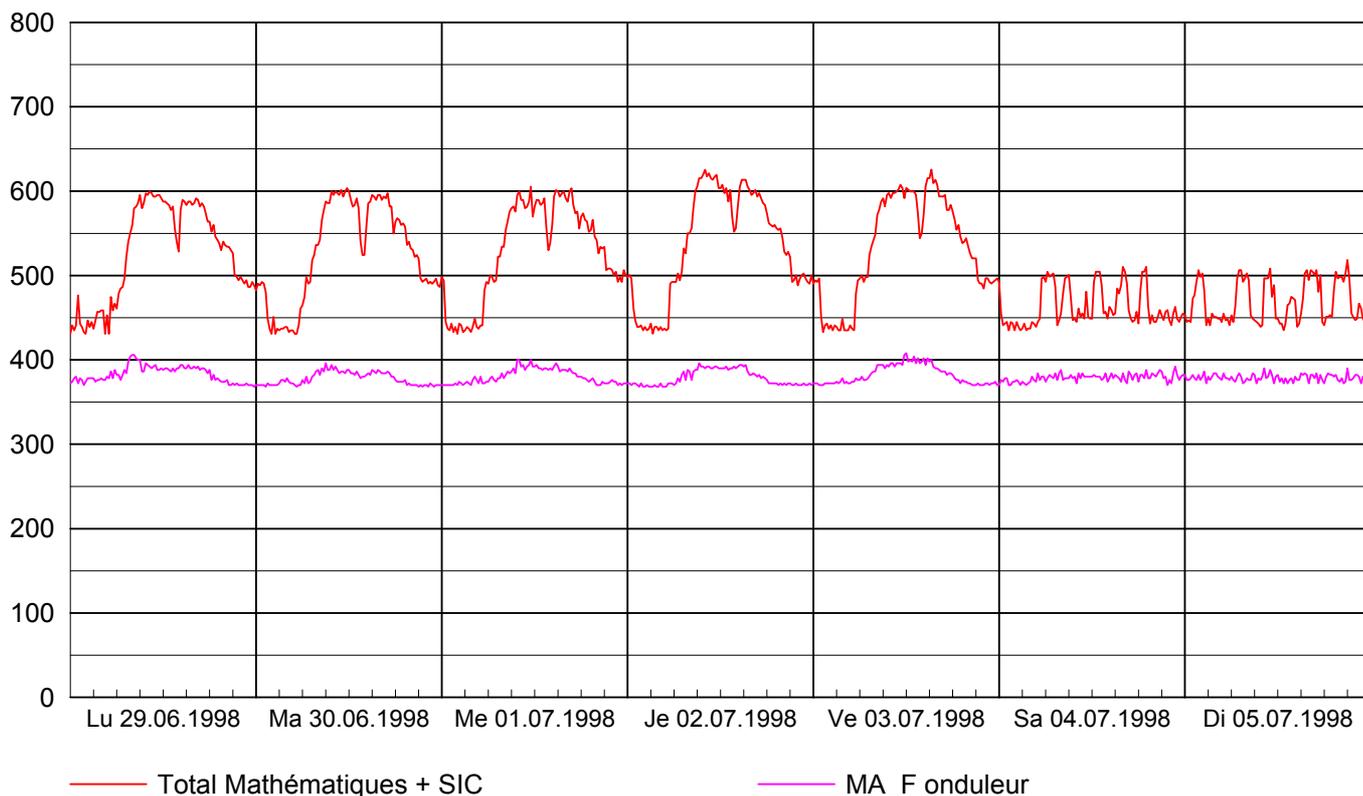
kW moy./ 1/4h

Courbe de charge électrique quart-horaire - Mathématiques : LM, FS et F1



kW moy./ 1/4h

Total EPFL - MA (+sic) et Force-onduleur

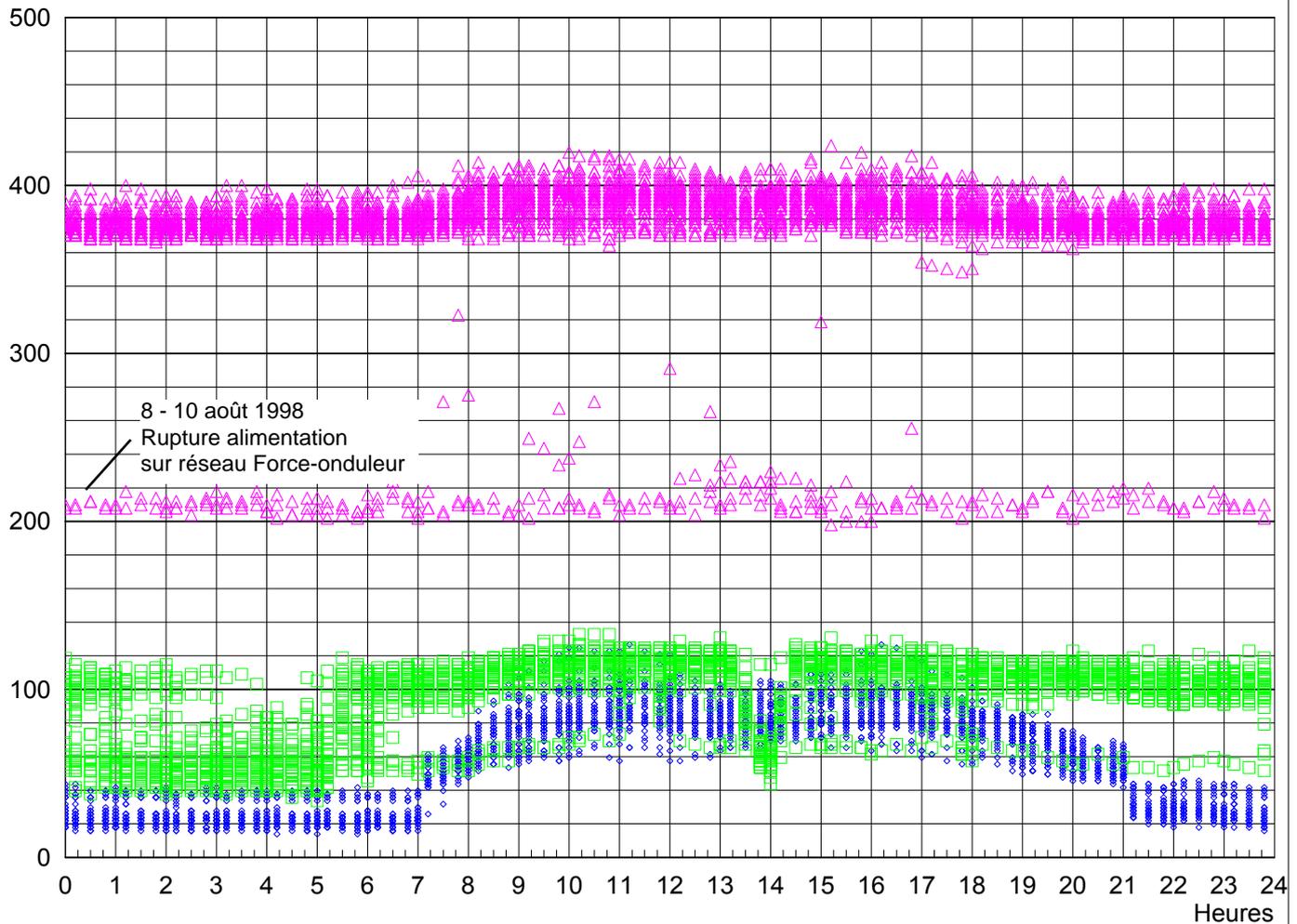


Visualdiagno, version 1.20.14**François Vuille****Référence:** EPFL - SEE / Département de Mathématique - MA + SIC, BT / Puissance électrique quart-horaire

Jour-type LM, Fondul

Module: VNR DAV 32/6 • V02-02D • 10219-030 / FV1**Fichier:** e:\diagel~1\mes_vdg\epfma01x.vdg|e:\diagelec_pdf\mes_vdg\epfma01x.vdg**Mesures:** du Me 24.06.1998 à 16:45 au Lu 17.08.1998 à 11:00, **Intervalle:** 15 min.

kW moy./ 1/4h

Mathématiques / Profil-type jour ouvrable LM et F-onduleur

- △ — **MA_F-onduleur; droite: $y = 0.1534x + 372.3$; nb points: 5'155; r^2 : 0.0008; écart-type: 37.74**
 X: Heure
 Y: MA_Fondul*nTI_1500*i_0_033*4
 Jours: Lu-Ma-Me-Je-Ve-Sa-Di; heures: 00:00-24:00; période: Me 24.06.1998 17:00 - Lu 17.08.1998 11:00
- ◇ — **MA_LM; droite: $y = 1.493x + 38.05$; nb points: 3'619; r^2 : 0.1313; écart-type: 26.7**
 X: Heure
 Y: MA_LM*nTI_1500*i_0_033*4
 Jours: Lu-Ma-Me-Je-Ve; heures: 00:00-24:00; période: Me 24.06.1998 17:00 - Lu 17.08.1998 11:00
- — **MA_F1 (avec PAC); droite: $y = 1.819x + 73.43$; nb points: 3'619; r^2 : 0.2759; écart-type: 20.48**
 X: Heure
 Y: MA_F1*nTI_1500*i_0_033*4
 Jours: Lu-Ma-Me-Je-Ve; heures: 00:00-24:00; période: Me 24.06.1998 17:00 - Lu 17.08.1998 11:00

8.3 Bilan général annuel du Département de Mathématiques, répartition par groupes d'utilisateurs

La répartition des consommations d'électricité pour les quatre réseaux de distribution figure à la page suivante.

L'indice énergétique électrique (IDE) de 1'197 MJ/m².a doit être interprété avec circonspection.

En effet, la consommation du Centre de calcul ne concerne pas seulement le Département de Mathématiques, mais tout le site de l'EPFL ainsi que les différents organismes rattachés à l'ordinateur central de l'EPFL.

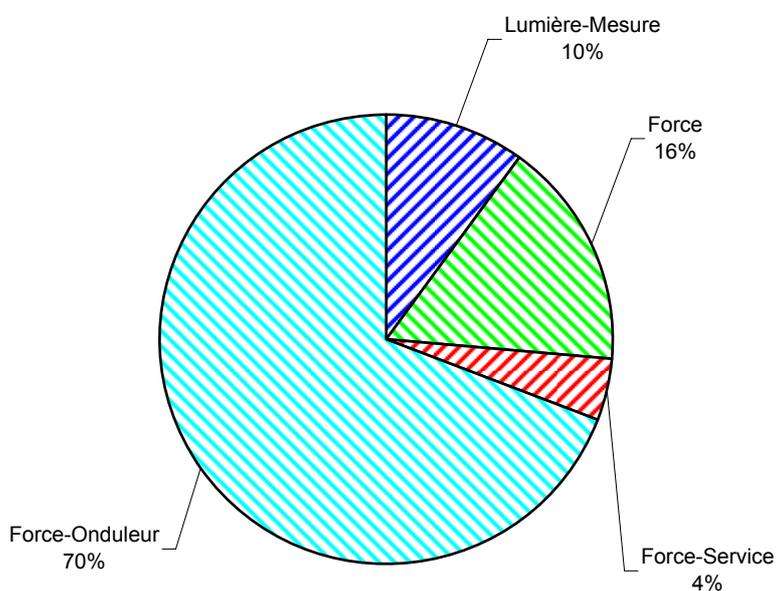
De même, une grande partie de l'électricité enregistrée sur le réseau « Force » alimente une pompe à chaleur (PAC) située dans le bâtiment de Mathématiques.

