

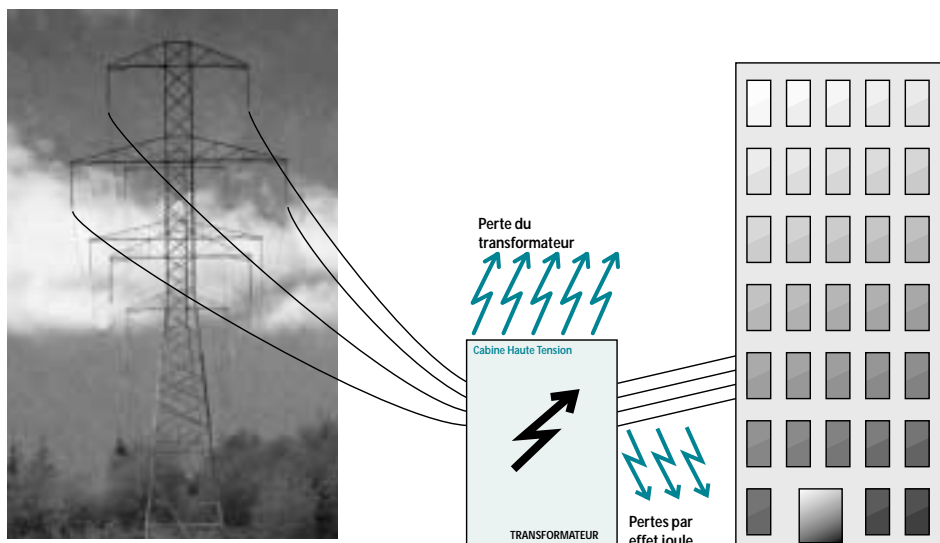
Le REactif

Le REactif est un bulletin de liaison entre les Responsables Energie du secteur tertiaire et de l'industrie, la Région Wallonne et ses contractants. Il s'inscrit dans l'ensemble des actions de promotion de l'URE (Utilisation Rationnelle de l'Energie) menées par la Direction Générale des Technologies, de la Recherche et de l'Energie.

Nouvelle alimentation électrique et URE

L'installation électrique d'un nouveau bâtiment tertiaire est la plus souvent constituée :

- d'un transformateur transformant la haute tension du distributeur en basse tension,
- d'un raccordement vers le tableau électrique général basse tension (ou TGBT),
- d'une distribution du TGBT vers les différents équipements comme les luminaires, les prises, ...
- d'équipements consommateurs (éclairage, bureautique, HVAC ...)



Habituellement, on se concentre principalement sur l'amélioration de l'efficacité énergétique des équipements finaux (rendement énergétique, gestion, ...).

C'est oublier qu'en amont de ceux-ci, c'est-à-dire entre le réseau du distributeur et le bâtiment, des pertes d'énergie non négligeables apparaissent déjà :

- pertes à vide et pertes en charge des transformateurs,
- pertes par effet joule dans les câbles d'alimentation.

Pertes des transformateurs

Un transformateur présente des pertes à vide et des pertes en charge.

Les pertes à vide (ou pertes « fer ») se produisent au sein du noyau ferromagnétique. Elles sont constantes quel que soit le régime de charge du transformateur, c'est-à-dire quelle que soit la consommation du bâtiment. Elles augmentent avec la puissance du transformateur.

Les pertes en charge (ou pertes « en court-circuit » ou nommées anciennement pertes « cuivre »)

BELGIQUE - BELGIE		
P.P.		
5000	NAMUR I	
P.P.	7	754

BUREAU DE DÉPOT
5000 NAMUR I

n°27

MARS 2001

ENERGIE

Energie

DGTRE

Trimestriel des Responsables Energie du secteur tertiaire et de l'industrie

sont, elles, dues à l'effet Joule (perte par échauffement des fils ou feuillards parcourus par un courant), augmentées des pertes additionnelles (pertes supplémentaires occasionnées par les courants parasites dans les enroulements et pièces de construction). Elles varient avec le carré du courant ou de la puissance débitée.

