

Ecole d'ingénieurs du canton de Vaud  
Institut d'Automatisation Industrielle  
Route de Cheseaux 1  
**CH-1401 Yverdon-les-Bains**  
Tél. : 024 / 423 23 90  
Fax : 024 / 423 31 15  
Direct : 024 / 423 23 14

Société **Lexen SA**  
M. Kurt HIRSCHI

**CH-1072 Forel (Lavaux)**

---

## VALIDATION D'UN ÉCONOMISEUR D'ÉNERGIE *DANS LE DOMAINE DE L'ÉCLAIRAGE*

---

Work packages WP3 et WP4

i nstitut d'  
**A**utomatisation  
i ndustrielle



## T A B L E D E S M A T I E R E S

	<u>PAGE</u>
<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>2</b>
<b>2. GRANDEURS ÉLECTRIQUES MESURÉES .....</b>	<b>3</b>
2.1.1 Appareils de mesure .....	3
2.1.2 Grandeurs calculées sur la base des mesures .....	3
2.1.3 Mesures retenues pour ce rapport.....	4
2.1.4 Outils informatique d'analyse .....	4
<b>3. MESURES EN FONCTION DE LA CHARGE .....</b>	<b>5</b>
3.1 CONFIGURATION DES MESURES .....	5
3.2 RÉSULTATS DES MESURES.....	6
3.2.1 Considération sur les tensions .....	6
3.2.2 Considération sur les courants.....	9
3.2.3 Considération sur les puissances actives .....	11
3.2.4 Considération sur les puissances réactives .....	17
3.2.5 Considération sur les facteurs de puissance .....	21
3.3 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS .....	23
3.3.1 Economie sur la puissance active.....	23
3.3.2 Economie de puissance réactive.....	24
3.3.3 Protocoles des mesures.....	25
<b>4. MESURES EN CONTINU .....</b>	<b>29</b>
4.1 RÉSULTAT DES MESURES LONGUE DURÉE .....	29
4.1.1 Considération sur les tensions .....	29
4.1.2 Considération sur les courants de phases en sortie.....	30
<b>5. CONCLUSIONS .....</b>	<b>31</b>
5.1 RÉDUCTION DES PUISSANCES ACTIVE ET RÉACTIVE.....	31
5.2 CONSIDÉRATION THERMIQUE .....	31
5.3 DURÉE DE VALIDATION D'UNE INSTALLATION .....	31
<b>6. SYNTHÈSE SUR L'ENSEMBLE DES MESURES .....</b>	<b>32</b>
<b>7. REMERCIEMENTS.....</b>	<b>32</b>
<b>RÉFÉRENCES .....</b>	<b>33</b>

## 1. INTRODUCTION

Le but du mandat<sup>1</sup> est de mesurer de manière impartiale les performances d'un dispositif d'économie d'énergie électrique dans le domaine de l'éclairage. Le travail a été divisé en 4 modules, (désignés sous WP : *Work Packages*) résumés comme suit :

- WP1 : Définition des critères et méthodes pour assurer des mesures reproductibles.
- WP2 : Essais en laboratoire.
- WP3 : Essai sur installation fixe.
- WP4 : Définition d'un protocole pour permettre aux installateurs / clients de mesurer l'économie réalisée.

Ce rapport correspond aux modules WP3 et WP4.

Les modules WP1 et WP2 ont fait l'objet d'un rapport [1] remis en juillet 2004. Les caractéristiques de diverses sources lumineuses ont été mesurées, notamment la consommation électrique en fonction de la tension d'alimentation. Le principe de l'économiseur LEC étant basé sur un limiteur de la tension du réseau électrique, l'économie de consommation a été mesurée pour différents types de lampes. Des essais en laboratoire réalisés au moyen de bancs de lampes à incandescences complètent ce premier rapport.

Dans le cas des tubes fluorescents, l'économie de consommation mesurée en laboratoire était de 18% pour un abaissement de tension de 230 V à 205 V soit -25V.

Le but du module WP3 est de mesurer l'économie sur une installation réelle comportant principalement des tubes fluorescents (« tubes néon »), qui ont des caractéristiques électriques différentes de celles des lampes à incandescences. En particulier le facteur de puissance est bien inférieur à 1, ce qui se traduit par une demande de puissance réactive non négligeable. Il est donc intéressant de mesurer comment le LEC se comporte avec ce type de charge.

Les mesures ont été réalisées sur un économiseur LEC-80A triphasé installé dans la halle du dépôt des TL sise rue de Borde, à Lausanne. Ce LEC est programmé pour abaisser la tension à 195 V.

La charge a été variée de 0 à 100% en enclenchant successivement des groupes de tubes fluorescents depuis le tableau principal. Les résultats sont reportés dans un fichier de protocole de mesures.

Ce rapport est organisé en 2 parties. La première est une caractérisation de l'installation pour des cas de charge correspondant à 0% 25% 50% 75% et 100% de la charge maximale correspondant à l'utilisation de tous les tubes fluorescents.

La seconde partie couvre les mesures faites en condition typique d'utilisation sur trois jours environ.

---

<sup>1</sup> Pour les détails de la partie commerciale du mandat, se reporter à l'offre MCN\_LEX-001 du 15 mars 2004 (Réf. 1 & 2).

## 2. GRANDEURS ÉLECTRIQUES MESURÉES

### 2.1.1 Appareils de mesure

La table ci-dessous donne la liste des bornes accessibles à l'entrée et à la sortie du LEC-80A et les instruments utilisés.

Borne	Description	Instrument Reliable Power Meter Model 1656	Instrument Chauvin-Arnoux Modèle CA 8334
L1	Entrée, phase 1	X	
L2	Entrée, phase 2	X	
L3	Entrée, phase 3	X	
N	Neutre	X	X
T	Terre	X	
U	Sortie, phase 1		X
V	Sortie, phase 2		X
W	Sortie, phase 3		X

Tableau 2-1 : Connexions aux instruments de mesure

Le neutre du système d'éclairage est commun à l'entrée. Les tensions sont mesurées par rapport au neutre. La tension du neutre est mesurée par rapport à la terre.

Les courants d'entrées (L1, L2, L3, N, T) et les courants de sorties (U, V, W) de chaque ligne sont mesurés. Les courants sont mesurés au moyen de sondes flexibles de type LEM-flex qui entourent les câbles conducteurs. Cette méthode présente l'avantage de ne pas avoir à ouvrir les circuits, et par conséquent de pouvoir installer les sondes sans mettre le LEC hors fonction.

### 2.1.2 Grandeurs calculées sur la base des mesures

Sur la base des courants et tensions, les instruments calculent les grandeurs efficaces (RMS) suivantes :

1. puissances actives de phases et totales P [W],
2. puissances réactives de phases et totales Q [Var],
3. puissances apparentes de phases et totales S [VA],
4. facteurs de puissance pour chaque phase PF [W/VA],
5. déplacement des facteurs de puissance ( $\cos(\varphi)$ ) pour chaque phase DPF [W/VA].

Les grandeurs fournies par les appareils sont les moyennes des valeurs efficaces RMS ou les moyennes calculées sur des intervalles de temps qui sont fonctions de la durée de la mesure. Cette manière de procéder permet de limiter le nombre de points de mesures (taille des fichiers). Les fréquences d'échantillonnage utilisées pour l'acquisition des mesures sont constantes. En revanche, l'intervalle de temps sur lequel les valeurs sont moyennées dépend de la durée d'observation.

Dans le cadre des mesures réalisées, on a :

1. Reliable Power Meter Model 1656
  - La fréquence d'échantillonnage 6,4 kHz (128 échantillons/période<sup>(2)</sup>)
  - Durée de la mesure : 1 heure, valeurs moyennes sur 1 seconde
  - Durée de la mesure : 4 jours, valeurs moyennes sur 5 minutes
2. Chauvin-Arnoux Modèle CA 8334
  - La fréquence d'échantillonnage 12,8 kHz (256 échantillons/période<sup>(2)</sup>)
  - Durée de la mesure : 1 heure, valeurs moyennes sur 1 seconde
  - Durée de la mesure : 4 jours, valeurs moyennes sur 5 minutes

Les appareils de mesure ont été fournis par la société

André Technologies & Statron SA  
En Vallaire Ouest D7  
1024 Ecublens  
Tél. : ++41 (0)21 691 08 80  
Fax : ++41 (0)21 691 08 81  
e-mail : andretec@statron.ch

Les connexions et la mise en service des appareils de mesure ont été réalisées par un ingénieur de la société André Technologies. Le dépouillement des résultats est le travail des auteurs de ce rapport.

### 2.1.3 Mesures retenues pour ce rapport

Pour ces divers cas, les paramètres suivants sont mesurés avec et sans le LEC actif (état ON ou OFF du Bypass).

1. Tensions de phases à l'entrée du LEC (3).
2. Tensions de phases à la sortie du LEC (3).
3. Courants de phases / lignes à l'entrée du LEC (3).
4. Courants de phases / lignes à la sortie du LEC (3).
5. Courant dans le Neutre (1).
6. Courant dans le conducteur de terre (1).
7. Tension du Neutre par rapport à la terre (1).

### 2.1.4 Outils informatique d'analyse

Les outils d'analyses se limitent à Matlab. Les grandeurs mesurées utilisées sont

- les tensions de phases
- les puissances actives de phases
- les puissances réactives de phases.

Les autres grandeurs ont été recalculées et comparées avec les valeurs données par les analyseurs de puissance.

---

<sup>2</sup> : Période électrique de 20ms.

### 3. MESURES EN FONCTION DE LA CHARGE

#### 3.1 CONFIGURATION DES MESURES

Le but de cette première mesure est de caractériser l'installation, plus précisément la puissance consommée pour 4 cas de charges donnés, ceci avec (*Bypass OFF*) et sans (*Bypass ON*) le LEC

L'acquisition des tensions et des courants se font à une fréquence d'échantillonnage de  $T_S=6.4\text{kHz}$  pour l'entrée et  $T_S=12.8\text{kHz}$  pour la sortie.