Cette installation récupère notamment la chaleur de refroidissement de l'ordinateur central pour produire l'eau chaude sanitaire du site EPFL.

A ce stade de l'étude, il est donc difficile d'apprécier la consommation électrique spécifique de ce bâtiment des Mathématiques.

Bilan de la consommation annuelle d'électricité du Départements de Mathématiques

Répartition de la consommation par type d'utilisation (y compris SIC)



	kWh/an	%
Lumière - Mesure	464'115	10%
Force	763'875	16%
Force - Service	209'000	4%
Onduleur Ordinateur	3'224'595	69%
Total Mathématiques	4'661'585	100%

9. Courbe de charge de l'alimentation électrique « Général EPFL » depuis le réseau 50kV du SIE (alimentation STT 50/20 kV)

9.1 Données

Les données qui ont permis d'établir les graphiques présentés dans les pages suivantes proviennent de la base de données du SIE, soit les valeurs de puissance moyenne quart-horaire telles qu'elles sont enregistrées sur le compteur de l'alimentation générale 50kV de l'EPFL (compteur SIE).

La puissance moyenne quart-horaire est une valeur intégrée de la puissance consommée sur une période de 15 minutes.

Cette grandeur a l'avantage de permettre un calcul de bilan énergétique (kWh) sur des périodes plus longues telles que l'heure, la journée, la semaine, le mois ou l'année.

Nous avons pu obtenir auprès de la Compagnie distributrice SIE ces données sur support informatique.

Le SIE nous transmet au début de chaque mois les données du mois écoulé.

A titre indicatif, le Service électrique de l'EPFL (SEE) enregistre en permanence la puissance instantanée du réseau EPFL. La mesure est faite toutes les 2 secondes. Il ne s'agit pas de valeurs intégrées.

9.2 Représentations graphiques de la courbe de charge « Général EPFL / SIE »

Les données de puissance moyenne quart-horaire fournies par le SIE ont été transcrites sous forme de graphiques qui sont présentés dans les pages suivantes.

Ces graphiques ont été annotés pour repérer différentes phases caractéristiques observées ces six derniers mois.

9.3 Suivi hebdomadaire de la consommation du site EPFL 1999 - 2000

(Complément à l'édition originale du 1^{er} mars 1999)

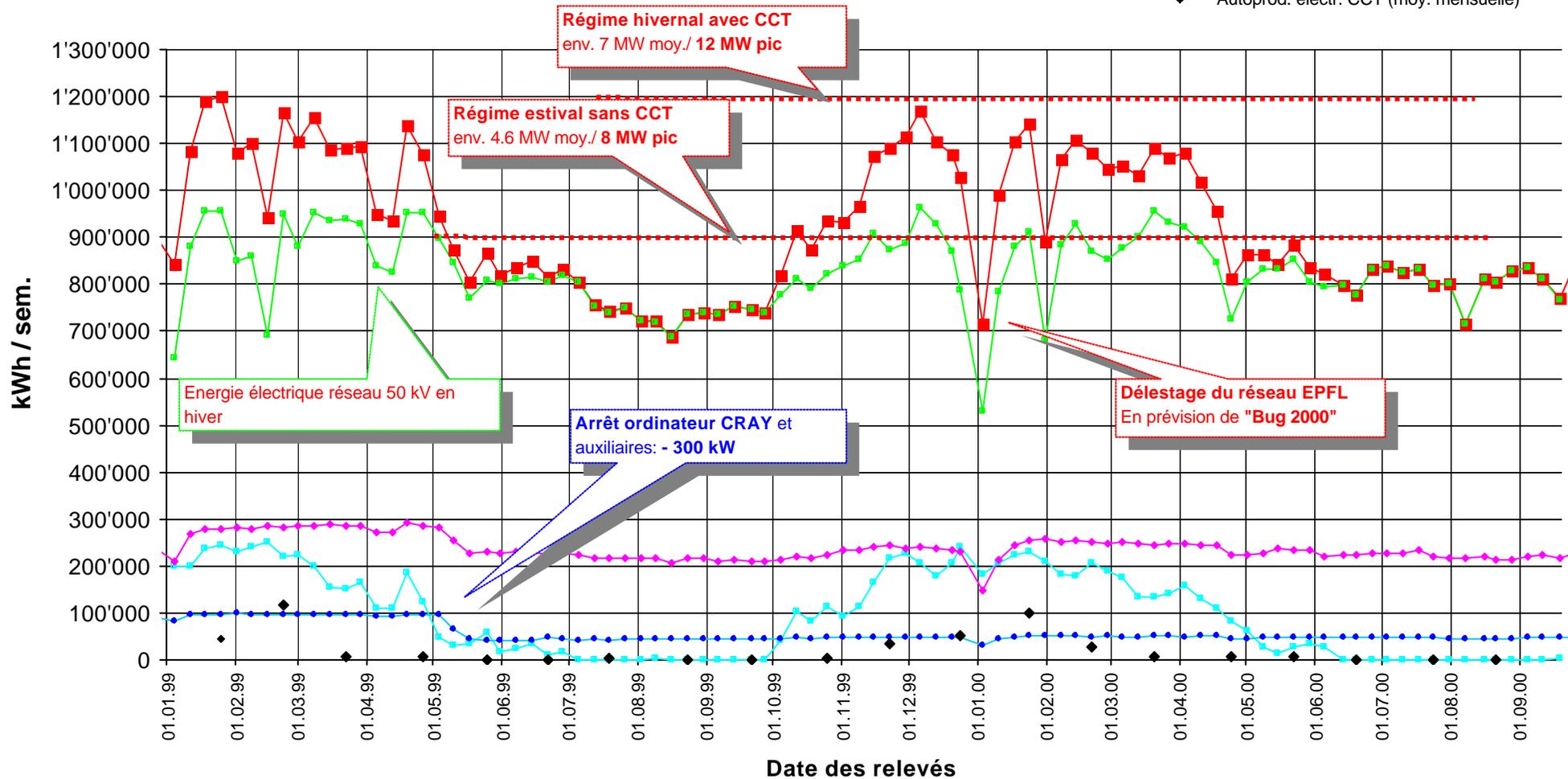
L'évolution hebdomadaire de la consommation totale du site, ainsi que la contribution des 3 bâtiments analysés (PH - CH et MA) et de l'énergie électrique des 2 thermopompes de la centrale thermique CCT, sont représentés dans le graphique de la page suivante (période 1999 -2000).



EPFL - Consommation hebdomadaire d'électricité

Réseau 50 kV SIE, production / consommation CCT et 3 gros consommateurs du site (PH+CH+MA)

- Station 50/20 kV
- Gén. EPFL sans PAC-CCT
- PAC-CCT
- Total PH+CH+MA
- Tot. MA
- ◆ Autoprod. électr. CCT (moy. mensuelle)



Visualdiagno, version 1.20.14

François Vuille

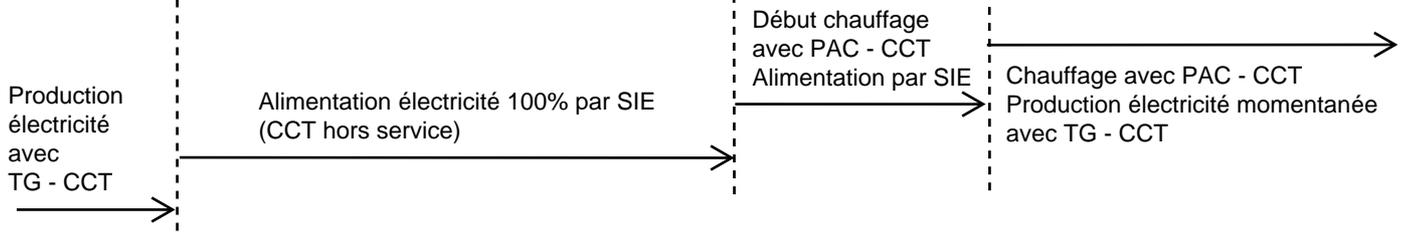
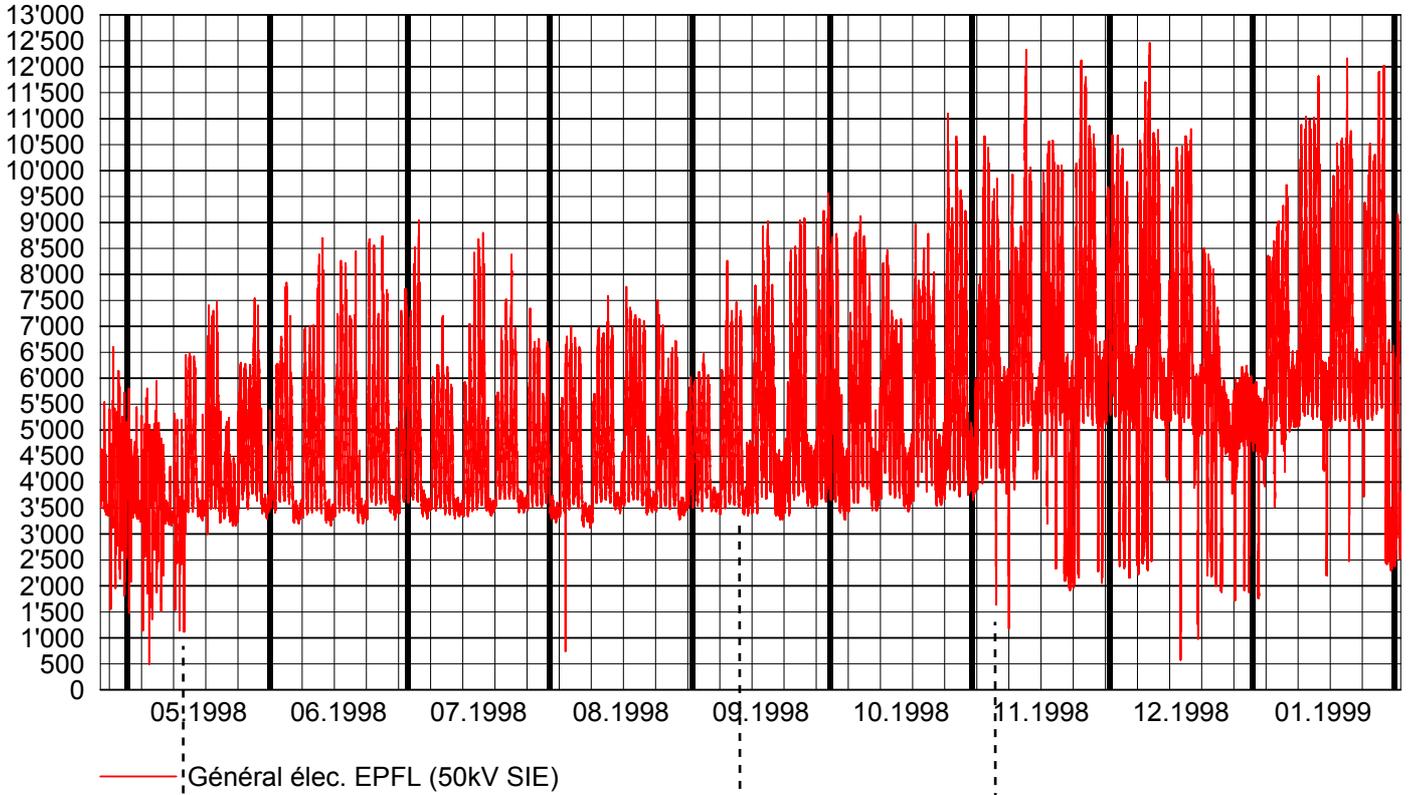
Référence: EPFL - SEE / Alimentation générale du site EPFL, station 50kV (SIE)
EPFL - Alimentation générale 50kV réseau SIE