Remarque : la dénomination « pertes cuivre » date de l'époque où tous les enroulements étaient réalisés en cuivre. C'est encore le cas pour les très petites puissances. Pour les autres transformateurs, les constructeurs se sont tournés vers l'aluminium. C'est pourquoi, on parle maintenant de « pertes en court-circuit ».

On exprime donc les pertes totales d'un transformateur par :

$$W = W_{fe} + W_{cu} \times (S/S_n)^2$$

où : W = pertes totales du transformateur en charge réelle [W]

W_{fe} = pertes fer (constantes) [W]

W_{cu} = pertes en court-circuit à la charge nominale [W]

S_n = puissance nominale du transformateur [VA]

S = charge appliquée aux bornes [VA]

Exemple :

Soit un transformateur de 500 kVA, ayant des pertes fer de 730 W et des pertes en court-circuit à pleine charge de 4550 W. Sous un cos phi de 0,9, et une charge du transformateur de 300 kW, les pertes totales sont :

$$W = 730 [W] + 4 550 [W] \times ((300 [kW] / 0,9) / 500 [kVA])^2 = 2 752 [W]$$

En fonction de leurs aspects constructifs, tous les transformateurs ne présentent pas les mêmes pertes. La réduction des pertes se réalisant par l'augmentation des quantités de matériaux du transformateur, cela s'accompagne d'une augmentation du coût.



Transformateurs sec et à huile minérale



Dans un souci d'utilisation rationnelle de l'énergie, la FPE (Fédération Professionnelle des Producteurs et Distributeurs d'Electricité de Belgique) impose, dans ses prescriptions techniques ("Prescriptions techniques - cabines HT (<15 kV)") le respect des valeurs de pertes reprises dans les normes NBN HD428.1 S1 (tableaux II et III) (transformateurs immergés) et NBN HD 538.1 S1 (transformateurs secs) suivantes :

Pertes maximales admises des transformateurs (extrait des prescriptions techniques de la FPE)

Puissance nominale [kVA]	Type de transfo	Pertes à vide [W]	Pertes en charge (à charge nominale) [W]
400	Transfo sec (pertes réduites)	970	4 900
	Transfo à huile minérale	610	3 850
630	Transfo sec (pertes réduites)	1 270	6 900
	Transfo à huile minérale	860	5 600
800	Transfo sec (pertes réduites)	1 400	9 400
	Transfo à huile minérale	950	7 350

Par exemple, prenons un transformateur de 400 kVA, chargé en moyenne à 37%, avec un prix du kWh de 2,6 BEF.

Les pertes s'élèvent à :

- pour le transformateur sec :
 $(970 [W] + 4 900 [W] \times (400 [kVA] \times 0,37)^2) \times 8760 [h] / 1 000 = 14 385 [kWh/an]$ ou $37 402 [BEF/an]$ pour un investissement d'environ 350.000 BEF.
- pour le transformateur à huile :
 $(610 [W] + 3 850 [W] \times (400 [kVA] \times 0,37)^2) \times 8760 [h] / 1 000 = 9 970 [kWh/an]$ ou $25 922 [BEF/an]$ pour un investissement d'environ 250.000 BEF.

On remarque que les transformateurs à huile minérale présentent moins de pertes. Ce sont aussi les transformateurs les moins onéreux.

Cependant, les transformateurs secs sont de plus en plus préconisés par les bureaux d'études qui négligent les économies d'énergie en mettant en évidence les inconvénients des transformateurs à huile (risques de pollution, nécessité de prévoir un système de rétention de l'huile, risques d'incendie, ...).

Choix des pertes à vide et en charge

Pour diminuer les pertes de fonctionnement, il faut acheter un transformateur adapté à la charge appliquée :

- si le transformateur est faiblement chargé (moins de 30 %), les pertes à vide devront être les plus faibles possibles et les pertes en charge (à charge nominale) pourront être plus importantes;
- par contre, si le transformateur est très chargé (plus de 40 %), les pertes en charge devront être les plus faibles possibles et les pertes à vide peuvent être plus grandes.