Les grandeurs caractéristiques sont mesurées sur 1s (valeurs moyennes)

Temps		Puissance de sortie rapportée à la puissance nominale [%]	Bypass
[m's'']	s		
00'00''	0	0	OFF (LEC actif)
05'24''	324	25	OFF (LEC actif)
10'15''	615	50	OFF (LEC actif)
14'57''	897	75	OFF (LEC actif)
20'20''	1'200	100	OFF (LEC actif)
30'52''	1'852	0	ON (LEC inactif)
35'02''	2'102	25	ON (LEC inactif)
39'50''	2'390	50	OFF (LEC actif)
45'03''	2703	75	ON (LEC inactif)
50'12''	3012	100	ON (LEC inactif)
60'00''	3600	<i>Fin des mesures</i>	

Tableau 3-1 : Durée des mesures en fonction de l'état du Bypass du LEC

La puissance de sortie rapportée à la puissance nominale correspond à la fraction de puissance consommée par 4 groupes de tubes fluorescents de puissance à peu près identique par rapport à la mise sous tension de tous les tubes fluorescents. Il est clair que cette puissance est différente selon l'état du Bypass.

## 3.2 RÉSULTATS DES MESURES

### 3.2.1 Considération sur les tensions

#### 3.2.1.1 Tensions de phases à l'entrée du LEC

La Figure 3-1 montre la variation des tensions efficaces de phases à l'entrée du LEC, soit les tensions de phases du réseau d'alimentation.

Moyennes des tensions efficaces (RMS) et taux de distorsion harmonique moyennes (THD) :

*LEC actif (Bypass OFF)*

Charge	$V_{L1}$		$V_{L2}$		$V_{L3}$	
	[V <sub>RMS</sub> ]	[%]	[V <sub>RMS</sub> ]	[%]	[V <sub>RMS</sub> ]	[%]
0%	227	1.5	227	1.3	227	1.5
25%	225	1.9	225	1.7	226	1.9
50%	225	2.2	226	1.9	226	2.1
75%	224	2.6	225	2.3	225	2.5
100%	226	2.8	226	2.6	227	2.8

*LEC inactif (Bypass ON)*

Charge	$V_{L1}$		$V_{L2}$		$V_{L3}$	
	[V <sub>RMS</sub> ]	[%]	[V <sub>RMS</sub> ]	[%]	[V <sub>RMS</sub> ]	[%]
0%	229	1.6	229	1.4	230	1.6
25%	228	2.1	228	1.9	229	2.1
50%	227	2.4	227	2.2	228	2.5
75%	226	3.0	226	2.8	227	3.0
100%	225	3.3	224	3.2	226	3.4

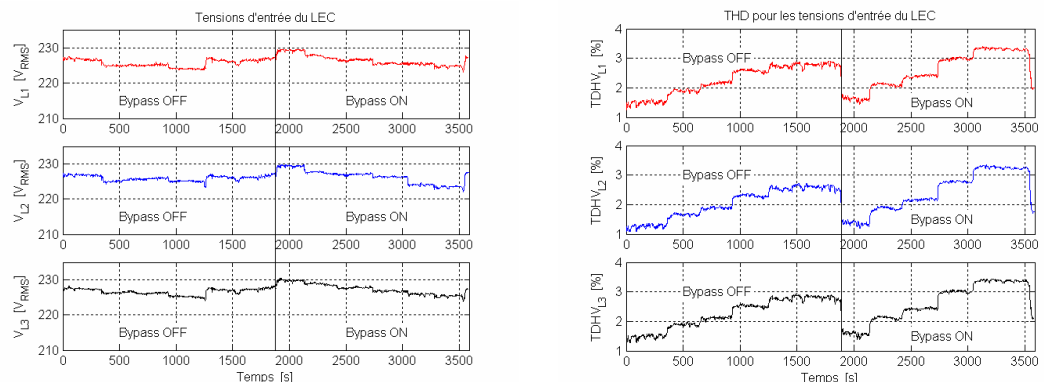


Figure 3-1 : Tensions et distorsions harmoniques à l'entrée du LEC

Les moyennes sont effectuées sur 150s après stabilisation du point de fonctionnement.

La distorsion harmonique reste inférieure à 3.5% dans le pire des cas. L'introduction du LEC provoque une diminution de la THD (effet de filtre).

### 3.2.1.2 Tensions de phases à la sortie du LEC

La Figure 3-2 montre la variation des tensions efficaces de phases à la sortie du LEC, ce sont les tensions de phases d'alimentation de la charge.

Moyennes des tensions efficaces (RMS) et taux de distorsion harmonique moyennes (THD) :

#### LEC actif (Bypass OFF)

Charge	$V_U$		$V_V$		$V_W$	
	[V <sub>RMS</sub> ]	[%]	[V <sub>RMS</sub> ]	[%]	[V <sub>RMS</sub> ]	[%]
0%	199	1.4	199	1.2	200	1.4
25%	197	1.9	197	1.7	198	1.9
50%	197	2.2	197	2.0	198	2.2
75%	195	2.8	196	2.5	196	2.7
100%	196	3.0	196	2.9	197	3.1

#### LEC inactif (Bypass ON)

Charge	$V_U$		$V_V$		$V_W$	
	[V <sub>RMS</sub> ]	[%]	[V <sub>RMS</sub> ]	[%]	[V <sub>RMS</sub> ]	[%]
0%	229	0	229	0	229	0
25%	227	2.0	227	1.8	228	2.1
50%	226	2.4	227	2.1	227	2.4
75%	225	2.9	226	2.7	226	3.0
100%	224	3.3	223	3.2	225	3.3

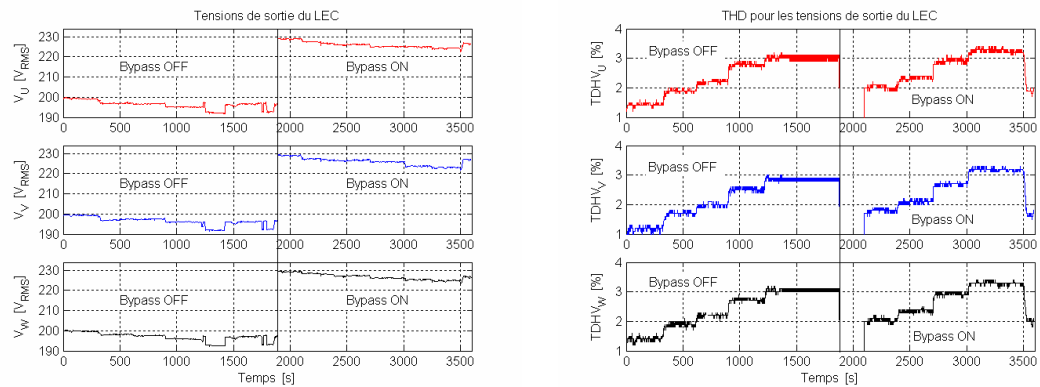


Figure 3-2 : Tension à la sortie du LEC

Les moyennes sont effectuées sur 150s après stabilisation du point de fonctionnement.

Lorsque le LEC est actif (*Bypass OFF*) les tensions de sortie du LEC sont comprises entre 195V et 199V, ce qui est conforme aux valeurs programmées dans ce dernier.



### 3.2.1.3 Différence des tensions de phases entre l'entrée et la sortie du LEC

La Figure 3-3 montre les différences des tensions efficaces entre l'entrée du LEC et la sortie.

Moyennes des différences de tensions efficaces (RMS) entre l'entrée et la sortie du LEC.

*LEC actif (Bypass OFF)*

Charge	$V_{L1}-V_U$ [V <sub>RMS</sub> ]	$V_{L2}-V_V$ [V <sub>RMS</sub> ]	$V_{L3}-V_W$ [V <sub>RMS</sub> ]
25%	-28.0	-28.0	-28.3
50%	-28.4	-28.5	-28.7
75%	-29.1	-29.0	-29.3
100%	-29.8	-30.0	-30.0

*LEC inactif (Bypass ON)*

Charge	$V_{L1}-V_U$ [V <sub>RMS</sub> ]	$V_{L2}-V_V$ [V <sub>RMS</sub> ]	$V_{L3}-V_W$ [V <sub>RMS</sub> ]
25%	-0.6	-0.5	-0.7
50%	-0.4	-0.3	-0.5
75%	-0.5	-0.4	-0.5
100%	-0.7	-0.6	-0.6

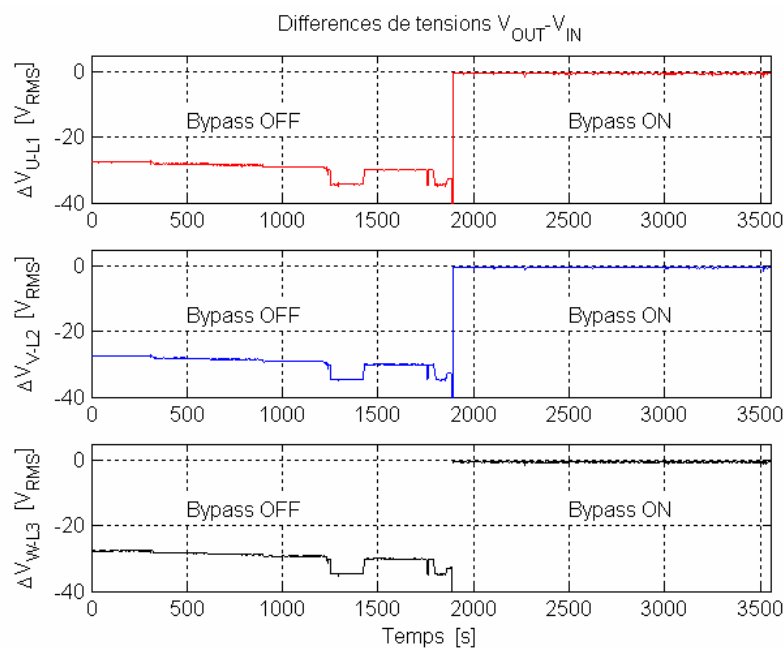


Figure 3-3 : Différences de tensions entre l'entrée et la sortie du LEC

Les moyennes sont effectuées sur 150s après stabilisation du point de fonctionnement.