Module: Data-GYR • Vxxxx • D 2000

Fichier: e:\diagel~1\mes_vdg\99y01sie.vdg|e:\diagelec_pdf\mes_vdg\99y01sie.vdg

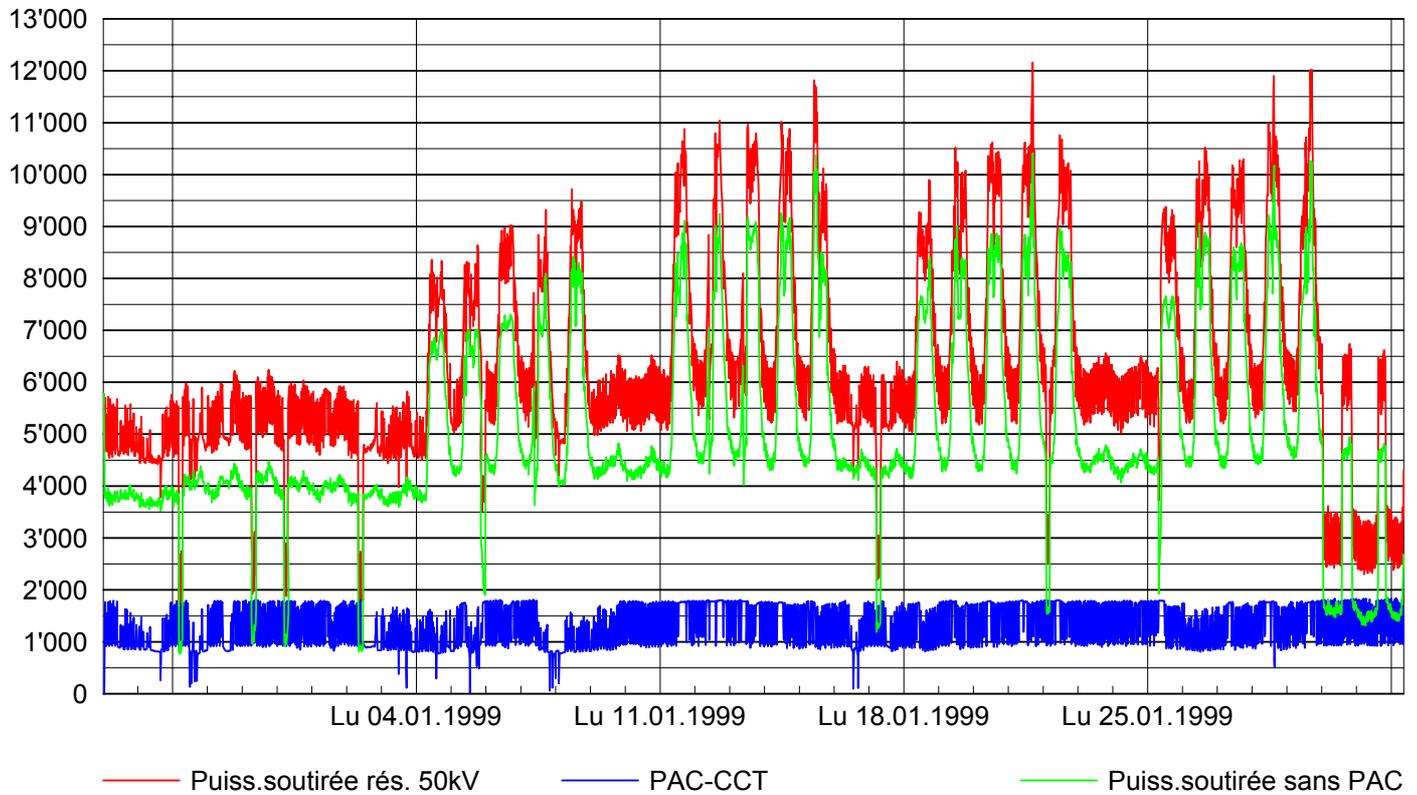
Mesures: du Sa 25.04.1998 à 00:00 au Ma 02.02.1999 à 08:30, Intervalle: 15 min.

kW moy. 1/4h **Courbe de charge électrique quart-horaire - Alim. gén. EPFL / 50kV**



Visualdiagno, version 1.20.14**François Vuille****Référence:** EPFL - SEE / Alimentation générale du site EPFL, station 50kV (SIE)
Général EPFL et PAC-CCT**Module:** Data-GYR • Vxxxx • D 2000**Fichier:** e:\diagel~1\mes_vdg\99y01sie.vdg|e:\diagelec_pdf\mes_vdg\99y01sie.vdg**Mesures:** du Sa 25.04.1998 à 00:00 au Ma 02.02.1999 à 08:30, **Intervalle:** 15 min.

kW moy./ 1/4h

Puissance soutirée s./ réseau 50kV SIE et fonctionnement des PAC-CCT

Visualdiagno, version 1.20.14

François Vuille

Référence: EPFL - SEE / Alimentation générale du site EPFL, station 50kV (SIE)

Jour-type avec CCT

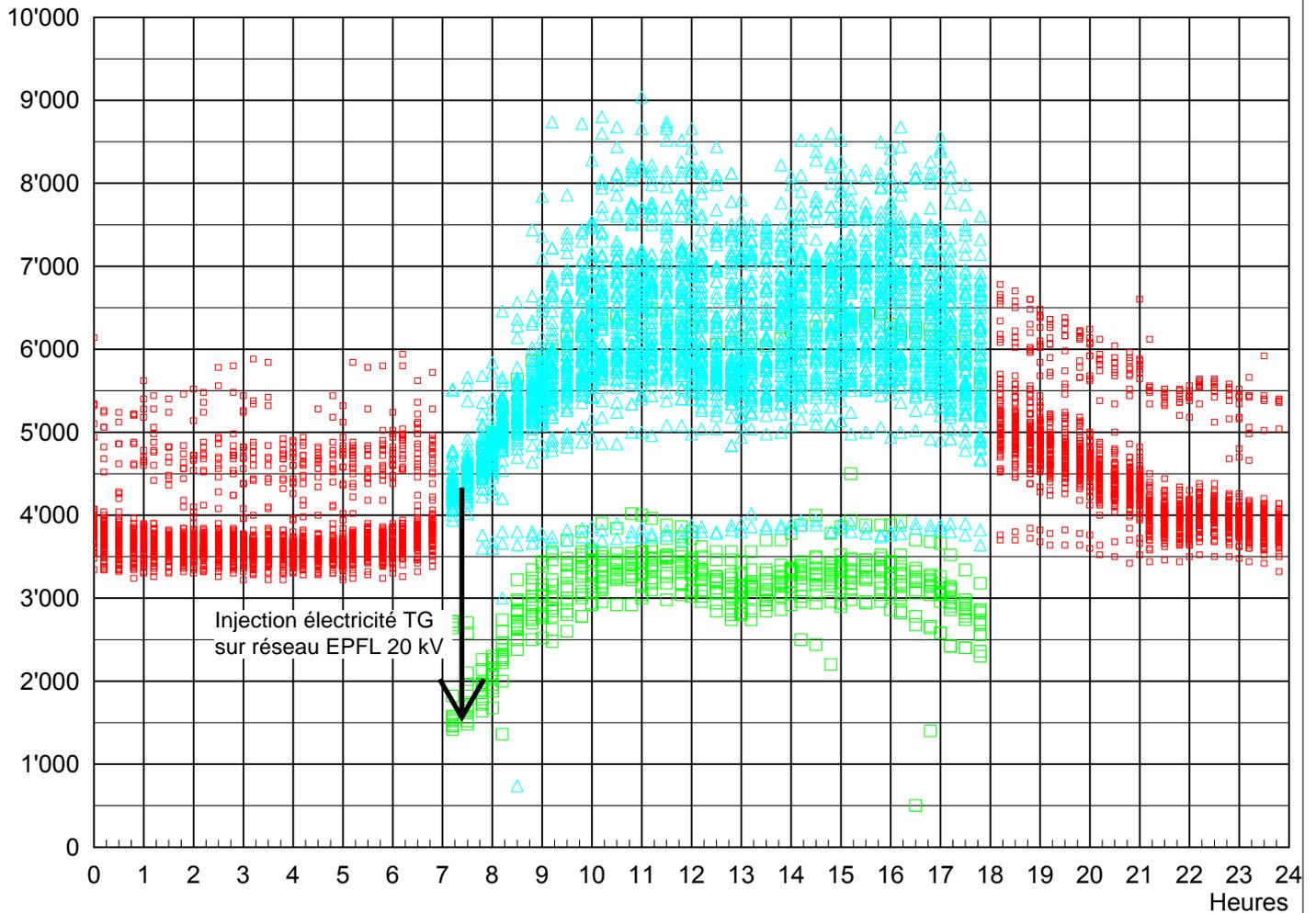
Module: Data-GYR • Vxxxx • D 2000

Fichier: e:\diagel~1\mes_vdg\99y01sie.vdg|e:\diagelec_pdf\mes_vdg\99y01sie.vdg

Mesures: du Sa 25.04.1998 à 00:00 au Ma 02.02.1999 à 08:30, Intervalle: 15 min.

kW moy./ 1/4h

Alimentation générale EPFL / 50kV - Profil-type journalier avec / sans CCT



- — **Matin sans CCT; droite: $y = 19.65x + 3'707$; nb points: 2'458; r^2 : 0.0079; écart-type: 430.1**
 X: Temps
 Y: Puissance*Const_compt
 Jours: Lu-Ma-Me-Je-Ve; heures: 00:00-06:45; période: Sa 25.04.1998 00:15 - Ma 01.09.1998 00:15
- — **Soir sans CCT; droite: $y = -8.088x + 4'590$; nb points: 2'184; r^2 : 0.0034; écart-type: 626.4**
 X: Temps
 Y: Puissance*Const_compt
 Jours: Lu-Ma-Me-Je-Ve; heures: 18:00-00:00; période: Sa 25.04.1998 00:15 - Ma 01.09.1998 00:15
- — **Prise en charge CCT; droite: $y = 82.37x + 2'282$; nb points: 602; r^2 : 0.0667; écart-type: 956.4**
 X: Temps
 Y: Puissance*Const_compt
 Jours: Lu-Ma-Me-Je-Ve; heures: 07:00-17:45; période: Sa 25.04.1998 00:15 - Ve 15.05.1998 00:30
- △ — **Sans prise en charge CCT; droite: $y = 122x + 4'512$; nb points: 3'354; r^2 : 0.1562; écart-type: 880.8**
 X: Temps
 Y: Puissance*Const_compt
 Jours: Lu-Ma-Me-Je-Ve; heures: 07:00-17:45; période: Je 14.05.1998 00:15 - Ma 01.09.1998 00:15

Visualdiagno, version 1.20.14

François Vuille

Référence: EPFL - SEE / Alimentation générale du site EPFL, station 50kV (SIE)

