

Dimensionnement des transformateurs de distribution 100 KVA à rendement amélioré

Juillet 2006

Par Hans de Keulenaer¹
Email : hdk@eurocopper.org

Cet éco-profil a été rédigé par Leonardo ENERGY² dans le cadre du projet « Efficacité et éco-conception », dont le but est de démontrer et de quantifier les bénéfices environnementaux liés à l'utilisation d'équipements électriques à haut rendement.

1. Description produit et applications types

L'étude suivante promeut l'accroissement du rendement des transformateurs 100 kVA à refroidissement à huile (20kV/690V) en se basant sur des considérations environnementales. Ces transformateurs sont généralement utilisés pour la distribution d'électricité en environnement rural, en direction des usagers avoisinant. Ces transformateurs ruraux sont généralement peu chargés. Ces considérations s'appuient sur l'exemple d'une charge moyenne de 25 %. Trois possibilités de dimensionnement ont été comparées :

- transformateur de classe de pertes AA' selon la norme CENELEC HD428
- transformateur de classe de pertes CC' selon la norme CENELEC HD428
- transformateur à noyau de fer amorphe de classe de pertes C selon la norme CENELEC HD428

2. Objectif de l'ACV (Analyse du Cycle de Vie)

Les grandeurs de référence pour l'ACV sont la phase de production, la phase d'utilisation de l'ACV et la phase de fin de vie pour trois dimensionnements différents d'un transformateur de distribution 100 kVA.

¹ ECI

² Leonardo Energy est la dénomination du programme portant sur l'électricité et la gestion de l'énergie à l'ECI

Toutes les données ACV proviennent de la base de données GaBi4 [GABI]. La modélisation ainsi que le choix des données, et notamment l'aspect qualité des données, ont été réalisés, dans la mesure du possible, conformément à la norme ISO 14040.

2.1 Fabrication

La phase de fabrication prend en compte les quantités de matériaux suivantes pour les trois dimensionnements possibles (voir tableau 1) [THERMIE 1999] :

Matériaux (kg)	AA'	CC'	C-Amorphe
Cuivre	85	115	155
Acier électrique	150	220	225
Acier mécanique	143	158	195
Huile	143	158	195

Tableau 1: quantité de matériaux pour les trois dimensionnements du transformateur

2.2 Phase d'utilisation

Pour la phase d'utilisation, le type de production européen a été pris en compte (UE 15). Seules les pertes magnétiques sont considérées comme ayant un impact environnemental dans la phase d'utilisation, à partir des paramètres suivants³ :

Paramètres	AA'	CC'	C-Amorphe
Dimensionnement (kVA)	100	100	100
Durée de vie (années)	30	30	30
Charge (%)	25	25	25
Pertes en charge (kW)	1,75	1,475	1,475
Pertes à vide (kW)	0,32	0,21	0,06
Nombre d'heures de fonctionnement	8 760	8 760	8 760

Tableau 2 : profils d'utilisation pour les trois types de transformateurs

³ L'énergie électrique fournie côté basse tension est considérée comme l'énergie utile et doit être prise en compte dans les considérations environnementales d'une utilisation électrique finale. Elle n'est pas prise en compte dans les considérations environnementales du transformateur du système de distribution électrique.

2.3 Fin de vie

La fin de vie est définie comme le rapport de la quantité de matériaux démantelée à des fins de recyclage [kg], à la quantité de matériaux broyée à des fins de recyclage [kg].
Les tonnages de matériaux recyclés sont comptés comme des crédits environnementaux.

3. Résultats

3.1 Résultats des simulations

Le tableau ci-dessous regroupe les résultats obtenus classés par catégories : utilisation des ressources, émissions et déchets :

Paramètres	Unité	AA'	CC'	C-Amorphe
Consommation en énergie primaire	GJ	1 249	891	471
Pétrole brut (ressources)	kg	2 058	1 521	964
Houille (ressources)	kg	9 604	6 844	3 567
Lignite (ressources)	kg	13 766	9 802	5 057
Gaz Naturel (ressources)	kg	4 826	3 462	1 838
Déchets	kg	23	23	21
Dioxyde de Carbone	tonne	57	41	21
Oxydes d'azote	kg	113	81	43
Dioxyde de soufre	kg	200	142	74