Le plus souvent, il sera donc avantageux de choisir un transformateur avec des pertes à vide plus basses et des pertes en charge plus élevées que la moyenne standard, puisque dans la plupart des bâtiments tertiaires, la charge annuelle moyenne appliquée au transformateur sera comprise entre 20 et 40 %.

Dimensionnement des transformateurs

On a vu que les transformateurs présentent des pertes à vide proportionnelles à leur puissance et constantes quelle que soit leur charge. C'est pourquoi, il est important de ne pas trop les surdimensionner.

D'autre part, le sous-dimensionnement est également préjudiciable :

- les transformateurs n'ont pas leur rendement maximum à pleine charge mais plutôt aux environs de 50 % de charge.
- des échauffements anormaux des enroulements apparaissent avec ouverture des protections, arrêt de l'installation et vieillissement prématuré.

Pour les bâtiments existants

En rénovation, la tâche est plus aisée qu'en construction neuve. En effet, on peut se fier aux factures électriques des années antérieures. On peut reprendre ainsi les factures des 3 dernières années et y relever la pointe 1/4 horaire maximum, ainsi que le cos phi minimum enregistrés :

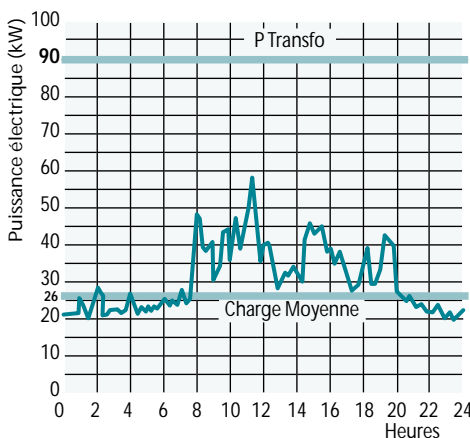
$$\begin{aligned} &\text{Puissance du nouveau transformateur} \\ &= \\ &(\text{Pointe 1/4 horaire max} / \text{cos phi min}) \\ &+ \\ &20 \dots 30 \% \text{ de réserve} \end{aligned}$$

La réserve de 20 ..30 % sera précisée en fonction du profil de consommation escompté pour les années à venir.

On remarquera souvent que le résultat de cette formule conduit à une nouvelle puissance nettement inférieure au transformateur existant.

On constate également que la puissance du transformateur nécessaire augmente (donc ses pertes aussi) si le cos phi de l'ensemble de l'installation électrique est mauvais. Il est donc important de corriger ce dernier pour qu'il soit le plus proche de 1.

Il faudra ensuite choisir le meilleur rapport (Pertes à vide / Pertes en charge), pour minimiser les pertes sur toute la durée de vie du transformateur.



Pour les bâtiments neufs

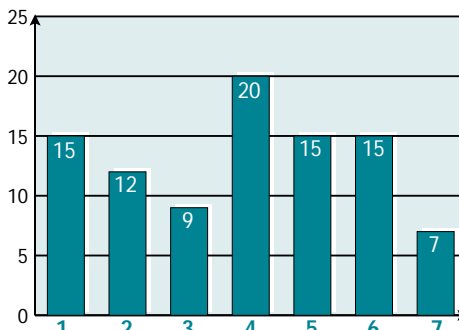
Dans le cas d'un bâtiment neuf, le dimensionnement est évidemment plus ardu puisqu'on ne connaît pas le profil de consommation futur du bâtiment.