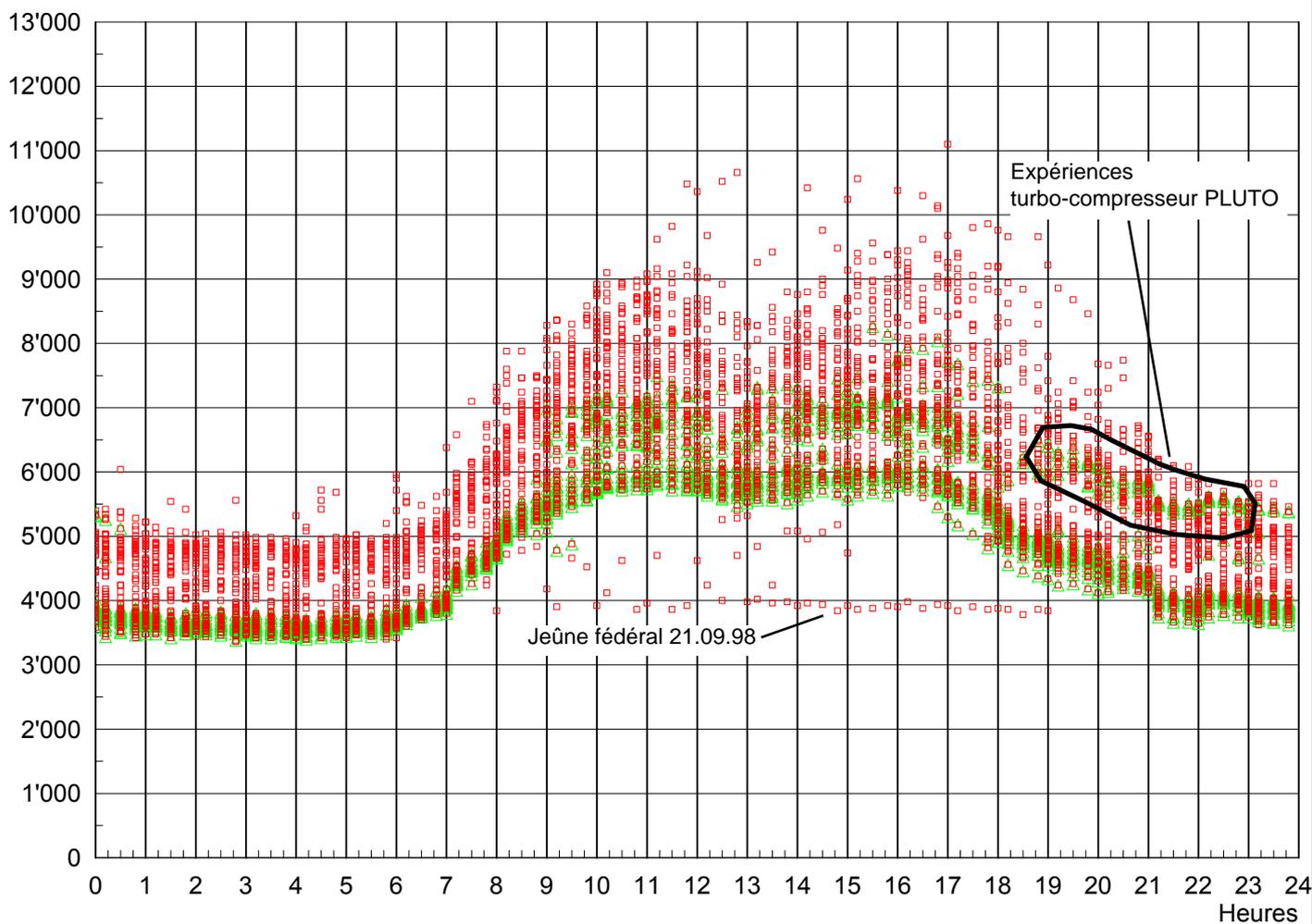
Avec et sans PAC

Module: Data-GYR • Vxxxx • D 2000

Fichier: e:\diagel~1\mes_vdg\99y01sie.vdg|e:\diagelec_pdf\mes_vdg\99y01sie.vdg

Mesures: du Sa 25.04.1998 à 00:00 au Ma 02.02.1999 à 08:30, Intervalle: 15 min.

kW moy./ 1/4 h **Courbe de charge électrique "Général EPFL / SIE", avec et sans PAC**



△ — Sans PAC; droite: $y = 68.8x + 4'168$; nb points: 1'920; r^2 : 0.1609; écart-type: 1'089

X: Temps

Y: Puissance*Const_compt

Jours: Lu-Ma-Me-Je-Ve; heures: 00:00-24:00; période: Lu 17.08.1998 00:15 - Sa 12.09.1998 00:15

□ — Avec PAC; droite: $y = 64.78x + 4'761$; nb points: 5'570; r^2 : 0.0950; écart-type: 1'386

X: Temps

Y: Puissance*Const_compt

Jours: Lu-Ma-Me-Je-Ve; heures: 00:00-24:00; période: Je 13.08.1998 00:15 - Ma 03.11.1998 00:30

10. Résumé et Conclusions,

10.1 Cadre du projet « DIAGELEC » et objectifs visés

« DIAGELEC » est un projet qui a été initié dans le cadre d'un partenariat entre le Programme « High Tech » implanté sur le site du Parc Scientifique et Technologique de l'EPFL (PSE), et le Service Electrique de l'EPFL.

Ce projet vise deux objectifs complémentaires.

Il s'agit d'une part de **mettre au point une méthode d'analyse systématique de la structure de la consommation d'électricité de bâtiments importants ou ensembles de bâtiments afin d'établir des bilans énergétiques et financiers.**

- Comment l'électricité se distribue-t-elle dans le bâtiment, à quoi sert-elle ?
- Quel est le coût de l'énergie électrique utilisée pour effectuer telle ou telle prestation ?

D'autre part, **en travaillant sur un « terrain d'expérimentation » pour développer la méthode d'analyse (les Département de Physique, Chimie et Mathématiques de l'EPFL), il est possible d'adapter la démarche au contexte réel de l'exploitation des bâtiments**, en intégrant certains paramètres importants :

- Saisie des données, mesures en phase d'exploitation normale du bâtiment.
- Prise en compte d'observations « sur le terrain », du comportement et des remarques des utilisateurs, pour pondérer ou relativiser le résultat de calculs ainsi que les conclusions qui en découlent.
- Les démarches ou opérations qui nécessitent la collaboration de personnes rattachées à l'un ou l'autre des Services s'intègrent mieux aux structures habituelles des services.
- Lors de l'analyse, il est possible de percevoir certains aspects « subjectifs » dans la perception et l'attitude des partenaires concernés, de l'utilisateur au responsable de Service.
Ces informations sont très importantes lorsque l'on veut favoriser l'information, la communication et la motivation des différents partenaires.

Outre le fait que le bilan détaillé permet de comprendre où passe l'électricité et quel est le coût de telle ou telle prestation, l'application de la méthode permet de repérer certaines anomalies ou incohérences, ainsi que de quantifier rapidement l'effet de telle ou telle mesure d'amélioration.

Cette démarche « DIAGELEC » est une approche technique de l'utilisation de l'électricité dans les bâtiments. Elle se limite à la mise en évidence de valeurs mesurées et à la représentation graphique du profil de consommation d'électricité des principaux consommateurs.

La prise en charge de ces observations, des conclusions qui en découlent ainsi que la suite à donner aux différents points relevés dans l'analyse sort du domaine d'investigation « DIAGELEC ».

Ces tâches incombent aux Directions des services concernés.

10.2 Méthode d'analyse de la consommation électrique des bâtiments

La démarche débute avec la **récolte des données existantes du bâtiment** : référence aux appareils de mesures et de comptage (hardware), disponibilité des données énergétiques et financières auprès des Services concernés (relevés de consommation, factures d'électricité).

Des **outils logiciels et du matériel de mesure** ont été développés pour traiter ces données et pour compléter l'informations manquante dans les domaines où elle fait défaut.

La méthode repose sur l'**analyse des consommations relevées à périodes fixes** : l'année, le mois, la semaine, le jour, le 1/4heure.

Ces relevés sont effectués à différents niveaux du circuit de distribution, de l'alimentation générale du bâtiment jusqu'à l'appareil électrique.

Le travail consiste à **établir des bilans périodiques de consommation par regroupement d'utilisateurs à ces différents niveaux**.

Chaque bilan de consommation est comparé avec les données mesurées au niveau supérieur de la distribution électrique.

On dispose d'un certain nombre de redondances qui permettent d'assurer un bon niveau de précision et de représentativité des résultats.

La saisie des données complémentaires utiles pour l'analyse de détail est organisée sous forme de campagnes de mesures ponctuelles qui sont limitées dans le temps (1 jour, 1 semaine ou 1 mois). Les mesures son effectuées dans des périodes caractéristiques.

Les bilans détaillés sont présentés lorsque toutes les composantes mesurées et calculées, mises en relation entre elles, correspondent au phénomène effectivement mesuré sur les compteurs d'électricité.

La précision obtenue avec une telle méthode d'analyse est de l'ordre de 3 à 15%.

Cette précision est suffisante dès l'instant où il s'agit de situer les points critiques, de définir des priorités d'interventions et non de procéder à une répartition des coûts sur la base du bilan détaillé.

10.3 Les bilans énergétiques

Les bilans énergétiques globaux, établis pour chaque bâtiment en fonction des catégories d'utilisateurs (Lumière-Mesure, Force, CVSE), sont présentés aux chapitres 3.1 et 3.2.

On remarque que les trois **Départements de Physique, Chimie et Mathématiques** consomment à eux - seuls environ 40% de la consommation totale d'électricité du site de l'EPFL.

La facture annuelle d'électricité pour ces trois Départements est de l'ordre de **2'400'000,--Fr./an en 1998 (1'700'000,--Fr. avec le nouveau tarif 1999)**.

Ces trois Départements, parmi les plus gros consommateurs, ont un **Indice énergétique électrique (IDE_é) élevé : 600 MJ/m².a**, alors que la Recommandation SIA 380/1 prescrit des **valeurs indicatives, pour des bâtiments « Hautes écoles », de 250 à 300MJ/m².a pour les bâtiments existants, et 200 MJ/m².a pour des bâtiments à construire**.

Le facteur de surconsommation de 2 ou 3 observé sur ces trois Départements de l'EPFL, par rapport à des valeurs de référence, situe l'importance du potentiel d'amélioration et justifie une étude complémentaire pour définir précisément les éléments sur lesquels il faut intervenir, et avec quelles priorités.

La répartition de la consommation prélevée sur les réseaux « Force », « Force-Service » et « Lumière-Mesures » est assez semblable dans les Département de Physique et Chimie, soit :

- Environ 50% sur le réseau « Force-Service », pour le fonctionnement des équipements CVS

- Environ 25 % sur le réseau « Force », pour l'alimentation des gros consommateurs triphasés et la grande majorité de l'informatique des bureaux.
- Environ 25% sur le réseau « Lumière-Mesure », pour l'éclairage et les appareils de mesures de laboratoire.

La part de la consommation consacrée au conditionnement des locaux (Ventilation – climatisation) est très importante !

Schématiquement, on peut remarquer que la moitié de l'énergie électrique consommée par les bâtiments de Physique et de Chimie est consacrée à la ventilation d'une partie des locaux, alors que l'électricité utilisée pour l'éclairage, l'informatique et les équipements de laboratoires de tous les locaux représente l'autre moitié de la consommation.

La charge thermique à évacuer est donc une fraction de l'énergie consommée par les équipements de ventilation.

On peut en déduire que **le rendement global du système de ventilation – climatisation est mauvais**, ceci d'autant plus que l'énergie de refroidissement provient de l'eau froide du Lac, et non du réseau électrique.

L'énergie électrique consommée par les moteurs des ventilateurs est transformée en chaleur à cause des pertes du groupe moteur-ventilateur et les pertes de charges le long du réseau des gaines et agrégats de ventilation. Cette chaleur se rajoute aux rejets thermiques dans les locaux et doit être évacuée à l'extérieur. (Dans certaines installations, cette énergie thermique contribue au chauffage des locaux par l'intermédiaire de récupérateurs de chaleur)

En observant le bilan des consommations électriques des Départements de Physique et Chimie, on constate que **plus de la moitié de l'énergie est consommée dans des processus qui sont sous contrôle direct des Services de l'Ecole (SEE, SE)** en ce qui concerne le pilotage et l'entretien des installations CVSE.