Le LEC a été paramétré pour avoir de tensions de sortie de  $195V_{RMS}$ . Les tensions d'entrée sont entre 225V et 230V. L'abaissement de tension, lorsque le LEC est actif (*Bypass OFF*) est donc de l'ordre de  $30V_{RMS}$  à  $35V_{RMS}$ .

### 3.2.2 Considération sur les courants

#### 3.2.2.1 Courant de phases à l'entrée du LEC

La Figure 3-4 montre la variation des courants efficaces de phases à l'entrée du LEC, soit les courants de lignes du réseau d'alimentation.

Moyennes des courant efficaces (RMS) et taux de distorsion harmonique moyennes (THD) :

*LEC actif (Bypass OFF) :*

Charge	$I_{L1}$		$I_{L2}$		$I_{L3}$	
	[A <sub>RMS</sub> ]	[%]	[A <sub>RMS</sub> ]	[%]	[A <sub>RMS</sub> ]	[%]
25%	15.7	26.9	16.0	29.5	14.3	26.4
50%	22.2	27.2	20.7	28.0	23.0	26.3
75%	34.8	27.3	31.8	27.1	33.6	25.5
100%	43.6	25.0	45.8	24.5	43.0	24.4

*LEC inactif (Bypass ON)*

Charge	$I_{L1}$		$I_{L2}$		$I_{L3}$	
	[A <sub>RMS</sub> ]	[%]	[A <sub>RMS</sub> ]	[%]	[A <sub>RMS</sub> ]	[%]
25%	22.6	24.1	23.5	25.2	20.0	24.7
50%	31.8	24.4	30.7	23.9	30.4	24.3
75%	51.7	23.6	48.6	22.2	50.8	22.4
100%	63.2	21.9	71.2	19.8	62.7	21.7

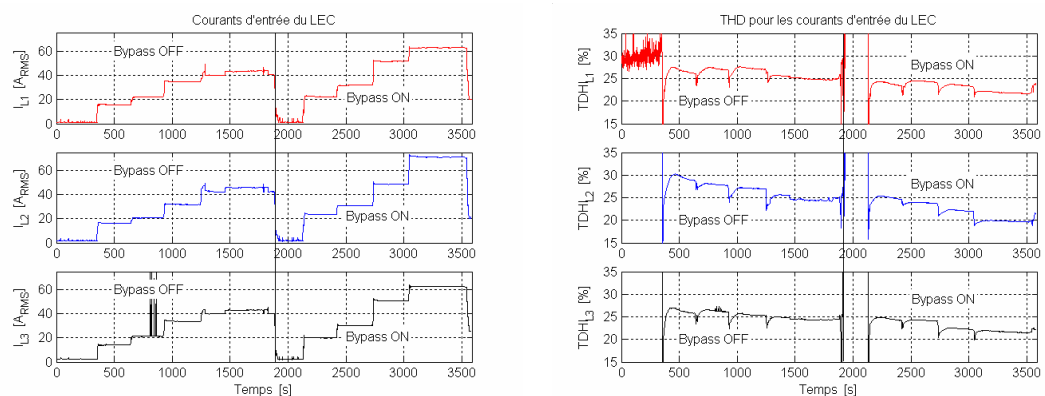


Figure 3-4 : Courants à l'entrée du LEC

Les moyennes sont effectuées sur 150s après stabilisation du point de fonctionnement.

La charge (tubes fluorescents avec ballasts électromagnétiques) provoque une distorsion harmonique de courant élevée (environ 25%). L'introduction du LEC provoque une augmentation du taux de distorsion harmonique du courant (THD) de 4% environ. Ce phénomène ne peut s'expliquer que par une connaissance approfondie du réseau d'alimentation (impédances de lignes, type de consommateur, ...). On se borne ici à l'observation de ce phénomène.

On peut également remarquer que la charge n'est pas symétrique (répartition non uniforme des tubes fluorescents sur les trois phases).

### 3.2.2.2 Courants de phases à la sortie du LEC

La Figure 3-5 montre la variation des courants de phases à la sortie du LEC, ce sont les courants de phases d'alimentation de la charge.

Moyennes des courants efficaces (RMS) et taux de distorsion harmonique moyennes (THD) :

*LEC actif (Bypass OFF) :*

Charge	$I_U$		$I_V$		$I_W$	
	[ARMS]	[%]	[ARMS]	[%]	[ARMS]	[%]
0%	0	0	0	0	0	0
25%	16.9	27.2	17.5	30.0	16.1	23.8
50%	24.1	27.5	22.8	28.2	23.0	24.0
75%	37.6	27.6	35.1	27.3	37.8	23.3
100%	46.9	25.3	51.1	24.8	48.6	22.3

*LEC inactif (Bypass ON)*

Charge	$I_U$		$I_V$		$I_W$	
	[ARMS]	[%]	[ARMS]	[%]	[ARMS]	[%]
0%	0	0	0	0	0	0
25%	21.6	24.1	22.9	25.5	20.0	22.2
50%	30.6	24.6	30.0	24.3	30.5	22.1
75%	49.4	23.7	47.7	22.8	50.8	20.4
100%	60.3	22.1	70.3	19.9	62.8	19.7

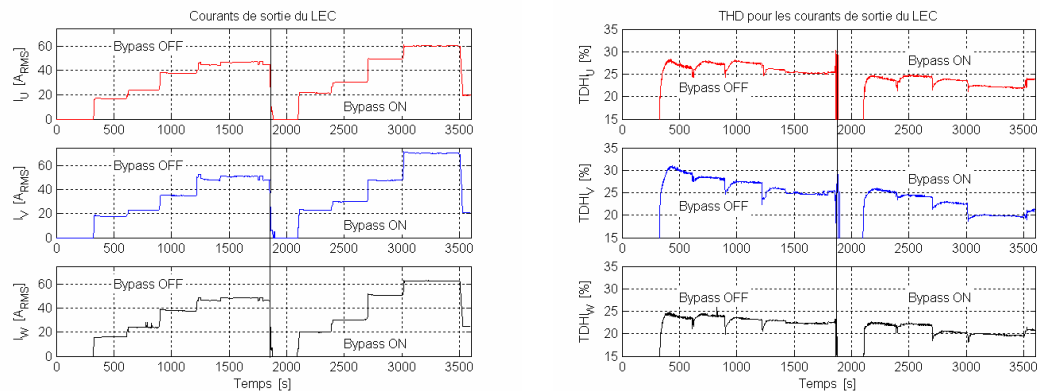


Figure 3-5 : Courants à la sortie du LEC

Les moyennes sont effectuées sur 150s après stabilisation du point de fonctionnement.

La charge (tubes fluorescents avec ballasts électromagnétiques) provoque une distorsion harmonique de courant élevée (environ 25%). L'introduction du LEC provoque une augmentation du taux de distorsion harmonique du courant (THD) de 4% environ. Ce phénomène ne peut s'expliquer que par une connaissance approfondie du réseau d'alimentation (impédances de lignes, type de consommateur, ...). On se borne ici à l'observation de ce phénomène.

On peut également remarquer que la charge n'est pas symétrique (répartition non uniforme des tubes fluorescents sur les trois phases).

### 3.2.3 Considération sur les puissances actives

#### 3.2.3.1 Puissances actives à l'entrée du LEC

La Figure 3-6 montre les échelons des puissances actives de phases consommées sur le réseau d'alimentation (entrée du LEC).

Puissances actives moyennes.

*LEC actif (Bypass OFF) :*

Charge	$P_{L1}$ [W]	$P_{L2}$ [W]	$P_{L3}$ [W]
0%	58.7	51.1	71.8
25%	3295	3378	3089
50%	4742	4416	4749
75%	7401	6749	6780
100%	9363	9516	9054

*LEC inactif (Bypass ON)*

Charge	$P_{L1}$ [W]	$P_{L2}$ [W]	$P_{L3}$ [W]
0%	45.8	63.1	73.3
25%	4445	4723	3977
50%	6350	6124	5927
75%	10081	9368	9177
100%	12317	12982	11860

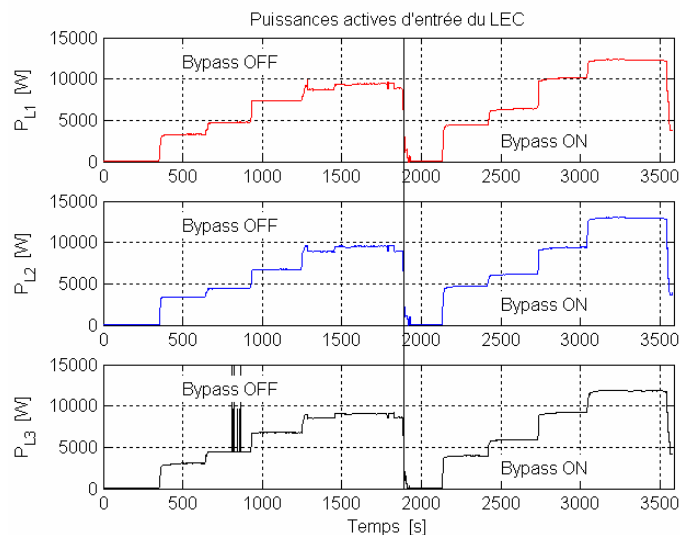


Figure 3-6 : Puissances actives à l'entrée du LEC

Les moyennes sont effectuées sur 150s après stabilisation du point de fonctionnement.