Tableau 3 : résultats des simulations pour trois types de transformateurs

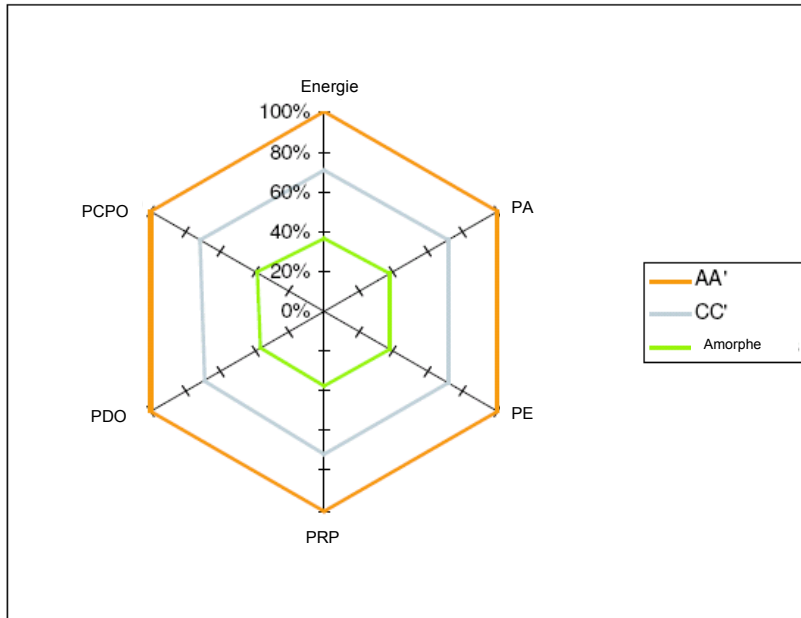
3.2 Résultats des impacts environnementaux

Le tableau ci-dessous liste les impacts environnementaux pour le cycle de vie de trois conceptions différentes, selon les cinq principales catégories d'impacts environnementaux :

Catégories d'impact	Unité	AA'	CC'	C-Amorphe
Potentiel d'acidification	eq kg SO ₂	291	207	108
Potentiel d'eutrophisation	eq kg phosphate	21	15	8
Potentiel de réchauffement planétaire (100 ans)	eq tonne CO ₂	59	42	22
Potentiel de dégradation de la couche d'ozone	eq g R11	17	11	16
Potentiel de création photochimique d'ozone	eq kg éthylène	22	16	9

Tableau 4 : catégories d'impact (CML 2001) par cycle de vie

Le tableau fait apparaître que 70 % d'amélioration sur l'impact environnemental est obtenu d'un design à un autre, grâce à la diminution des pertes. Les représentations radiales ci-dessous représentent les grandeurs d'impact sous forme graphique.



Légende pour le graphique :

- PA** : potentiel d'acidification
- PE** : potentiel d'eutrophisation
- PRP** : potentiel de réchauffement planétaire (100 ans)
- PDO** : potentiel de dégradation de la couche d'ozone
- PCPO** : potentiel de création photochimique d'ozone

4. Conclusions

L'accroissement du rendement des transformateurs ruraux apporte des bénéfices environnementaux significatifs. Un transformateur à haut rendement 100 kVA, chargé à 25 % de charge, économise environ 37 tonnes d'émission de CO₂eq sur une durée de vie de 30 ans. Il y a plus de 100 millions de transformateurs de distribution en fonctionnement dans le monde [Targosz, 2005], répartis dans le monde entier.

5. Références

[Cuivre, 2006] ECI, informations à jour concernant les cycles de vie sur le site internet du centre d'information du cuivre www.copper-life-cycle.org

[GABI] les outils et modèles ont été mis à disposition par PE Europe, Hauptstrasse 111-113, D-70771 Leinfelden-Echterdingen (Stuttgart), Allemagne, www.gabi-software.com

[THERMIE, 1999] THERMIE STR-1678-98-UK, The Scope for Energy Saving in the EU through the Use of Energy-Efficient Distribution Transformers, December 1999, disponible sur le site internet www.leonardo-energy.org

[PE Europe, 2005] PE Europe, Recommendation Paper, Options for Calculating the Long-Term Sustainability of Copper Use, Novembre 2005, disponible sur le site internet www.leonardo-energy.org

[Targosz, 2005] R Targosz (ed) et al, Global energy savings potential from high efficiency distribution transformers, Leonardo ENERGY, Feb 2005, disponible sur le site internet www.leonardo-energy.org

[Toolbox, 2005] Les informations originales de ce document sont tirées des résultats du rapport GABI4 en référence à l'outil d'éco-conception Toolbox 2005 (pour plus d'informations, contactez Hans de Keulenaer, email hdk@eurocopper.org)