L'autre partie de la consommation est sous contrôle des utilisateurs, soit les chercheurs et les unités académiques.

Cette constatation situe le niveau des compétences et responsabilités respectives en matière de comportement à et de choix vis à vis des questions énergétiques.

Concernant le Département de Mathématiques avec le SIC, nous nous limitons à la présentation du bilan global présenté au chapitre 8.

Ce Département et son Centre informatique (SIC), qui est au service de toutes les unités de l'EPFL, pourra être analysé ultérieurement.

10.4 Le potentiel d'économie énergétique et financier

Les économies d'électricité envisageables se situent à deux niveaux :

- **Améliorations à apporter au mode d'exploitation des installations existantes**, en améliorant certains réglages et en optimisant le fonctionnement des équipements. **Ces mesures ne nécessitent pas d'investissement.**

Le potentiel d'économie est de l'ordre de 5 à 10% de la consommation globale des trois bâtiments, soit une économie de 120'000,-- à 240'000,--Fr./an. en 1998, ou 87'000,-- à 167'000,--Fr./an en 1999.

Les partenaires concernés sont les Services de l'Ecole pour tout ce qui concerne la gestion des équipements CVSE, et les Directions des instituts ainsi que tous les collaborateurs de l'EPFL qui utilisent l'énergie électrique pour la recherche et la formation des ingénieurs.

- **Améliorations à apporter à l'occasion de transformations et réfection des bâtiments et des équipements techniques. Ces améliorations impliquent des investissements** qui doivent être rentabilisés.
Le potentiel d'économie est variable selon la nature des travaux envisagés. Il se situe entre 10 et 20% de la consommation totale.

Dans ces cas de transformations, les Services concernés procèdent à des études particulières pour le choix des solutions les plus intéressantes. Des mandataires externes sont aussi sollicités pour étudier les dossiers et réaliser les projets.

Cette première analyse des 3 Départements de Physique, Chimie et Mathématiques montre qu'il existe un potentiel d'économie de l'ordre de 10% ne nécessitant pas d'investissement.

Ces 10% d'économie d'électricité sont un ordre de grandeur que l'on observe dans la quasi totalité des cas d'analyse de bâtiments existants du même âge ou plus anciens ; de nombreuses études l'ont démontré.

En se référant à la consommation totale d'électricité de l'EPFL, **il n'est pas illusoire de penser qu'une économie globale de 5 à 10% soit réalisable sur l'ensemble des bâtiments du site EPFL, représentant au total une économie de 2'000'000 à 4'000'000 kWh d'électricité par année.**

Il s'agit d'améliorer le mode d'exploitation des équipements électriques et favoriser prise de conscience des utilisateurs.

Sur la facture totale annuelle d'électricité de l'EPFL, cela représente une **économie financière de l'ordre de 500'000,--Fr./an.**

10.5 Références pour la planification des transformations et constructions futures

Lors de la planification des projets de transformations ou d'assainissement des équipements techniques CVSE, on se trouve toujours confronté aux problèmes de dimensionnement des installations et de définition du niveau des standards de qualité des prestations à assurer.

Entre les exigences maximalistes et les solutions minimalistes choisies pour des raisons budgétaires notamment, il y a toute une plage de solutions envisageables qui peuvent satisfaire aux exigences de base.

L'information récoltée et les constatations faites au fil du temps par le Service d'exploitation, ainsi que les données quantitatives détaillées acquises durant ce projet « DIAGELEC », constituent un savoir-faire qui vaut la peine de valoriser à l'occasion des nouveaux projets.

Il s'agit de « boucler la boucle », soit de transmettre ces informations et ce savoir-faire au concepteur, que ce soit le représentant le Maître d'œuvre ou son représentant, l'Ingénieur mandataire, ou l'installateur.

10.6 Questions ouvertes pour la suite du projet

Le présent rapport met en évidence certains points importants qui expliquent les raisons de la consommation d'électricité élevée dans les bâtiments de Physique, Chimie et Mathématiques, notamment en relation avec les équipements CVSE.

Un certain nombre de phénomènes relevés au cours de l'analyse et présentés dans les chapitres respectifs méritent d'être pris en considération ; ils peuvent rapidement aboutir à des économies se situant entre 10'000,-- et 100'000,--Fr./an.

L'élément moteur qui doit permettre d'atteindre les objectifs en matière d'utilisation rationnelle de l'énergie est **avant tout la motivation de l'individu**, qu'il soit chercheur, collaborateur d'un Service ou Directeur.

La motivation s'obtient en améliorant la circulation et la qualité de l'information, et non par la contrainte de règles à observer.

Au cours du développement de ce projet et à l'occasion des multiples contacts établis avec les utilisateurs et le personnel technique notamment, nous avons constaté un intérêt manifeste pour ce genre de démarche.

Les gens semblent prêts à jouer le jeu, sont intéressés par la démarche et ses conclusions.

Toutefois, la remarque a souvent été évoquée que ce genre de démarche fonctionne trop souvent « à sens unique », sans contrepartie.

Pour des raisons de crédibilité, nous proposons que cette démarche « DIAGELEC » ait une suite, éventuellement qu'elle soit étendue à l'ensemble des unités de l'EPFL.

Voici quelques thèmes intéressants à développer :

- Publication du résultat de cette analyse auprès des collaborateurs des Départements de Physique, Chimie et Mathématique. Le type d'information à communiquer et la forme de la présentation sont à définir.
- Suivi périodique des consommations d'électricité sur le site de l'EPFL : sur la base de la présente expérience, vaut-il la peine de poursuivre cette opération ? A quelle fréquence ? Quels sont les moyens en matériel et en disponibilité de personnel à mettre en œuvre ?
- Le principe de l'établissement de diagnostics ponctuels basés sur des mesures enregistrées en continu est riche d'enseignements. C'est un outil de travail efficace.
Du matériel existe déjà, à disposition des Services respectifs.
Il vaudrait la peine de compléter l'instrumentation de mesures pour des applications spécifiques, et d'adapter certains logiciels de traitement des données pour faciliter le travail de traitement et d'interprétation des mesures.
- Pour tout ce qui concerne les infrastructures et l'exploitation des installations CVSE, les compétences sont partagées entre le Service d'exploitation et le Service électrique. Le Service responsable des nouvelles constructions est également concerné.
La réalisation des améliorations énergétiques dépend d'une bonne collaboration entre les personnes concernées. Il s'agit d'améliorer la communication des informations.
- L'information aux utilisateurs de l'Ecole (étudiants, chercheurs, personnel) en matière de consommation d'énergie devrait être améliorée.
- L'EPFL forme des ingénieurs de haut niveau, et les aspects de l'environnement, de la maîtrise de l'énergie et du développement durable sont des éléments importants qui sont considérés dans les cycles de formation.
L'EPFL se doit de montrer l'exemple. Les infrastructures des bâtiments, instituts et laboratoires sont d'excellents terrains d'expérimentation et de démonstration !

10.7 Remerciements

Le soussigné remercie vivement le Directeur du Programme High Tech, Monsieur Samiri ainsi que le Chef du Service électrique EPFL, Monsieur Henri Colomb, de lui avoir offert la possibilité de développer ce projet « DIAGELEC » et de lui avoir mis à disposition le matériel et le personnel pour effectuer les opérations sur le terrain, dans les meilleures conditions de travail et de sécurité.

Ces remerciements s'adressent aussi aux collaborateurs du Service électrique et du Service d'exploitation qui ont fourni leur assistance pour la réalisation pratique du projet.

Le travail important d'inventaire et d'approche typologique réalisé dans le département de Physique a pu être réalisé de façon très détaillée durant le mois d'août grâce à la collaboration d'une étudiante, Mademoiselle Valérie Perrin.

Cette collaboration intéressante s'inscrit bien dans l'esprit d'ouverture, de sensibilisation et de formation aux questions énergétiques que nous souhaitons voir développer à l'EPFL.

Lausanne, le 1^{er} mars 1999

Réédition en format.pdf, octobre 2006



François Vuille
Ingénieur ETS

11. Glossaire

Définition et explication des termes utilisés dans ce rapport

Basse tension (BT), Centrale BT, Tableau principal

Terme utilisé pour désigner le tableau de distribution électrique principal du courant basse tension ($U_s=230V$, $U_c=400V$) dans le bâtiment.

Le tableau principal est alimenté par les transformateurs 20'000/400V (20/ 0.4kV). Il comporte les disjoncteurs BT, les compteurs électriques, les barres de distributions sur lesquelles sont raccordés les coupe-circuits de protection de chaque groupe de distribution alimentant les tableaux secondaires situés dans les étages.

Certains équipements électriques particuliers sont alimentés directement depuis le tableau principal, avec des coupe-circuits de protection.

C'est sur les tableaux principaux BT de Physique, Chimie et Mathématiques qu'ont été pratiquées les mesures détaillées sur chacun de groupes de distribution alimentant les tableaux d'étages.

Centrale Chaleur-Force avec turbines à gaz (TG), Pompes à chaleur PAC (CCT)

L'EPFL est chauffée par une chaufferie centrale à thermopompes (2 unités PAC) et un complément de chaleur provenant de 2 turbines à gaz (TG).

L'électricité de la PAC provient du réseau électrique SEE et/ou deux générateurs électriques entraînés par les deux turbines à gaz installées dans la CCT (auto-production d'électricité de l'EPFL).

Une partie du site EPFL est chauffée par un réseau d'eau à basse température utilisant la chaleur générée par les 2 PAC.

Une autre partie des bâtiments est alimentée par un réseau de chauffage à moyenne température. Par temps froid, de la chaleur est soutirée au niveau des turbines pour garantir le niveau de température requis.

La CCT produit de l'électricité qui est injectée sur le réseau 20kV de l'EPFL, ceci durant des périodes en hiver.

Climatisation / Ventilation – climatisation

On peut faire la différence entre la ventilation simple, avec éventuellement un conditionnement en chaleur ou rafraîchissement de l'air comme éléments participant activement au maintien du confort dans les locaux, et la climatisation requise pour évacuer des charges thermiques particulières dans certains locaux (laboratoires, centre de calcul).

Dans les 3 Départements analysés, ces 2 fonctions sont utilisées.

Techniquement, la « climatisation » peut être assurée par un système central (P.ex. : dans certains locaux du bâtiment de Physique), par une installation de climatisation spécifique, ou par des modules de climatisation décentralisés (blocs-climatiseurs).

Dans la majorité des cas, la source froide est le réseau d'eau froide industrielle (env. 6°C) qui provient de la station de pompage de l'eau du Lac.

Mis à part l'énergie de pompage et circulation, cette source froide ne fait pas appel à une machine frigorifique consommant de l'électricité.

Les bilans énergétiques électriques ne comportent pas de poste « production de froid », mis à part quelques petites installations décentralisées dans le Département de Physique notamment (blocs climatiseurs).

Climatiseur / Bloc climatiseur

Il s'agit d'unités de rafraîchissement de l'air de certains locaux à fortes charges thermiques. Ces installations comportent un agrégat frigorifique qui consomme de l'électricité. Le condenseur est relié au réseau d'eau froide industrielle pour évacuer la chaleur.

Ces installations contribuent dans une faible mesure au bilan énergétique électrique annuel.