On voit immédiatement que les puissances actives de phases consommées diminuent d'un quart environ lorsque le LEC est actif (principe de l'économiseur).

### 3.2.3.2 Puissances actives à la sortie du LEC

La Figure 3-7 montre les échelons des puissances actives de phases consommées la charge (sortie du LEC).

Puissances actives moyennes.

*LEC actif (Bypass OFF) :*

Charge	$P_U$ [W]	$P_V$ [W]	$P_W$ [W]
0%	0	0	0
25%	3126	3267	3062
50%	4502	4268	4497
75%	6973	6503	6827
100%	8748	9201	9055

*LEC inactif (Bypass ON) :*

Charge	$P_U$ [W]	$P_V$ [W]	$P_W$ [W]
0%	0	0	0
25%	4262	4624	4124
50%	6105	5993	6144
75%	9677	9226	9572
100%	11726	12862	12243

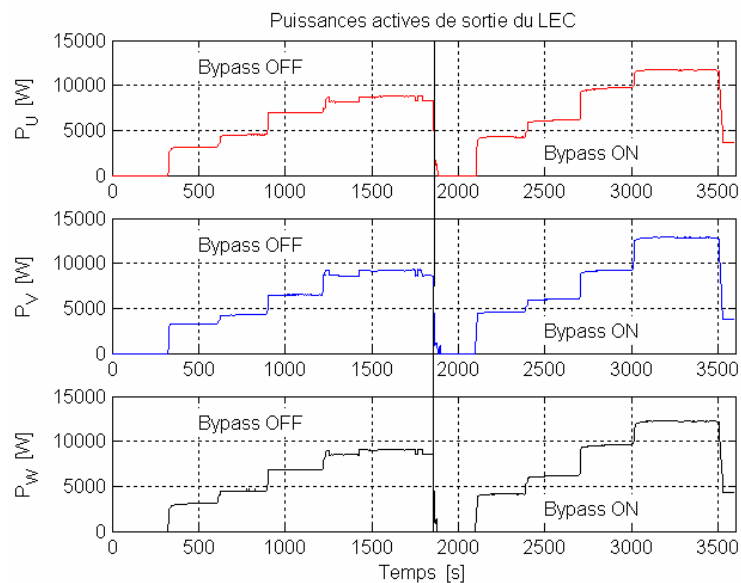


Figure 3-7 : Puissances actives à la sortie du LEC

Les moyennes sont effectuées sur 150s après stabilisation du point de fonctionnement.

On voit immédiatement que les puissances actives de phases consommées diminuent d'un quart environ lorsque le LEC est actif (principe de l'économiseur).

### 3.2.3.3 Puissances actives totales à l'entrée et à la sortie du LEC

La Figure 3-8 montre les puissances actives totales à l'entrée et à la sortie du LEC.

Puissances actives moyennes.

*LEC actif (Bypass OFF) :*

Charge	$P_{IN}$ [W]	$P_{OUT}$ [W]
0%	182	0
25%	9762	9455
50%	13637	13267
75%	20930	20303
100%	27933	27004

*LEC inactif (Bypass ON)*

Charge	$P_{IN}$ [W]	$P_{OUT}$ [W]
0%	182	0
25%	13145	13010
50%	18401	18242
75%	28626	28475
100%	37159	36831

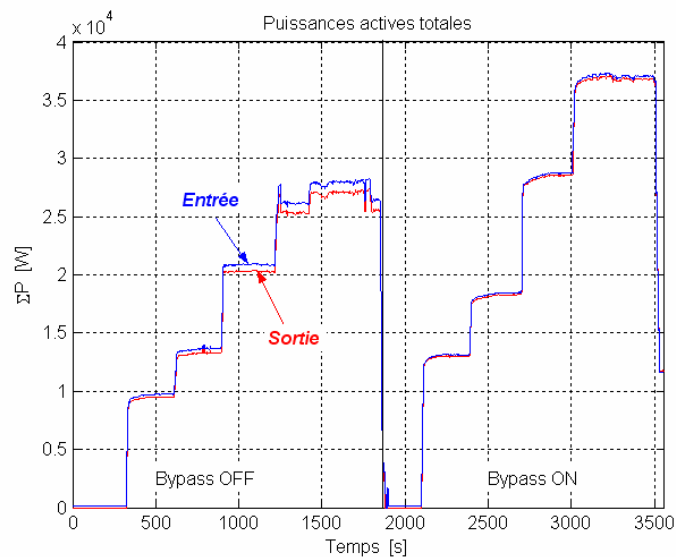


Figure 3-8 : Puissances actives totales à l'entrée et à la sortie du LEC

Les moyennes sont effectuées sur 150s après stabilisation du point de fonctionnement.

La Figure 3-8 montre de manière évidente que le LEC permet de diminuer d'un quart environ la puissance absorbée par la charge.

### 3.2.3.4 Puissance active absorbée par le LEC

La différence entre les mesures des puissances actives totales d'entrée et de sortie donne la puissance absorbée par le LEC (pertes).

$$\bar{P}_{LEC[x\%]} = \bar{P}_{IN[x\%]} - \bar{P}_{OUT[x\%]} \quad [W] \quad 3.1$$

Charge	<i>LEC actif (Bypass OFF)</i>	<i>LEC inactif (Bypass ON)</i>
	<b>P<sub>LEC</sub></b> [W]	<b>P<sub>LEC</sub></b> [W]
0%	182	182
25%	307	135
50%	370	159
75%	627	151
100%	929	328

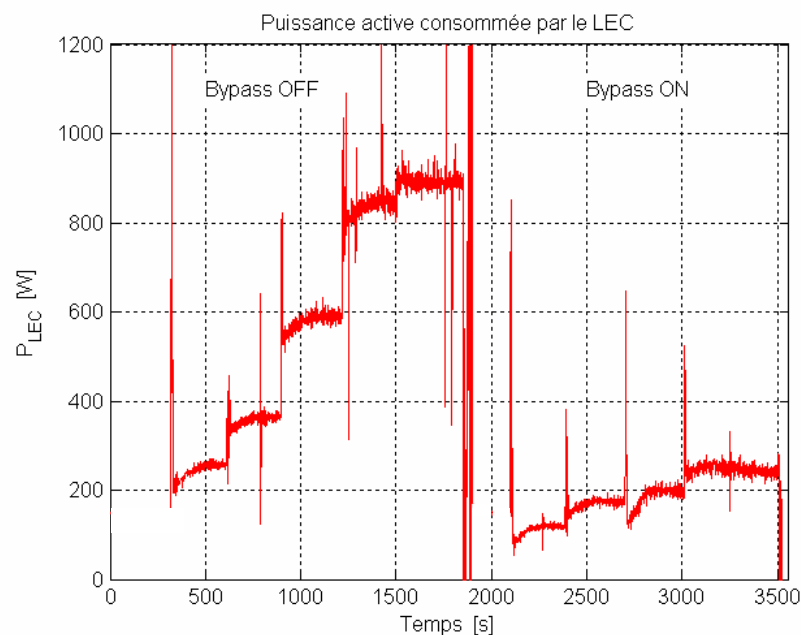


Figure 3-9 : Puissance active consommée par le LEC

Les moyennes sont effectuées sur 150s après stabilisation du point de fonctionnement.

La Figure 3-9 montre que, à puissance nominale, la puissance thermique devant être dissipée est de 900W environ. Ceci implique que des dispositions doivent être prises en fonction de l'emplacement du LEC.

## Rendement du LEC

A partir des mesures 3.2.3.3 et 3.2.3.4 précédentes, on peut déterminer le rendement du LEC.

$$\eta_{LEC[x\%]} = 100 \frac{\overline{P}_{OUT[x\%]}}{\overline{P}_{IN[x\%]}} \quad [\%] \quad 3.2$$

*LEC actif (Bypass OFF) :*

Charge	$\eta$ [%]
25%	96.9
50%	97.3
75%	97.0
100%	96.8

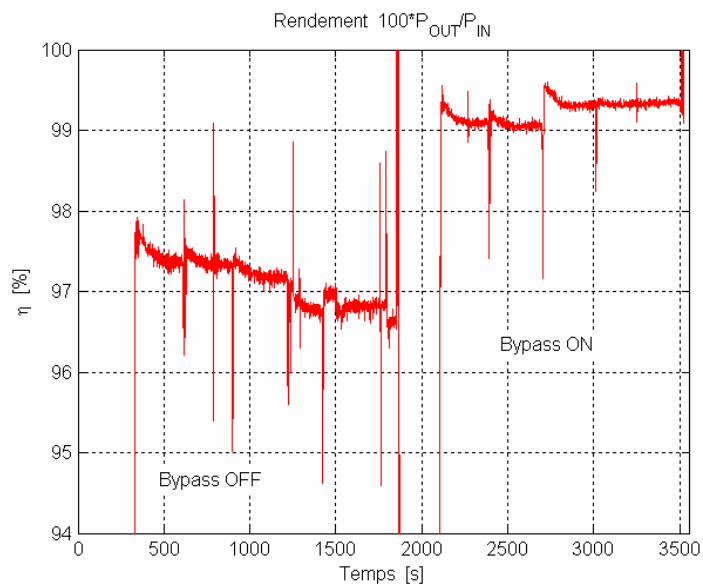


Figure 3-10 : Rendement du LEC

Les moyennes sont effectuées sur 150s après stabilisation du point de fonctionnement.

En mode LEC actif (Bypass OFF), le LEC présente un rendement de l'ordre de 97%, ce qui est assez remarquable.

Les courbes des Figure 3-9 et Figure 3-10 n'ont subi aucun lissage. La dispersion des valeurs est due à la soustraction de deux valeurs proches, entachées chacune d'une erreur de l'ordre du pourcent. Donner le rendement avec une précision de 0.1% n'a pas une grande signification. Le but est simplement de montrer que le rendement diminue légèrement avec la puissance transitant dans le LEC.