Voici cependant un ordre de grandeur qui permet de se situer :

Ratio raisonnable de dimensionnement du transformateur pour un immeuble de bureaux :
25 W/m² de surface totale utilisée

A titre de comparaison, voici le relevé des puissances électriques maximales enregistrées dans les différents immeubles de bureaux de l'administration régionale wallonne :

Puissance enregistrée dans les bâtiments de la région



Pointe 1/4 horaire maximum enregistrée dans les bâtiments de l'administration régionale wallonne :

1. DGTRE (9 265 m²)
2. DGRNE (10 100 m²)
3. DGTALP (14 330 m²)
4. Ministre Président (4 689 m²)
5. Ministre Act. Soc. Logt. (3 205 m²)
6. Secrétariat général et DGEE (22 000 m²)
7. DGASS (8 673 m²)

Par rapport à ces chiffres, le dimensionnement réalisé par les bureaux d'études est bien souvent supérieur. Cela s'explique par le fait que, par raison de sécurité, ces derniers prévoient une puissance maximum sur chacun des points de raccordement. Or, on peut raisonnablement estimer qu'une chaufferette ne sera pas installée sur chaque prise.

L'estimation des équipements les plus probables (par exemple : 1 ordinateur et 1 imprimante par personne, ...), de leur puissance et de coefficients de simultanéité raisonnables conduit à un dimensionnement plus proche de la réalité.

Dimensionnement des câbles d'alimentation

Il s'agit des câbles qui séparent la cabine haute tension du tableau basse tension qui alimente le bâtiment.

Dans certaines situations la longueur de ces câbles peut être importante.

Or, on sait que le passage de courant dans un câble entraîne des pertes par échauffement (pertes par effet joule). Celles-ci sont proportionnelles à la résistance électrique totale du câble qui dépend de sa section et de sa longueur.

$$\text{Perte [W/m]} = R \times I^2$$

où: R = résistance électrique [ohm/m]
I = courant [A]

Situons l'enjeu du dimensionnement de ces câbles par un exemple :

Un câble (4 x 95²) de 80 m alimente un bâtiment avec une puissance maximum de 100 kW, une tension de 400 V et un cos phi de 0,9.

- Courant véhiculé dans chaque fil :
 $I = 100 \text{ [kW]} / 0,9 / 400 \text{ [V]} / 3^{0,5} = 160 \text{ [A]}$
- Résistance du câble (Cu95² : R = 0,185 Ohm/km) :
 $R = 0,185 \text{ [Ohm/km]} \times 0,080 \text{ [km]} = 0,0148 \text{ [Ohm]}$
- Pertes par effet joule :
 $\text{Pertes} = 3 \text{ [fils]} \times 0,0148 \text{ [Ohm]} \times 160^2 \text{ [A]} = 1 \text{ 142 [W]}$
- Coût des pertes pour une durée d'utilisation à puissance maximum de 4 200 h/an (somme des coefficients d'utilisation mensuels des factures électriques) et un prix moyen du kWh de 2,6 BEF/kWh :
 $\text{Coût} = 1 \text{ 142 [W]} \times 4 \text{ 200 [h/an]} \times 2,6 \text{ [BEF/kWh]} = 12 \text{ 470 [BEF/an]}$
 $\text{Coût sur 10 ans} = 124 \text{ 700 [BEF]}$

On peut faire le même calcul mais en doublant le câble, c'est-à-dire en plaçant deux câbles de (4 x 95²) :

- $I = 100 \text{ [kW]} / 2 / 0,9 / 400 \text{ [V]} / 3^{0,5} = 80 \text{ [A]}$
- $R = 0,185 \text{ [Ohm/km]} \times 0,080 \text{ [km]} = 0,0148 \text{ [Ohm]}$
- $\text{Pertes} = 6 \text{ [fils]} \times 0,0148 \text{ [Ohm]} \times 80^2 \text{ [A]} = 571 \text{ [W]}$
- $\text{Coût} = 571 \text{ [W]} \times 4 \text{ 200 [h/an]} \times 2,6 \text{ [BEF/kWh]} = 6 \text{ 235 [BEF/an]}$
 $\text{Coût sur 10 ans} = 62 \text{ 350 [BEF]}$