Consommation totale d'électricité du site de l'EPFL : référence considérée pour l'analyse

La consommation totale d'électricité du site de l'EPFL (réf. 1998) utilisée comme référence pour l'établissement du bilan annuel (chapitre 4) correspond à la totalité de l'énergie électrique distribuée sur le réseau EPFL et comptabilisée sur les compteurs des différents utilisateurs qui sont :

- Tous les bâtiments et Départements EPFL
 - Les équipements de la CCT (sans PAC), de la station de pompage de l'eau du lac (SPP)
 - Les différents organismes et partenaires implantés sur le site EPFL : p.ex. : PSE, Triades
- L'électricité consommée par les 2 thermopompes (PAC) de la CCT n'est pas considérée. Cette option de ne pas inclure la consommation des thermopompes a été choisie sur la base des faits suivants :
- Par souci de cohérence, l'énergie électrique affectée au chauffage des locaux n'est pas considérée dans la référence de consommation totale pour des applications électriques habituelles (éclairage, force mécanique, électronique, processus thermiques de recherche ou industriels). Cette consommation d'énergie est directement liée au climat.
 - Dans le suivi hebdomadaire et saisonnier, l'apparition de la demande de chauffage représente une discontinuité dans la référence de consommation totale, indépendante de l'activité de recherche et d'enseignement de l'Ecole.
 - L'exploitation des thermopompes en tant que productrice d'énergie de chauffage est étroitement liée avec le fonctionnement de la turbine à gaz.
- De fait, en 1998, le bilan annuel d'auto-production d'électricité de la CCT correspond à la consommation des thermopompes.

Dans le présent rapport, l'influence de la contribution de l'auto-production électrique des turbines à gaz (TG) n'est significative et visible que dans les chapitres traitant du contrôle suivi hebdomadaire des consommations électriques (chapitre 5) et sur les courbes de charge de la puissance moyenne quart-horaire. (chapitre 9.)

CVSE

Abréviation utilisée pour désigner les différentes techniques de Chauffage, Ventilation, Sanitaire et Electricité. Pour notre analyse, les Techniques CVSE sont alimentées en électricité par les réseaux « Force-Service ».

Indice énergétique électrique (IDE_{éi})

L'Indice énergétique est défini dans la recommandation SIA 180/4.

Il représente la demande annuelle totale d'électricité d'un bâtiment ou d'une installation, rapportée à la surface de référence énergétique (SR).

Laboratoires à « Faible charge », « Moyenne charge », « Forte charge »

Cette classification a été définie dans notre analyse pour caractériser la typologie des laboratoires, en fonction de l'importance des puissances électriques soutirées par les appareils et, par conséquent, des charges thermiques que ces équipements sont susceptibles de dégager. Il nous a paru intéressant de créer ces trois catégories étant donné que l'importance des charges thermiques dégagées dans les locaux ont un rapport direct avec la nécessité de ventiler ou climatiser ces locaux (la ventilation-climatisation et les circuits de refroidissement représentent environ 50% de l'électricité consommée par les 3 bâtiments analysés).

Les laboratoires à « faible charge » sont des locaux d'expérimentations équipés de petits appareils électriques de faible puissance. Au niveau des équipements électriques, ces laboratoires s'apparentent à des bureaux.

Les laboratoires à « moyenne charge » comportent des appareils plus puissants de l'ordre de 1 à 2 kW au maximum par local de taille normale (puissance effectivement soutirée au réseau sur des périodes relativement longues). Ces appareils, généralement équipés de résistances électriques dégagent un peu de chaleur.

Les laboratoires à « forte charge » comportent des équipements scientifiques de forte puissance, soit plusieurs kW utilisés sur des périodes relativement longues.

Ces laboratoires nécessitent d'être raccordés à un dispositif particulier d'évacuation de la chaleur dégagée, que ce soit de la climatisation provenant de l'installation centrale du bâtiment, une ou plusieurs unités de

climatisation décentralisées (blocs-climatiseurs) ou un circuit d'eau froide industrielle raccordé aux équipements scientifiques).

Nomenclature des bâtiments

La nomenclature abrégée des bâtiments utilisée dans ce rapport comporte 3 lettres :

PHB - Physique Bâtiment

PHH - Physique Halle

CHB - Chimie Bâtiment

CHH - Chimie Halles

MA - Mathématiques

Une lettre supplémentaire peut être utilisée pour désigner une zone dans le corps de bâtiment concerné, p. ex. : A, B, C, D, ..., G, H, I

Ce système a été choisi dans notre analyse pour permettre de caractériser aussi bien les Départements constitués de deux corps de bâtiments (p.ex. : Bâtiment et Halle), soit les 2 premières lettres, ou un corps de bâtiment en tant que tel et désigné par les 3 lettres (p.ex. : PHB – Physique Bâtiment).

La nomenclature utilisée par l'Office des constructions fédérales, qui utilise 2 lettres, peut porter à confusion lorsque l'on veut désigner l'ensemble d'un Département (p.ex. : PH selon OCF désigne Physique Halle, alors qu'il n'existe pas d'abréviation pour caractériser le Département de Physique dans son ensemble).

PCC - Poste de commandes centralisées

Le PCC est rattaché au Service d'exploitation (SE). Il comporte un système informatique de commande centralisé qui pilote les équipements techniques des bâtiments, notamment le réglage des équipements de chauffage, ventilation, sanitaire et les commandes automatiques d'éclairage.

Pompe à chaleur (PAC)

Les pompes à chaleur dont il est fait allusion dans ce rapport sont :

- les 2 unités PAC de la Centrale de chauffe par thermopompes de l'EPFL (CCT)
- la PAC du Département de Mathématiques qui récupère les rejets de chaleur du Centre informatique et des circuits de refroidissement de certains équipements refroidis à l'eau industrielle (p. ex. : Circuit de refroidissement du Département de Physique, notamment pour les lasers). Cette chaleur récupérée sert à préchauffer l'eau chaude sanitaire de l'EPFL.

Puissance moyenne quart-horaire ($P_{\text{moy.}}/1/4\text{h}$)

Cette puissance électrique correspond à la puissance intégrée sur un quart d'heure. Il s'agit de la grandeur utilisée par les compagnies électriques pour calculer la taxe de puissance facturée aux utilisateurs.

Dans cette analyse, nous avons enregistré cette puissance moyenne à l'aide d'un acquéreur informatique raccordé sur les compteurs d'électricité situés dans les tableaux principaux BT des 3 départements analysés.

La synchronisation des mesures correspond au système utilisé par le distributeur d'électricité (SIE) pour enregistrer les pointes de consommation.

Puissance spécifique (W/m^2)

Moyenne sur un quart d'heure de la puissance effective pour la prestation concernée à pleine charge, rapportée à la surface nette de plancher correspondante (recommandation SIA 380/4 « L'énergie électrique dans le bâtiment »).

Pour cette analyse, nous avons calculé les surfaces des zones de mêmes prestations d'après les plans d'étages au 1:500.

Les surfaces ainsi calculées peuvent présenter une imprécision de l'ordre de 5% par rapport aux surfaces nettes effectives.

Dans tous les cas, malgré une imprécision de calcul des surfaces d'environ 5%, les informations que nous souhaitons voir ressortir sont plutôt l'importance relative des puissances spécifiques pour chaque type de prestation. Dans ce sens, les références de surfaces sont identiques.

Réseaux de distribution	« Force »	« Force-Service »	« Lumière-Mesure »
<i>abrégé :</i>	« F »	« F-S »	« L-M »

Dans les 3 Départements analysés, l'électricité est distribuée depuis les tableaux de distribution basse tension (BT) dans 3 réseaux distincts que sont les réseaux Force, Force-Service et Lumière-Mesure.

L'énergie électrique est comptabilisées sur des compteurs séparés, dédiés à chaque réseau.

Le réseau « Force » alimente les équipements électriques de puissance des laboratoires (triphases et monophasés), ainsi que les prises murales et prises situées en allèges sous les fenêtres . Ces prises sont noires ou marquées d'un trait noir.

Le réseau « Force-Service » alimente les équipements électriques faisant parties des infrastructures CVSE des bâtiments.

Le réseau « Lumière-Mesure » alimente tous les systèmes d'éclairage des bâtiments, ainsi que des prises et des tableaux de laboratoires consacrés à des appareils de mesure. Les prises sont blanches, sans marque noire.

La présente analyse porte sur la décomposition des consommations enregistrées sur les compteurs d'énergie électrique de ces 3 catégories d'utilisateurs.

SIC – Service Informatique Central

Le Centre informatique de l'EPFL est situé dans le bâtiment des Mathématiques, au rez-de-chaussée.

Au niveau énergétique le SIC consomme de l'électricité pour alimenter l'ordinateur central et ses périphériques, pour les infrastructures techniques devant assurer le bon fonctionnement et la sécurité du Centre de calcul, et pour alimenter les bureaux et ateliers (éclairage et ordinateurs PC avec périphériques). Une partie des équipements du SIC (le Centre de calcul) sont alimentés par un système « sans coupure » garantissant une grande stabilité de réseau. Ce réseau sécurisé est alimenté par le groupe de distribution « Force-Onduleur », avec une comptabilité séparée de l'énergie au tableau principal BT du Département de Mathématiques.

SIE – Service Intercommunal de l'Electricité

Le SIE alimente l'EPFL par l'intermédiaire du réseau électrique Haute Tension 50kV. Le SIE décompte et facture l'énergie délivrée par le réseau intercommunal à 50kV.

L'EPFL possède un poste de transformation 50/20kV sur son site, et distribue l'électricité dans les différents bâtiments à moyenne tension (20kV) jusqu'aux transformateurs situés à l'entrée des bâtiments, puis à basse tension (400V-triphasé) à l'intérieur du bâtiment.

Station de transformation 50/20kV (STT)

L'EPFL possède un poste de transformation haute/moyenne tension 50'000 / 20'000 Volts.

Ce poste comporte 2 transformateurs de 20 MVA chacun. 1 seul transformateur est en fonction, l'autre assurant la sécurité.

Surface de référence

Les surfaces considérées dans cette analyse correspondent à la surface de référence (SR) telle qu'elle est définie dans la Recommandation SIA 180/4 « L'indice de dépense d'énergie ».

Il s'agit de la surface brute de planchers chauffés.

Tableaux secondaires, tableaux d'étages

Il s'agit des tableaux distribuant l'électricité dans les zones de bâtiment et les locaux.

Les tableaux secondaires sont alimentés depuis le tableau principal BT du bâtiment.

Les tableaux secondaires comportent une alimentation « Force », une alimentation « Lumière-Mesure » et parfois « Force-Service ».

Comme des mesures de puissance ont été effectuées sur tous les groupes de distribution des tableaux principaux BT des bâtiments de Physique et Chimie, nous connaissons les puissances totales instantanées soutirées dans tous les tableaux secondaires correspondants (F, F-S et L-M).

D'autre part, lors de l'analyse détaillée de la consommation de certaines zones de bâtiments, certains locaux et appareils spéciaux, nous avons effectué également des mesures de puissance sur tous les groupes de distribution des tableaux secondaires correspondants.

Tableaux R1, R2, R3, R4

Il s'agit de tableaux électriques modulaires équipés de prises et de disjoncteurs, installés dans les laboratoires pour le raccordement des appareils scientifiques et des machines.

Ces tableaux peuvent être raccordés sur le réseau « Lumière-Mesure » (p.ex. pour les appareils de mesures dans les laboratoires), ou sur le réseau « Force ».

La puissance nominale varie de 1 à 35kVA, selon le type de tableau. (Voir « Directives à l'usage des utilisateurs de l'EPFL », SEE – 1991).

12. Annexes

Annexe A-1

Valeurs de référence de consommation d'énergie électrique du site EPFL à Ecublens

La valeur de référence de consommation d'électricité peut varier suivant où l'on considère le ou les point(s) de comptage.

Il existe plusieurs niveaux de comptages depuis l'alimentation générale haute-tension 50 kV du SIE, jusqu'aux réseaux de distribution basse tension (BT) (400 V) de chaque bâtiment du site.