### 3.2.3.5 Economie de puissance actives

A partir des mesures précédentes, il est possible de déterminer l'économie de puissance active réalisée lorsque le LEC est actif.

La correspondance entre les puissances actives totales, avec ou sans le LEC activé, est donnée par l'identité de la charge.

En utilisant les puissances actives d'entrée du LEC, on peut déterminer les économies réelles faites en insérant un LEC entre le réseau d'alimentation et la charge. L'économie est calculée selon la relation suivante

$$\gamma_{P[x\%]} = 100 \left( 1 - \frac{\overline{P}_{IN[x\%]BypassOFF}}{\overline{P}_{IN[x\%]BypassON}} \right) \quad [\%] \quad 3.3$$

Où [x%] représente la puissance mesurée sous la forme d'une fraction en pourcent de la puissance nominale.

*LEC actif (Bypass OFF) :*

<b>Charge</b>	<b><math>\gamma_P</math> [%]</b>
25%	25.7
50%	25.9
75%	26.9
100%	24.8

Cette économie donnée en valeur relative peut être comprise comme une économie en puissance active ou en énergie consommée pour un point de fonctionnement donné. Les valeurs étant proches, on peut admettre une valeur moyenne ou dans le pire cas prendre la valeur la plus faible.

### 3.2.4 Considération sur les puissances réactives

#### 3.2.4.1 Puissances réactives à l'entrée du LEC

La Figure 3-11 montre les échelons des puissances réactives de phases en transit sur le réseau d'alimentation (entrée du LEC).

Puissances réactives moyennes.

*LEC actif (Bypass OFF) :*

Charge	$Q_{L1}$ [VAr]	$Q_{L2}$ [VAr]	$Q_{L3}$ [VAr]
0%	300	433	503
25%	1361	1322	1263
50%	1588	1529	1897
75%	2528	2431	3456
100%	3133	4142	3694

*LEC inactif (Bypass ON)*

Charge	$Q_{L1}$ [VAr]	$Q_{L2}$ [VAr]	$Q_{L3}$ [VAr]
0%	314	451	523
25%	2618	2584	2272
50%	3480	3376	3603
75%	5853	5774	6984
100%	7121	9239	7709

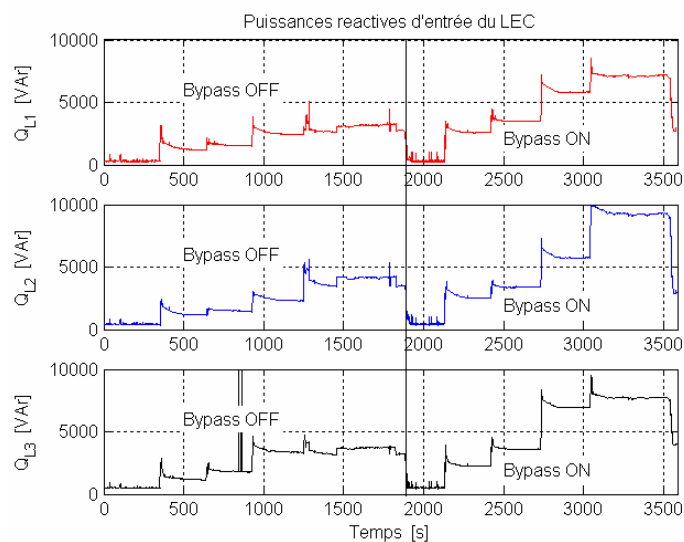


Figure 3-11 : Puissances réactives d'entrée du LEC

Les moyennes sont effectuées sur 150s après stabilisation du point de fonctionnement.

On voit immédiatement que les puissances réactives de phases diminuent de moitié environ lorsque le LEC est actif.

### 3.2.4.2 Puissances réactives à la sortie du LEC

La Figure 3-12 montre les échelons des puissances réactives de phases en transit avec la charge (sortie du LEC).

Puissances actives moyennes.

*LEC actif (Bypass OFF) :*

Charge	$Q_U$ [VAr]	$Q_V$ [VAr]	$Q_W$ [VAr]
0%	0	0	0
25%	676	456	485
50%	599	578	863
75%	1006	1140	2263
100%	1345	1974	2149

*LEC inactif (Bypass ON)*

Charge	$Q_U$ [VAr]	$Q_V$ [VAr]	$Q_W$ [VAr]
0%	0	0	0
25%	2115	1974	1643
50%	2778	2725	2780
75%	4771	4946	5873
100%	5952	8356	6375

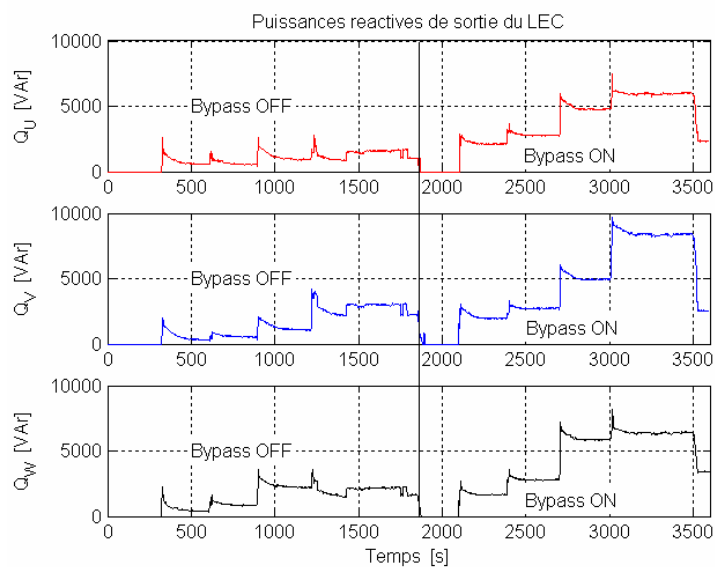


Figure 3-12 : Puissances réactives de sortie du LEC

Les moyennes sont effectuées sur 150s après stabilisation du point de fonctionnement.

On voit immédiatement que les puissances réactives de phases diminuent de moitié environ lorsque le LEC est actif

### 3.2.4.3 Puissances réactives totales à l'entrée et à la sortie du LEC

La Figure 3-13 montre les puissances réactives totales à l'entrée et à la sortie du LEC. On voit ici que la diminution de la puissance réactive en transit avec le réseau est encore plus forte que la diminution de la consommation de puissance active.

Puissances réactives moyennes.

*LEC actif (Bypass OFF) :*

Charge	$Q_{IN}$ [VAr]	$Q_{OUT}$ [VAr]
0%	1236	0
25%	3946	1617
50%	5014	2040
75%	8325	4409
100%	10969	5468

*LEC inactif (Bypass ON)*

Charge	$Q_{IN}$ [VAr]	$Q_{OUT}$ [VAr]
0%	1288	0
25%	7474	5732
50%	10459	8283
75%	18611	15590
100%	24069	20683

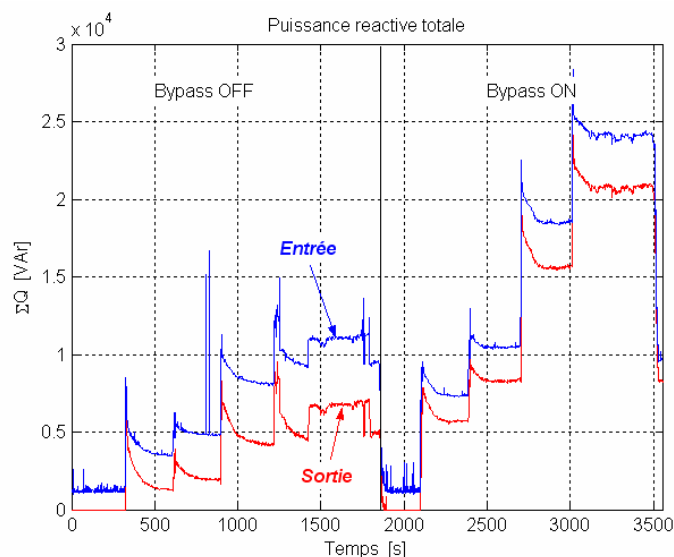


Figure 3-13 : Puissances réactives totales à l'entrée et à la sortie du LEC

Les moyennes sont effectuées sur 150s après stabilisation du point de fonctionnement.

La Figure 3-13 montre de manière évidente que le LEC permet de diminuer de moitié environ la puissance réactive en transit dans la charge.

### 3.2.4.4 Economie de puissance réactives

A partir des mesures précédentes, il est possible de déterminer l'économie de puissance réactive réalisée lorsque le LEC est actif.

La correspondance entre les puissances réactives totales, avec ou sans le LEC activé, est donnée par l'identité de la charge.

En utilisant les puissances réactives d'entrée du LEC, on peut déterminer les économies réelles faites en insérant un LEC entre le réseau d'alimentation et la charge. L'économie est calculée selon la relation suivante

$$\gamma_{Q[x\%]} = 100 \left( 1 - \frac{\overline{Q}_{IN[x\%]BypassOFF}}{\overline{Q}_{IN[x\%]BypassON}} \right) \quad [\%] \quad 3.4$$

Où [x%] représente la puissance mesurée sous la forme d'une fraction en pourcent de la puissance nominale.

*LEC actif (Bypass OFF) :*

<b>Charge</b>	<b><math>\gamma_Q</math> [%]</b>
25%	47.2
50%	52.1
75%	55.3
100%	54.4

Cette économie donnée en valeur relative peut être comprise comme une économie en puissance réactive ou en énergie en transit pour un point de fonctionnement donné. Les valeurs étant proches, on peut admettre une valeur moyenne ou dans le pire cas prendre la valeur la plus faible.