Résultat - Rentabilité

Nombre de câbles (4 x 95 ²)	1	2	3
Coût des pertes [BEF/an]	12.470	6.235	4.157
Investissement [BEF] (un câble posé = 600 [BEF/m])	48.000	96.000	144.000
Temps de retour [ans]	-	7,7	11,5

On voit qu'il est nettement plus intéressant énergétiquement et financièrement, de démultiplier les câbles d'alimentation. Evidemment, l'investissement, souvent seul élément pris en compte, est démultiplié en conséquence. Mais on oublie que les économies d'énergie et financières sur la durée de vie de l'installation peuvent être importantes.

Exemple :

Voici le diagramme de charge d'un home de 100 lits, pour un jour type. La pointe 1/4 horaire maximum de l'institution a été enregistrée en décembre, avec une valeur de 68 kW.

La puissance du nouveau transformateur est estimée à (avec un cos phi de 0,9) :

$$68 \text{ [kW]} / 0,9 \times 1,2 = 90 \text{ [kVA]}$$

Le choix s'est porté sur un transformateur de 100 [kVA].

La puissance moyenne appelée sur l'année par l'institution est de 26 kW (somme des kWh consommés sur l'année (heures pleines + heures creuses) divisée par 8 760 heures/an).

La charge du futur transformateur sera donc de :

$$26 \text{ [kW]} / 0,9 / 100 \text{ [kVA]} = 32 \text{ \%}$$

Avec une telle charge présumée, la tendance est de choisir les pertes à vide minimales au détriment des pertes en charge.

Les transformateurs secs et à huile minérale

Les transformateurs secs sont constitués de bobinages enveloppés le plus souvent d'une résine époxy.

Ils peuvent alors être disposés dans une enveloppe de protection (IP 315 ou IP 235) qui permet d'isoler le transformateur du monde extérieur et d'assurer l'évacuation de la chaleur au travers de ses parois.

Les transformateurs secs présentent les meilleurs garanties de sécurité contre l'incendie et contre la pollution (pas de fuite de liquide, pas de vapeurs nocives en cas d'incendie).



Transformateur à huile minérale

Il y a encore quelques années, on commercialisait des transformateurs dits « à l'askarel ». L'huile de ces transformateurs contenait des PCB. Ces substances dégagent des émanations nocives lors d'incendies et présentent à grande concentration des dangers pour la santé humaine. C'est pourquoi la directive européenne 96/59/CE s'est prononcée pour l'élimination des appareils contaminés ou contenant des PCB. Ceci fut décrit dans le RActif n°24.

En application de cette directive, la Région wallonne a réglementé l'élimination des transformateurs à l'askarel existants, pour au plus tard, fin 2005.



Ces transformateurs sont moins onéreux et ont des pertes moindres. Ils présentent cependant des risques d'incendie et de pollution :

- un défaut interne peut provoquer une surpression et une déformation de la cuve telles que des fuites d'huile peuvent apparaître. Suivant les circonstances, cela peut entraîner l'inflammation de l'huile ou encore une explosion.
- les fuites d'huile peuvent aussi provenir d'un joint défectueux ou de la rupture d'une canalisation. Les huiles qui se répandent peuvent polluer la nappe phréatique. Il faut donc prévoir sous le transformateur une fosse d'évacuation ou un bac de rétention d'huile.
- la combustion des huiles dégagent des produits toxiques et génèrent des fumées opaques gênant l'intervention des secours.



En 1985, l'explosion d'un transformateur à l'askarel dans un immeuble à appartement français produit des molécules toxiques (furanés et dioxines). Depuis, l'acquisition, la vente et la mise en service de transformateurs neufs au PCB ont été interdites en France.

Illustrations : Pauwels, France Transfo, J3E



Les transformateurs secs peuvent être installés dans une enveloppe de protection (IP315 ou IP 235) ou sans protection. Dans ce cas, ils doivent être protégés contre les contacts directs.