D'autre part, l'EPFL est autoproductrice d'énergie électrique avec sa centrale chaleur-force équipée de 2 turbines à gaz (CCT). Lorsque la turbine fonctionne, de l'énergie électrique est injectée dans le réseau de distribution 20 kV., soulageant ainsi l'appel de puissance sur le réseau 50 kV du SIE.

Dans ce système, il faut également considérer les pertes des transformateurs (transformateur HT 50/20 kV et transformateurs MT 20/6,4 kV et 20/0,4 kV).

L'énergie de chauffage des bâtiments provient en grande partie des pompes à chaleur (PAC) de la centrale CCT, qui sont alimentées en électricité par le réseau 20 kV de l'EPFL.

Il existe donc plusieurs scénarios d'alimentation des flux d'électricité sur le réseau moyenne-tension de l'EPFL, selon les saisons, la rigueur du climat et les heures de la journée.

Comme ce projet « DIAGELEC » concerne l'analyse détaillée de la consommation des équipements électriques, non compris l'énergie de chauffage de l'EPFL, il nous a paru logique de considérer comme référence la consommation totale des utilisateurs raccordés au réseau 20 kV, déduction faite de la consommation des 2 thermopompes (PAC) de la CCT.

La consommation totale annuelle d'électricité du site EPFL d'Ecublens indiquée comme référence dans cette analyse est de 40'200'000 kWh/an (année 1998).

Annexe A-2

Coûts de l'énergie à l'EPFL Enjeux financiers et potentiels d'économies

Avertissement

Nous avons consacré ce chapitre particulier à la présentation des enjeux énergétiques sur le plan financier, car une modification fondamentale de la structure tarifaire est intervenue en octobre 1998, consécutivement à la perspective d'ouverture des marchés de l'électricité en 1999.

L'EPFL, gros consommateur d'électricité de la région lausannoise, a pu bénéficier d'un nouveau tarif accordé par les distributeurs d'énergie aux gros consommateurs, selon la nouvelle réglementation qui régit la vente d'énergie électrique.

Cette modification de tarif se traduit dans les faits par une baisse de la facture d'électricité de l'ordre de 25%.

Cette modification de tarif est intervenue en cours d'analyse et à ce jour, nous ne disposons pas encore de données financières précises pour déterminer un prix moyen unitaire du kWh selon le nouveau tarif.

Nous avons donc décidé de regrouper les valeurs financières importantes dans un tableau récapitulatif présenté ci-après. De cette manière, il sera plus aisé, le moment venu, d'ajuster les valeurs financières au tarif moyen effectif.

Tarifs de l'électricité achetée par l'EPFL

Tarif appliqué par le distributeur SIE jusqu'en octobre 1998

La facture mensuelle d'électricité était calculée sur la base de formules tarifaires définissant le prix unitaire de l'énergie consommée (cts/kWh) ainsi que le prix de la taxe de puissance (Fr./kW). Une taxe d'abonnement était également facturée. Les prix unitaires variaient légèrement de mois en mois, selon les paramètres de puissance quart-horaire et la consommation.

Pour résumer, voici les prix unitaires moyens appliqués en 1998 :

- | | |
|--|----------------------|
| - prix unitaire de l'énergie consommée, moyenne jour / nuit, y compris taxe d'abonnement : | 6,21 cts/kWh |
| - taxe de puissance maximum du quart d'heure le plus chargé du mois : | 38.80 Fr./kW |
| - prix moyen du kWh sur l'année , incluant l'abonnement, le coût de l'énergie et la taxe de puissance : | 17.07 cts/kWh |

Avec cet ancien tarif, on remarque que l'effet de la puissance maximum soutirée dans le mois avait une grande importance sur la facture mensuelle d'électricité.

Nouveau tarif en vigueur depuis octobre 1998 (tarif particulier pour l'EPFL)

La facture mensuelle est composée d'un montant forfaitaire lié à la puissance maximum souscrite (20 MW), et du prix unitaire de l'énergie consommée aux heures pleines et heures creuses.

L'électricité consommée par les thermopompes de la CCT est décomptée séparément. Le tarif appliqué pour la consommation des thermopompes est meilleur marché, ce qui explique une variation saisonnière du prix moyen du kWh.

En calculant un **prix moyen du kWh** sur la base des factures d'électricité des mois d'octobre 1998 à janvier 1999, on obtient le tarif indicatif de **12.0 cts/kWh** sans TVA.

Les montants indiqués dans le tableau ci-après ont été calculés sur cette base provisoire qui devra être ajustée après une année.

Note relative à la réédition de ce document en octobre 2006

Les prix indiqués dans cette édition 2006 du rapport original de mars 1999 n'ont pas été réactualisés.

*Le prix moyen indicatif du kWh en 2006 est de **8.8 cts/kWh** sans TVA.*

Le contrat de fourniture d'électricité, réadapté en 1998, arrivera à échéance en septembre 2008.

Compte tenu de la situation actuelle en relation avec l'ouverture des marchés de l'électricité, la structure tarifaire de notre contrat EPFL pourrait être redéfinie en conséquence.

Ceci pourrait influencer le prix moyen de l'électricité dans les années à venir.

Projet "DIAGELEC"

Analyse de la consommation d'électricité des Départements de Physique, Chimie et Mathématiques

Tableau récapitulatif des données financières

(en rouge: quelques valeurs significatives)

Prix moyen du kWh tout compris: Tarif 1998 (ancien), cts/kWh: 17.07 Tarif 1999 (nouveau), cts/kWh: 12.0

Élément concerné	Période	kWh / période	%	Fr. tarif 1998	Fr. tarif 1999
(arrondi à 100 Fr.)					
Valeur globales EPFL					
Consommation totale site EPFL	1998	40'200'000	100%	6'862'100	4'824'000
Consommation 3 dép. PH+CH+MA	1998	13'939'962	35%	2'379'600	1'672'800
Autres unités de l'EPFL	1998	26'260'038	65%	4'482'600	3'151'200
<u>Potentiel d'économie estim. / site EPFL</u>	1 année	4'020'000	10%	686'200	482'400
3 Départements analysés "DIAGELEC"					
Départements: PH+CH+MA	1998	13'939'962	100%	2'379'600	1'672'800
Réseaux Lumière-Mesure PH+CH+MA	1998	2'966'805	21%	506'400	356'000
Réseaux Force PH+CH+MA	1998	3'696'128	27%	630'900	443'500
Réseaux Force-Service PH+CH+MA	1998	3'994'555	29%	681'900	479'300
SIC- Centre informatique + écl. Ext. Chimie	1998	3'282'474	24%	560'300	393'900
<u>Potentiel d'économie estim. PH+CH+MA : 5%</u>		696'998	5%	119'000	83'600
<u>idem. 10% d'économie</u>		1'393'996	10%	238'000	167'300
Département de Physique					
Consomm. totale Bâtiment + Halle	1998	4'603'455	100%	785'800	552'400
Réseau Lumière-Mesure	1998	1'195'575	26%	204'100	143'500
Réseau Force 1 (Est-Ouest)	1998	1'433'325	31%	244'700	172'000
Réseau Force 2 (Nord-Sud)	1998	449'760	10%	76'800	54'000
Réseau Force-Service	1998	1'524'795	33%	260'300	183'000
Force-Service + Extractions chapelles / Force 2	1998		41%		
Ventilation - climatisation	1998	1'686'672	37%	287'900	202'400
Eclairage locaux et voies circulation	1998	475'540	12%	81'200	57'100
Informatique des bureaux	1998	243'152	5%	41'500	29'200
Puissance continue de base (jour et nuit et w.-e.): 400 à 450 kW	1998	3'723'000	81%	635'500	446'800
<u>Potentiel d'économie en Physique</u>					
Eclairage locaux: estim. 10 à 30% / moy. 20%	1 année	69'628	20%	11'900	8'400
Informatique PC: estim. 10 à 20% / moy. 15%	1 année	36'473	15%	6'200	4'400
Réglages ventilation: estim. 10%	1 année	168'667	10%	28'800	20'200
Département de Chimie					
Consomm. totale Bâtiment + Halles	1998	4'674'922	100%	798'000	561'000
Réseau Lumière-Mesure	1998	1'307'115	28%	223'100	156'900
Réseau Force	1998	1'049'168	22%	179'100	125'900
Réseau Force-Service	1998	2'260'760	48%	385'900	271'300
Eclairage extérieur	1998	57'879	1%	9'900	6'900
Puissance continue de base (jour et nuit et w.-e.): 350 kW	1998	3'066'000	66%	523'400	367'900

Élément concerné	Période	kWh / période	%	Fr. tarif 1998	Fr. tarif 1999
<u>Potentiel d'économie en Chimie</u>					
Réduction horaire ventilation de GV en PV 1h30 chaque jour / 365 jours en CH-Bâtiment	1 année	26'280		4'500	3'200
Ajustage des réglages sur l'ensemble des installations de ventilation: <u>hypothèse</u> 5%	1 année	113'038	5%	19'300	13'600
<u>Département de Mathématiques</u>					
Consommation totale Mathématiques + SIC	1998	4'661'585	100%	795'700	559'400
Consomm. Centre Informatique (onduleur) (Centre Informatique (onduleur) / Total EPFL)	1998	3'224'595	69% 8.0%	550'400	387'000
Réseau Lumière-Mesure	1998	464'115	10%	79'200	55'700
Réseau Force	1998	763'875	16%	130'400	91'700
Réseau Force-Service	1998	209'000	4%	35'700	25'100
<u>Potentiel d'économie en Mathématiques + SIC</u>		<i>non évalué à ce stade de l'analyse</i>			
<u>Efficacité de mesures ponctuelles mises en application pour test durant la campagne de mesures</u>					
Ventilation centrale Physique Bâtiment:					
Exploitation régime réduit jour/nuit et w.-e., économie:	36 jours	14'688	10%	2'500	1'800
idem, si appliqué 9mois / 12	274 jours	111'792	10%	19'100	13'400

Remarques:

Le potentiel d'économie évalué pour chaque Département ne se limite pas aux rubriques indiquées ci-dessus. Dans les Départements de Chimie et de Mathématiques, on peut estimer que les économies sont du même ordre de grandeur et concernent les mêmes postes que pour le Département de Physique qui a été analysé plus en détails.

L'estimation des économies indiquées dans ce tableau concernent des actions ne nécessitant pas d'investissement. D'autres actions impliquant des adaptations matérielles ou des transformations pourraient procurer des économies supplémentaires. Elles devraient faire l'objet d'études particulières pour évaluer leur intérêt.

Il existe certainement aussi d'autres points sur lesquels il est possible de réduire la consommation.