### 3.2.5 Considération sur les facteurs de puissance

#### 3.2.5.1 Déplacement du facteur DPF ou $\cos(\varphi)$ de puissance à l'entrée

Les résultats des mesures des puissances actives et réactives totales montrent clairement que le déplacement du facteur de puissance ou  $\cos(\varphi)$ , dont la définition est

$$\cos(\varphi)_{[x\%]} = DPF_{[x\%]} = \frac{\overline{P}_{[x\%]}^1}{\overline{S}_{[x\%]}^1} = \frac{\overline{P}_{[x\%]}^1}{\sqrt{(\overline{P}_{[x\%]}^1)^2 + (\overline{Q}_{[x\%]}^1)^2}} \left[ \frac{W}{VA} \right] \quad 3.5$$

augmente sensiblement lorsque le LEC est inséré entre la charge et le réseau d'alimentation. L'indice 1 indique qu'il s'agit de l'onde fondamentale de puissance

*LEC actif (Bypass OFF) :*

Charge	DPF <sub>L1</sub> [W/VA]	DPF <sub>L2</sub> [W/VA]	DPF <sub>L3</sub> [W/VA]
25%	0.963	0.979	0.969
50%	0.986	0.987	0.965
75%	0.987	0.981	0.928
100%	0.982	0.950	0.960

*LEC inactif (Bypass ON)*

Charge	DPF <sub>L1</sub> [W/VA]	DPF <sub>L2</sub> [W/VA]	DPF <sub>L3</sub> [W/VA]
25%	0.861	0.910	0.903
50%	0.877	0.906	0.886
75%	0.865	0.878	0.822
100%	0.866	0.837	0.865

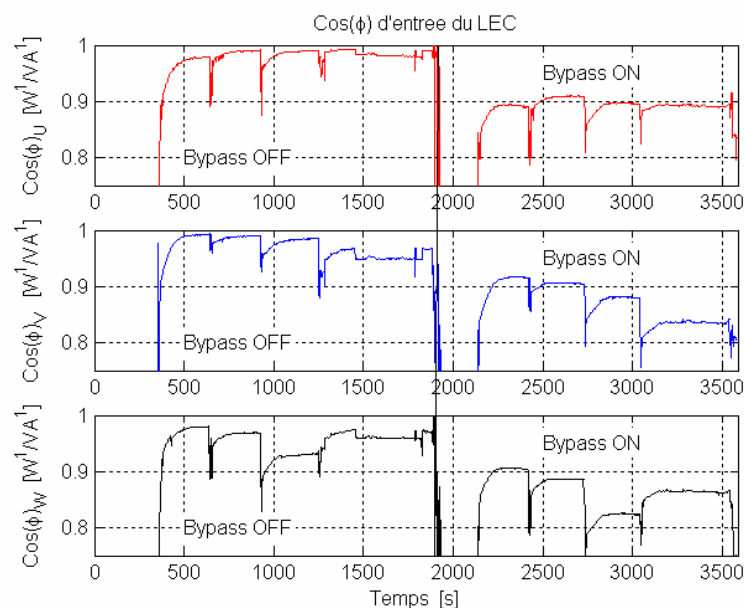


Figure 3-14 : Déplacement du facteur de puissance à l'entrée du LEC

### 3.2.5.2 Déplacement du facteur DPF ou $\cos(\varphi)$ de puissance à la sortie

Les résultats des mesures des puissances actives et réactives totales montrent clairement que le déplacement du facteur de puissance ou  $\cos(\varphi)$ , dont la définition est

$$\text{Cos}(\varphi)_{[x\%]} = \text{DPF}_{[x\%]} = \frac{\overline{P}_{[x\%]}^1}{\overline{S}_{[x\%]}^1} = \frac{\overline{P}_{[x\%]}^1}{\sqrt{\left(\overline{P}_{[x\%]}^1\right)^2 + \left(\overline{Q}_{[x\%]}^1\right)^2}} \left[ \frac{W}{VA} \right] \quad 3.6$$

augmente sensiblement lorsque le LEC est inséré entre la charge et le réseau d'alimentation. L'indice 1 indique qu'il s'agit de l'onde fondamentale de puissance

*LEC actif (Bypass OFF) :*

Charge	DPF <sub>U</sub> [W/VA]	DPF <sub>V</sub> [W/VA]	DPF <sub>W</sub> [W/VA]
25%	0.977	0.990	0.987
50%	0.991	0.990	0.982
75%	0.990	0.985	0.949
100%	0.985	0.952	0.973

*LEC inactif (Bypass ON)*

Charge	DPF <sub>U</sub> [W/VA]	DPF <sub>V</sub> [W/VA]	DPF <sub>W</sub> [W/VA]
25%	0.896	0.920	0.929
50%	0.910	0.910	0.911
75%	0.897	0.881	0.852
100%	0.892	0.839	0.887

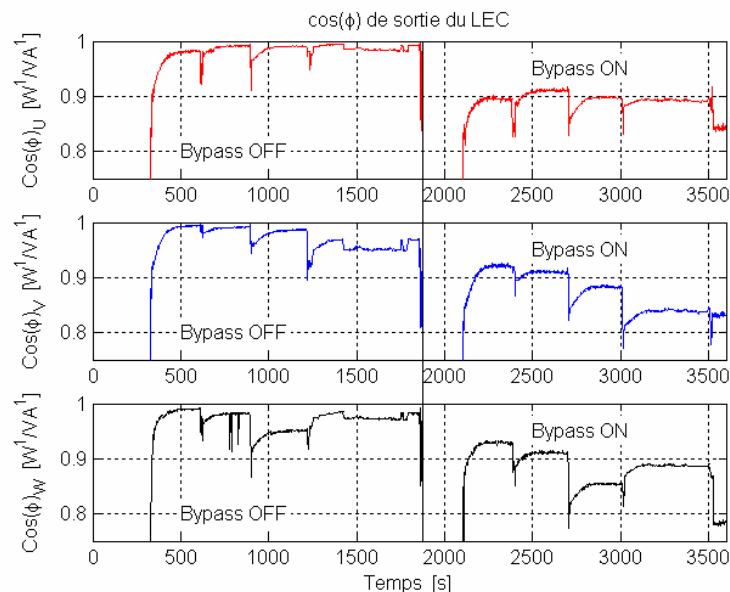


Figure 3-15 : Déplacement du facteur de puissance à la sortie du LEC

### 3.3 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

#### 3.3.1 Economie sur la puissance active

Avant une analyse des résultats, il faut se souvenir que nous avons mesuré en laboratoire la puissance active consommée par des tubes fluorescents (*Tube Fluorescent Philips TLD 38W / 33*) en fonction de la tension. La Figure 3-16 est le résultat de ces mesures.

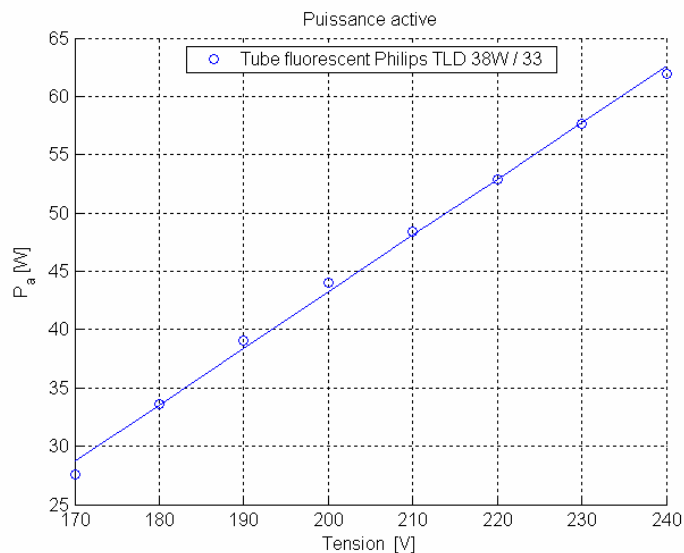


Figure 3-16 : Puissance active en fonction de la tension

La tension efficace de phase moyenne du réseau durant nos tests est de

$$V_{RESEAU} = 227V \quad 3.7$$

De la Figure 3-16 on peut déterminer la puissance active consommée en fonction de la tension aux bornes du tube fluorescent :

$$\begin{aligned} V_{NOM} = 227V &\rightarrow P_{NOM} = 55W \\ V_{MIN} = 195V &\rightarrow P_{MIN} = 41.5W \end{aligned} \quad 3.8$$

On peut donc calculer l'économie de puissance actives lorsque la tension passe de 227V à 195V.

$$\gamma_P = 100 \frac{P_{NOM} - P_{MIN}}{P_{NOM}} = 100 \frac{55 - 41.5}{55} = 24.5\% \quad 3.9$$

A pleine charge, les mesures effectuées au dépôt des TL donnent une économie moyenne, pour la puissance active de

$$\gamma_P = 24.8\% \quad 3.10$$

La corrélation entre les mesures peut être considérée comme très bonne.



### 3.3.2 Economie de puissance réactive

On observe également que pour le tube fluorescent mesuré en laboratoire [1], le facteur de puissance (PF), augmente quand la tension aux bornes du tube diminue. Le tableau ci-dessous est tiré de [1]. Nous avons ajouté une colonne pour la puissance réactive.

Tension [V]	Puissance active [W]	Flux à 1m [lux]	PF [1]	Puissance active [Var]
170	27.60	189	0.649	32.35
180	33.60	220	0.610	43.65
190	39.10	245	0.572	56.07
200	44.00	270	0.540	68.58
210	48.40	285	0.510	81.63
220	52.90	305	0.483	95.90
230	57.70	325	0.468	108.96
240	61.90	330	0.445	124.57

Tableau 3-2 : Tube Fluorescent Philips TLD 38W / 33

La puissance réactive diminue aussi lorsque la tension est abaissée. Lorsque la tension passe de 227V à 195V, l'économie attendue est de :

$$\gamma_Q = 100 \frac{Q_{NOM} - Q_{MIN}}{Q_{NOM}} = 100 \frac{105 - 62.3}{105} = 40.7\% \quad 3.13$$

A pleine charge, les mesures effectuées au dépôt des TL donne une économie moyenne, pour la puissance réactive, de

$$\gamma_Q = 54.4\% \quad 3.14$$

Cette diminution de la puissance réactive en transit permet une diminution des pertes en ligne, ce qui peut être avantageux, car la puissance réactive est également prise en compte par le fournisseur d'énergie électrique. En règle générale, la consommation d'énergie réactive tolérée sans surtaxe est égale en valeur à la moitié de l'énergie active, ce qui correspond à un facteur de puissance supérieur à 0.895. Une installation d'éclairage comportant majoritairement des tubes fluorescents, dont le facteur de puissance est de l'ordre de 0.47, doit donc être compensée par des condensateurs. C'est vraisemblablement le cas dans hall des TL, puisque nous avons mesuré un FP proche de 0.9 pour une tension de 230V.