Dans les transformateurs à huile minérale, appelé aussi transformateurs immergés, le transformateur est disposé dans un bain d'huile qui assure l'isolation et le refroidissement.

Les prix des énergies

Gasoil (2000L)	13,79	F/l	
Propane (en vrac)	16,09	F/l	
Gaz tarif ND1	0,391	F/MJ*	+ 788 F/mois
Gaz tarif ND2	0,363	F/MJ*	+ 2021 F/mois
Electricité B.T.			
tarif jour	6,23	F/KWh*	+ 240 F/mois
bi-horaire nuit	2,95	F/KWh _{nuit} *	+ 134 F/mois
exclusif nuit	2,34	F/KWh _{nuit} *	+ 134 F/mois

(64 F/mois si associé au bi-horaire)

INFOS

janvier 2001
Prix TVA comprise
* cotisation sur
l'énergie incluse

Les degrés-jours (station de Uccle - Dj 15/15)

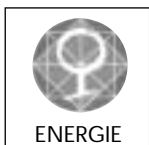
Novembre 2000	216,0	-48*
Décembre 2000	286,7	-79,1*
Année 2000	1.714,4	Soit 18% + chaud que la normale
Janvier 2001	358,6	-32*

* Écart en dj, par rapport à la normale

AGENDA

- > Vous voulez connaître les résultats du Concours URE 2000 ?
- > Vous voulez connaître les réalisations et projets des lauréats ?

Demandez-nous la brochure



- > Stimuler le développement de l'énergie solaire thermique en Europe

Campagnes de promotion et instruments de marché innovants

La DGTREN des Commissions européennes (programme OPET) a le plaisir de vous inviter à participer au colloque qu'elle organise sur le développement du marché européen de l'énergie solaire thermique. Ce colloque aura lieu dans les Halles Saint-Géry, à Bruxelles, le 30 mars 2001.

Programme :

9h00 : Accueil

9h30 – 12h20 : Séance plénière

Stimuler le développement du marché solaire thermique en Europe

Présentation, par des experts et décideurs politiques belges et européens, des plans d'actions qu'ils ont mis en œuvre dans leur pays pour soutenir le développement des chauffe-eau solaires

12h20 – 14h00 : Lunch et exposition de posters

14h00 - 15h30 : Ateliers

A) Instruments financiers et contractuels pour garantir les investissements solaires thermiques

Atelier au cours duquel des experts européens viendront partager leur expérience dans la mise en œuvre du concept de « Résultats Solaires Garantis » dans le secteur tertiaire.

B) Stimuler la qualité des systèmes solaires thermiques sur le marché

Atelier sur le développement de la qualité des systèmes solaires sur le marché européen, avec présentation des programmes « qualité » mis en œuvre en France, en Belgique et au Danemark.

16h00 – 17h10 : Débat et conclusions du colloque en séance plénière

Inscriptions

Nom

Prénom

Fonction

Institution

Rue / n°

CP / Localité

Tél

Fax

E-mail

souhaite recevoir la brochure URE 2000

s'inscrit au séminaire du 30/03/2001.

Le programme complet de ce colloque peut être obtenu auprès de Mme Karine Vande Steene.

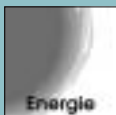
Une participation aux frais de 50 € est demandée aux participants, à verser sur le compte n° 034-2124827-07 de l'Institut Wallon asbl avec la mention « Colloque Solaire » suivi du nom du participant.

Bulletin d'inscription à renvoyer à :

K. Van de Steene,
Institut Wallon asbl
Bld Frère Orban, 4, 5000 Namur
Tél. : 081/25 04 80 – fax : 081/25 04 90
E-mail : karine.vandesteene@iwallon.be



ENERGIE



Energie



D G T R E

*Editeur responsable : M. Pascal Ons,
Institut Wallon asbl,
Boulevard Frère Orban 4, 5000 Namur
Tél : 081/25 04 80 – Fax : 081/25 04 90
E-mail : pascal.ons@iwallon.be*