Il s'agit notamment de tous les secteurs liés à la recherche (sous contrôle direct des utilisateurs - chercheurs)

Annexe A-3

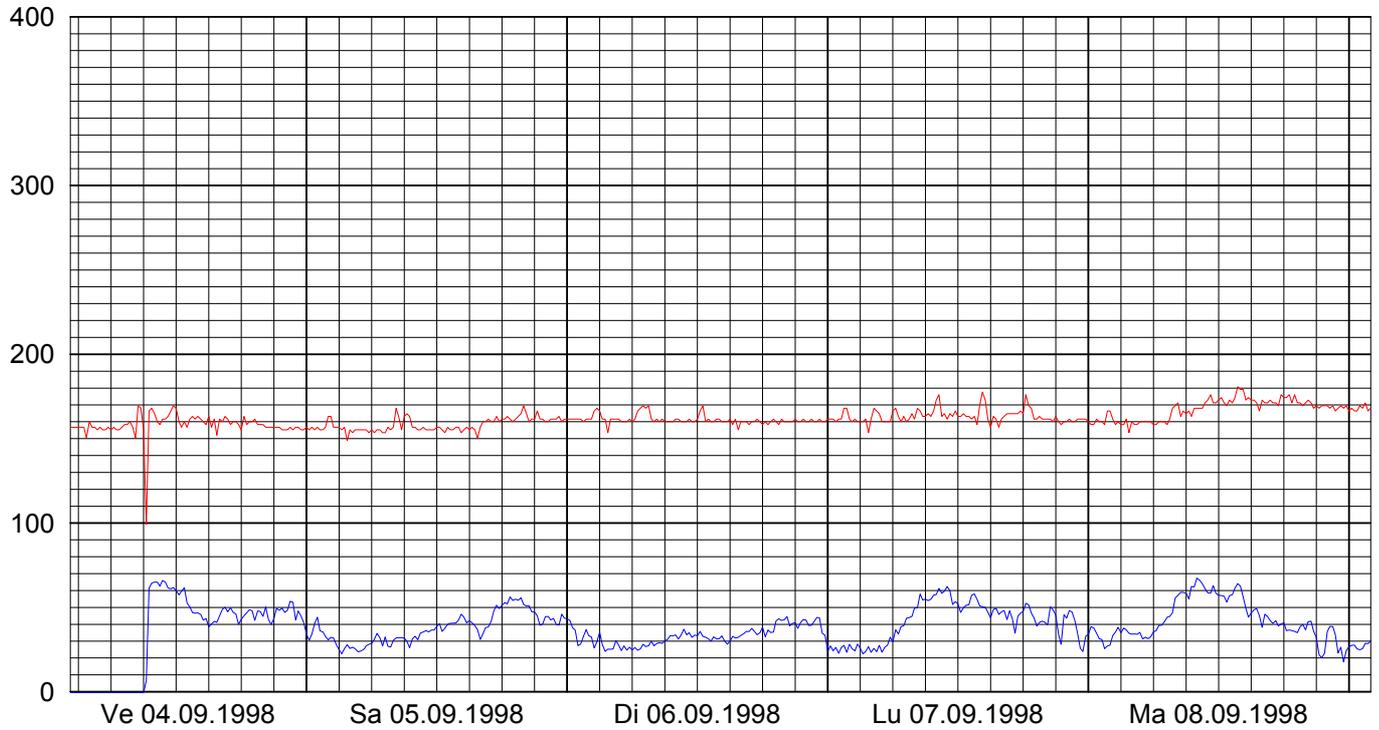
**Courbe de charge du réseau Force-Service en Physique
et intensité de l'alimentation des ventilateurs**

Visualdiagno, version 1.20.14**François Vuille****Référence:** EPFL - SEE/ Département de Physique - Inst. ventilation 6 et 7

Fenêtre 1

Module: VNR DAV 32/6 • V02-02D • 10219-030 / FV1**Fichier:** e:\diagel~1\mes_vdg\ventil1d.vdg|e:\diagelec_pdf\mes_vdg\ventil1d.vdg**Mesures:** du Ma 01.09.1998 à 13:00 au Ma 24.11.1998 à 15:00, **Intervalle:** 15 min.

kW moy./ 1/4h.

EPFL - PH / Force Service

— Général FS

(puissance active
avec compensation cos phi)

— Ventil pulsion

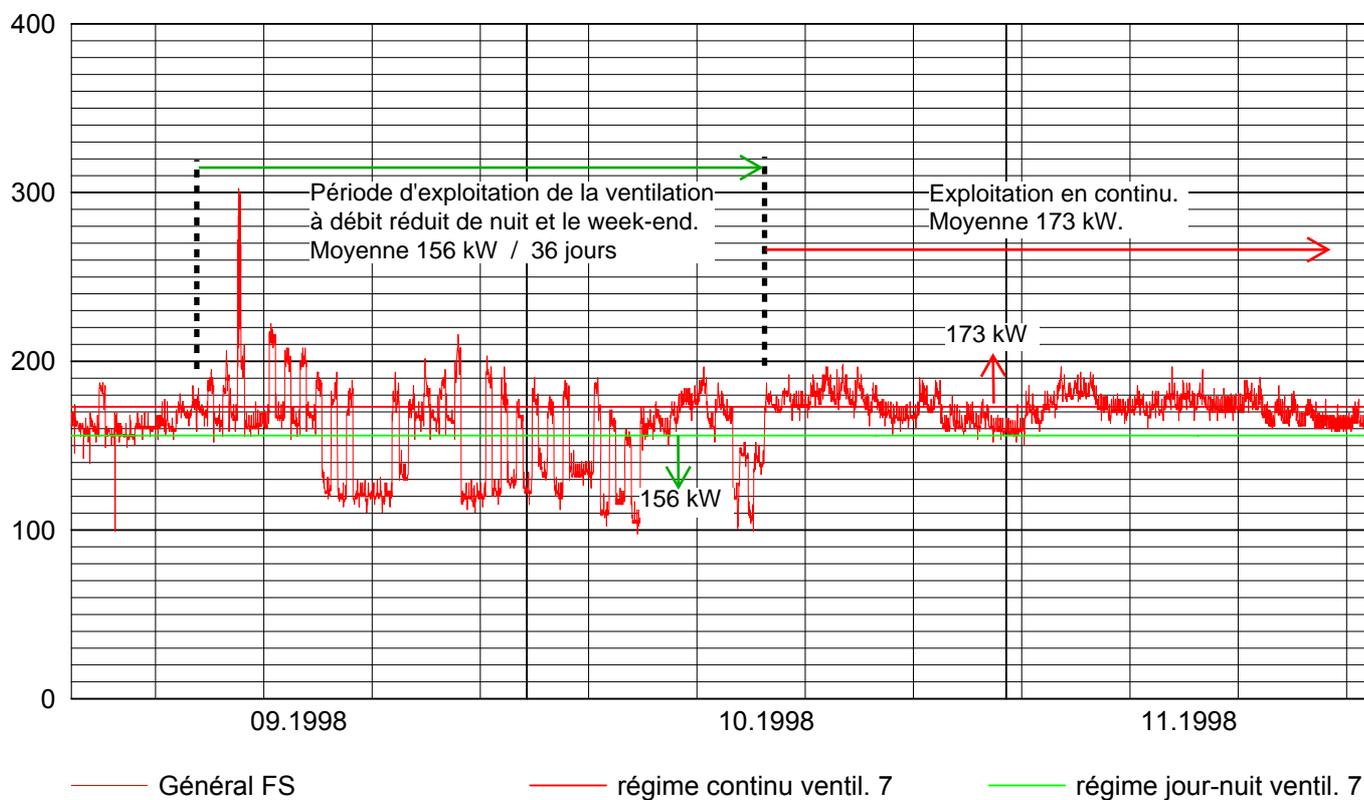
(image de la puissance apparente,
sans échelle)

Annexe A-4

**Essai de modification du mode d'exploitation de la ventilation
au bâtiment de Physique**

Visualdiagno, version 1.20.14**François Vuille****Référence:** EPFL - SEE/ Département de Physique - Inst. ventilation 6 et 7

Fenêtre 1

Module: VNR DAV 32/6 • V02-02D • 10219-030 / FV1**Fichier:** e:\diagel~1\mes_vdg\ventil1d.vdg|e:\diagelec_pdf\mes_vdg\ventil1d.vdg**Mesures:** du Ma 01.09.1998 à 13:00 au Ma 24.11.1998 à 15:00, **Intervalle:** 15 min.kW moy./ 1/4h. **EPFL - PH / Force Service: essai de modification d'exploitation ventilation V7**

Annexe A-5 *(Complément à l'édition originale du 1^{er} mars 1999)*

Bilan électrique détaillé du Bâtiment des Services

Suite à l'édition de ce rapport, la démarche "DIAGELEC" a été appliquée également pour l'analyse d'un bâtiment à vocation plutôt administrative, d'une typologie plus représentative des bâtiments de bureaux.

Il s'agit du Bâtiment des Services.

Le bilan détaillé de la consommation annuelle d'électricité en 1999 est présenté à la page suivante.

SERVICE D'EXPLOITATION



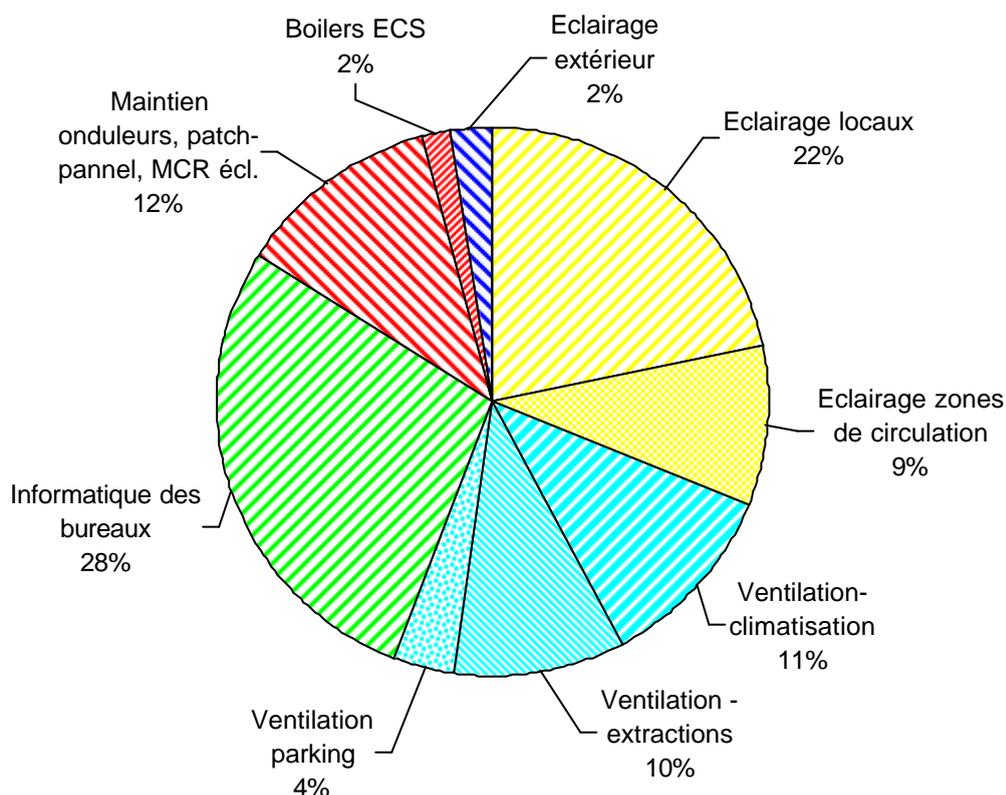
ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

BS - Ecublens Téléphone (021) 693 52 22
CH -1015 Lausanne Téléfax (021) 693 52 00

EPFL - Bâtiment des Services

Bilan annuel de consommation d'électricité par types de prestations

% du total de 280'000 kWh/an (1999)



<u>Prestations</u>	<u>kWh/an</u>	<u>Fr./an</u>
Eclairage locaux	57'915	SFr. 6'950
Eclairage zones de circulation	25'480	SFr. 3'058
Ventilation-climatisation	29'900	SFr. 3'588
Ventilation - extractions	27'082	SFr. 3'250
Ventilation parking	9'828	SFr. 1'179
Informatique des bureaux	75'387	SFr. 9'046
Maintenance ondulateurs, patch-pannel, MCR écl.	31'536	SFr. 3'784
Boilers ECS	4'862	SFr. 583
Eclairage extérieur	6'663	SFr. 800
Total BS	268'653	SFr. 32'238
<i>Doit compteur</i>	279'933	Prix 99 (cts/kWh)
<i>Différence</i>	11'280	12.0
<i>Différence %</i>	4.0%	