Les valeurs des facteurs de puissance PD et des déplacements du facteur de puissance DPF sont quasi-identiques. La raison est que les taux de distorsions harmoniques THD des tensions sont très faibles.

Bien qu'une meilleure répartition de la charge sur les trois phases eût été judicieuse, les dissymétries observées ne présentent pas de problème particulier.

Malgré l'excellent rendement du LEC, la puissance dissipée s'approche des 1000W pour 37kW à pleine puissance, soit 2.7% de pertes (97.3% de rendement). Il est donc impératif de bien dimensionner la partie thermique de l'installation dans laquelle le LEC est installé.

### 3.3.3 Protocoles des mesures

Les *Tableaux 3-3, 3-4 et 3-5*, des deux pages suivantes sont une synthèse des résultats présentés dans les sections précédentes. Nous pensons qu'un tel format est adéquat pour visualiser en un coup d'œil les mesures faites sur une installation. Les tableaux ont été portés sous Excel<sup>3</sup>. Le tableau résumé (3-5) se remplit automatiquement en fonction des mesures brutes entrées dans 3-3 et 3-4.

#### **Procédure de mesure d'une installation :**

1. Raccorder les instruments de manière à mesurer :
2. Les 3 tensions à l'entrée du LEC (Bornes L1, L2, L3)
3. Les 3 courants à l'entrée du LEC (Il est recommandé d'utiliser des sondes de type LEM-flex de manière à avoir à éviter d'ouvrir les circuits.)
4. Les 3 tensions à la sortie du LEC (Bornes (U, V, W)
5. Les 3 courants à la sortie du LEC
6. Avec le LEC en fonction (Bypass OFF), pour différentes charges, mesurer et reporter dans le fichier Excel:
  - Les tensions efficaces, les courants efficaces
  - Les puissances active et réactive
7. Avec le LEC inactif (Bypass ON), pour les mêmes charges que précédemment, mesurer et reporter dans le fichier Excel:
  - Les tensions efficaces, les courants efficaces
  - Les puissances active et réactive
8. L'économie réalisée est calculée automatiquement dans le tableau résumé.
9. Imprimer le fichier.

Il est aussi instructif de mesurer le courant dans le neutre, ce qui donne une information sur l'équilibre de la charge selon les 3 phases et le courant du neutre vers la terre, ce qui donne une information sur l'adéquation du câblage. En principe, ce dernier doit être nul pour des raisons de sécurité.

---

<sup>3</sup> Excel est une marque déposée de Microsoft Corporation

Heure	Charge	Grandeur	Unité	Entrée			Total	Sortie			Total
				L1	L2	L3		U	V	W	
10:00	0%	Tensions	V	229	229	230	182	229	229	229	0
		Courants	A	0.284	0.330	0.401		0.0	0.0	0.0	
		Puissance	W	45.8	63.1	73.3		0.0	0.0	0.0	
		Réactive	Var	314	451	523		0.0	0.0	0.0	
		Fact. Puiss.	-	0.144	0.139	0.139		-	-	-	
10:05	25%	Tensions	V	228	228	229	13145	227	227	228	13010
		Courants	A	22.6	23.5	20.0		21.6	22.9	20.0	
		Puissance	W	4445	4723	3977		4262	4624	4124	
		Réactive	Var	2618	2584	2272		2115	1974	1643	
		Fact. Puiss.	-	0.862	0.877	0.868		0.896	0.920	0.929	
10:10	50%	Tensions	V	227	227	228	18401	226	227	227	18242
		Courants	A	31.8	30.7	30.4		30.6	30.0	30.5	
		Puissance	W	6350	6124	5927		6105	5993	6144	
		Réactive	Var	3480	3376	3603		2778	2725	2780	
		Fact. Puiss.	-	0.877	0.876	0.855		0.910	0.910	0.911	
10:15	75%	Tensions	V	226	226	227	28626	225	226	226	28475
		Courants	A	51.7	48.8	50.8		49.4	47.7	50.8	
		Puissance	W	10081	9368	9177		9677	9226	9572	
		Réactive	Var	5853	5774	6984		4771	4946	5873	
		Fact. Puiss.	-	0.865	0.851	0.796		0.897	0.881	0.852	
10:20	100%	Tensions	V	225	224	226	37159	224	223	225	36831
		Courants	A	63.2	71.2	62.7		60.3	70.3	62.8	
		Puissance	W	12317	12982	11860		11726	12862	12243	
		Réactive	Var	7121	9239	7709		5952	8356	6375	
		Fact. Puiss.	-	0.866	0.815	0.838		0.892	0.839	0.887	
							24069				20683

Tableau 3-3 : LEC actif (Bypass OFF) – Mesures à différentes charges

Heure	Charge	Grandeur	Unité	Entrée			Total	Sortie			Total
				L1	L2	L3		U	V	W	
9:30	0%	Tensions	V	227	227	227	182	199	199	200	0
		Courants	A	0.578	0.309	0.411		0.0	0.0	0.0	
		Puissance	W	58.7	51.1	71.8		0.0	0.0	0.0	
		Réactive	Var	300	433	503		0.0	0.0	0.0	
		Fact. Puiss.	-	0.192	0.117	0.141		-	-	-	
9:35	25%	Tensions	V	225	225	226	9762	197	197	198	9455
		Courants	A	15.7	16.0	14.3		16.9	17.5	16.1	
		Puissance	W	3295	3378	3089		3126	3267	3062	
		Réactive	Var	1361	1322	1263		676	456	485	
		Fact. Puiss.	-	0.924	0.931	0.926		0.977	0.990	0.988	
9:40	50%	Tensions	V	225	226	226	13637	197	197	198	13267
		Courants	A	22.2	20.7	22.3		24.1	22.8	23.0	
		Puissance	W	4742	4416	4479		4502	4268	4497	
		Réactive	Var	1588	1529	1897		599	578	863	
		Fact. Puiss.	-	0.948	0.945	0.921		0.991	0.991	0.982	
9:45	75%	Tensions	V	224	225	225	20930	195	196	196	20303
		Courants	A	34.8	31.8	33.6		37.6	35.1	37.8	
		Puissance	W	7401	6749	6780		6973	6503	6827	
		Réactive	Var	2528	2341	3456		1006	1140	2263	
		Fact. Puiss.	-	0.946	0.945	0.891		0.990	0.985	0.949	
9:50	100%	Tensions	V	226	226	227	27933	196	196	197	27004
		Courants	A	43.6	45.8	43.0		46.9	51.1	48.6	
		Puissance	W	9363	9516	9054		8748	9201	9055	
		Réactive	Var	3133	4142	3694		1345	1974	2149	
		Fact. Puiss.	-	0.948	0.917	0.926		0.988	0.978	0.973	

Tableau 3-4 : LEC inactif (Bypass ON) – Mesures à différentes charges

Le *Tableau 3-5* est une synthèse des mesures pour la puissance active en fonction de la charge. On peut, sur la base de ce dernier, dire que l'économie d'énergie consommée par la charge, pour cette installation, est de 25%

Charge	Entrée $P_{IN}$ [W]	LEC actif			Perte [W]	Perte [%]	LEC inactif Entrée P [W]	<b>Economie</b> $\gamma_P$ [%]
		Sortie $P_{OUT}$ [W]	Perte $P_{LEC}$ [W]					
0%	1182	0	182		100%			
25%	9762	9455	307		3.14%	13145	<b>25.7%</b>	
50%	13637	13267	370		2.71%	18401	<b>25.9%</b>	
75%	20930	20303	627		3.00%	28626	<b>26.9%</b>	
100%	27933	27004	929		3.33%	37159	<b>24.8%</b>	

*Tableau 3-5 : Economie de puissance active, synthèse des résultats*

Le *Tableau 3-6* est une synthèse des mesures pour la puissance réactive en fonction de la charge. On peut, sur la base de ce dernier, dire que l'économie sur le transit d'énergie entre le réseau d'alimentation et la charge, pour cette installation, est de 52%

Charge	LEC actif		LEC inactif		<b>Economie</b> $\gamma_Q$ [%]
	Entrée Var		Entrée Var		
0%	1236		0		
25%	3946		7474		<b>47.2%</b>
50%	5014		10459		<b>52.1%</b>
75%	8325		18611		<b>55.3%</b>
100%	10969		24069		<b>54.4%</b>

*Tableau 3-6 : Economie de puissance réactive, synthèse des résultats*

La diminution de la tension aux bornes d'une charge entraîne une diminution de la puissance consommée. Cette assertion est une évidence. Par contre lorsque la charge est un tube fluorescent, la diminution de la tension provoque une augmentation du déplacement du facteur de puissance (DPF ou  $\cos(\varphi)$ ) et donc une réduction de la puissance réactive. Ce point a déjà été observé dans le rapport concernant le comportement de diverses sources lumineuse [1].

## 4. MESURES EN CONTINU

La seconde partie des mesures s'est déroulée dans des conditions normales d'utilisation, du jeudi 26 août 2004, 10h10 au lundi 28 août 2004 8h25. Le but ici est d'obtenir des données sur la variabilité de la consommation. Les mesures des tensions et des courants sont suffisantes pour connaître l'état de la charge.

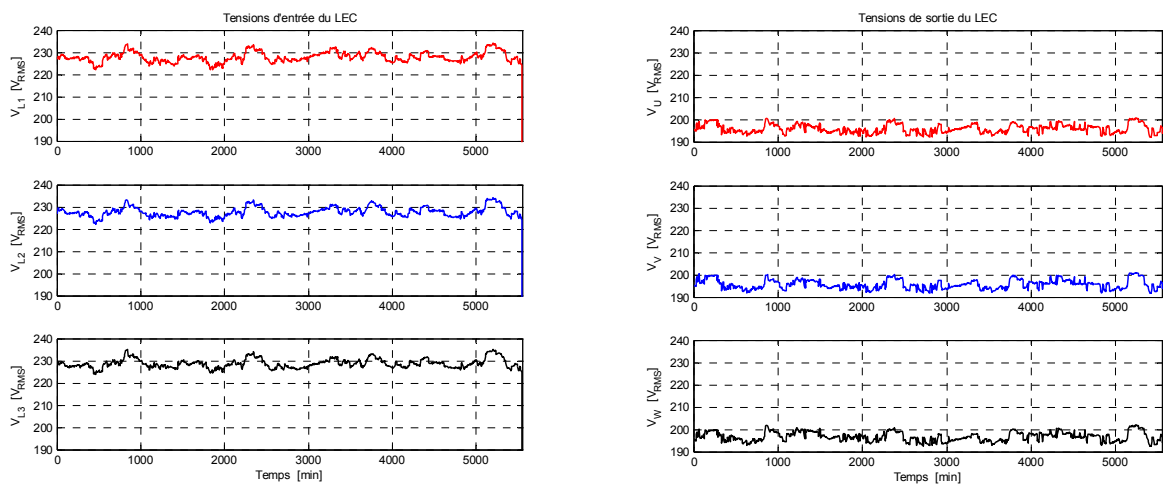
L'acquisition des tensions et des courants se font à une fréquence d'échantillonnage de  $T_S=6.4\text{kHz}$  pour l'entrée et  $T_S=12.8\text{kHz}$  pour la sortie.

Les grandeurs caractéristiques sont mesurées sur 1s (valeurs moyennes)

### 4.1 RÉSULTAT DES MESURES LONGUE DURÉE

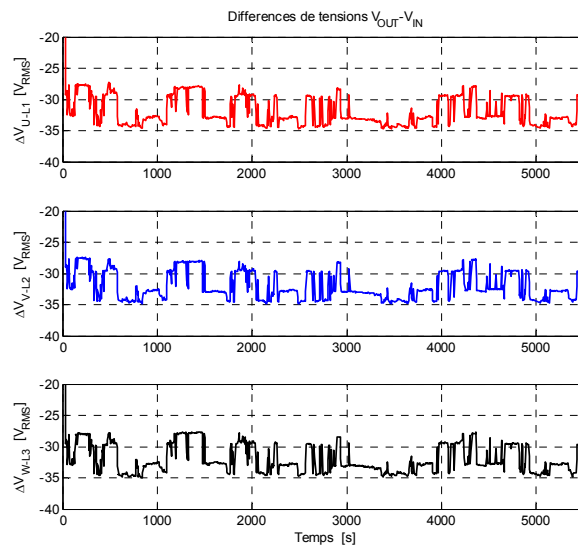
#### 4.1.1 Considération sur les tensions

Les mesures sont réalisées de la même manière que pour la première partie.



Tensions d'entrée

Tensions de sortie



Chutes de tension provoquées par le LEC

Figure 4-1 : Tensions à l'entrée et de sortie du LEC

Les résultats n'apportent aucun commentaire particulier. Les valeurs statistiques importantes sont résumées dans le *Tableau 4-1*.

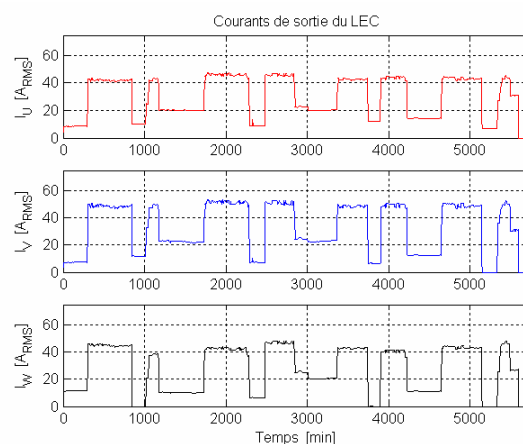
Paramètres	Unités	minimum	moyenne	maximum	écart type
V <sub>L1</sub>	[V]	223.7	228.7	234.5	2.16
V <sub>L2</sub>	[V]	223.8	228.5	234.6	2.11
V <sub>L3</sub>	[V]	225.4	229.5	235.8	2.01
V <sub>U</sub>	[V]	192.1	195.9	200.9	1.97
V <sub>V</sub>	[V]	191.8	195.7	201.2	2.14
V <sub>W</sub>	[V]	192.5	197.7	202.2	2.12

*Tableau 4-1 : Mesure statistique sur les tensions*

On voit que les valeurs moyennes des tensions de phases du réseau sont de 230V environ et que les tensions de sortie du LEC sont à 196V, valeur programmée : 195V.

#### 4.1.2 Considération sur les courants de phases en sortie

Les mesures sont réalisées de la même manière que pour la première partie mais seulement sur la sortie.



*Figure 4-2 : Courants de sortie du LEC*

La Figure 4-2 montre que la charge varie de 0% à 100%.

Paramètres	Unités	minimum	moyenne	maximum	écart type
I <sub>U</sub>	[V]	8.2	30.2	47.4	14.7
I <sub>V</sub>	[V]	0	33.3	53.5	18.1
I <sub>W</sub>	[V]	0	28.1	48.4	17.0

*Tableau 4-2 : : Mesure statistique sur les courants*

Les valeurs moyennes des courants se situent à environ 62% de leur maximum. Plus la valeur moyenne est proche de la valeur maximum plus l'économie en terme de coût d'investissement est importante. En effet le limiteur de tension doit être dimensionné en fonction de la puissance maximum qui doit le traverser. Les écarts types montrent une forte variation de la charge pour des durées importantes

---

## **5. CONCLUSIONS**

### **5.1 RÉDUCTION DES PUISSANCES ACTIVE ET RÉACTIVE**

Les mesures effectuées montrent de manière claire que la limitation de la tension est bien un moyen pour réaliser des économies d'énergie. Pour des sources lumineuses sous la forme de tubes fluorescents, il est démontré qu'il est possible de déterminer les économies sur la puissance active par un simple calcul avec une excellente précision. Les économies, sur la puissance réactive, sont également dépendantes du type de charge mais dans le cas des tubes fluorescents la diminution de la puissance réactive est spectaculaire.

### **5.2 CONSIDÉRATION THERMIQUE**

Malgré un excellent rendement, les puissances en jeu étant relativement élevées, des précautions élémentaires doivent être prises afin de respecter les contraintes thermiques et par conséquent la température de service du LEC si celui-ci est placé dans un coffret fermé.

### **5.3 DURÉE DE VALIDATION D'UNE INSTALLATION**

Pour des installations constituées de tubes fluorescents, une validation de l'installation ne semble plus nécessaire. Les mesures spécifiques sur ce type de sources ainsi que sur une installation existante ont démontré qu'une réduction de la consommation de 25% de puissance active est acquise.

Pour d'autres sources lumineuses, on peut affirmer qu'il est possible de caractériser, du point de vue électrique, une installation en deux heures maximum avec pose et dépose des appareils. Il est même important de réaliser ses mesures dans un laps de temps le plus court possible en s'assurant que la charge ne varie pas pendant les mesures.



## 6. SYNTHÈSE SUR L'ENSEMBLE DES MESURES

Au premier abord, l'économie d'énergie par limitation ou abaissement de la tension sur des sources lumineuses semble un problème assez simple. En réalité, la charge est constituée d'une source lumineuse et dans la plupart des cas d'un ballast ferromagnétique ou électronique. Une même source peut présenter un comportement différent selon le ballast utilisé. Par contre, la limitation de la tension permet des économies multiples.

1. Diminution de la puissance active sans gêne pour le confort de l'utilisateur.
2. Augmentation de la durée de vie de la source lumineuse.
3. Augmentation de la durée de vie du ballast.
4. Diminution des pertes thermiques (gain en climatisation),
5. Amélioration du  $\cos(\varphi)$  et par conséquent réduction de la capacité des compensateurs de puissance réactive.

De plus l'impact écologique n'est pas à négliger.

L'originalité principale du LEC réside dans sa conception. Dépourvu de condensateurs et de semi-conducteurs de puissance, sa fiabilité n'est pas limitée par quelques composants sensibles. Le rendement, estimé à 97% est excellent, à tel point que sa mesure est fortement dépendante de la précision des analyseurs de puissance utilisés.

La réduction de la puissance électrique d'une source lumineuse se traduit par une diminution de l'éclairage. Lors des essais, ce phénomène a été observé avec attention. Une brusque variation de la tension est visible par contre une variation lente, même par saut de 2V à 5V n'est pas observable dans des conditions de travail usuelles.

## 7. REMERCIEMENTS

Les auteurs du rapport remercie Monsieur P. Baud des TL et Monsieur B. Quintas de la société André Technologies pour respectivement la mise à disposition de l'installation et la mise en service des analyseurs de puissance

Yverdon-les-Bains, le 28 octobre 2004

André Perrenoud  
Ing.-Phys. EPFL  
Adjoint scientifique EIVD/IAI

Marc Correvon  
Ing. Dipl. EPFL  
Professeur EIVD

## Références

- [1] Validation d'un économiseur d'énergie dans le domaine de l'éclairage, Projet CeTT No 13550, Rapport WP1 & WP2, EIVD / IAI, juillet 2004