



PROGRAMME PEP ecopassport®

PSR

REGLES SPECIFIQUES AUX Alimentations Sans Interruption (ASI)

PSR-0010-ed1.1-FR-2015 10 16

Selon PSR-modele-ed1-FR-2015 03 20

© 2015 Association P.E.P.

Copyright des PSR

Les Règles de Catégories de produits spécifiques sont la propriété © du programme de PEP ecopassport®, si rien de particulier n'a été spécifié (par exemple, une publication croisée avec des PSR d'autres programmes). L'utilisation des PSR pour tout autre but que le développement et l'enregistrement de PEPs dans le programme international PEP ecopassport® est soumis à autorisation par le Secrétariat général, qui peut être contacté via : contact@pep-ecopassport.org



Sommaire

1.	Introduction	3
2.	Champ d'application	4
3.	Unité fonctionnelle et description du flux de référence	5
3.1.	Unité fonctionnelle	5
3.2.	Flux de référence	5
3.3.	Durée de vie de référence	6
4.	Frontières du système	6
5.	Développement de scénarios (scénarios par défaut)	7
5.1.	Scénario d'utilisation	7
5.2.	Scénario de fin de vie	9
6.	Règle de rédaction du Profil Environnemental Produit	10
6.1.	Informations générales	10
6.2.	Description du produit	10
6.3.	Matériaux constitutifs	10
6.4.	Etape d'utilisation	11
6.5.	Autonomie	11
7.	Annexes	12
7.1.	Glossaire	12
7.2.	Références	13
7.3.	Attestation de conformité	14
7.4.	Exemple de calcul d'efficacité énergétique moyenne et de consommation énergétique moyenne	15


1. Introduction

Ce document de référence complète et précise les Règles de définitions des catégories de produits (PCR) des Profils Environnementaux Produits (PEP) définies par le Programme PEP ecopassport® (PEP-PCR ed.3-FR-2015 04 02), disponible sur www.pep-ecopassport.org.

Il définit les exigences additionnelles applicables aux ASI. Le respect de ces exigences est requis pour :

- Qualifier la performance environnementale de ces produits sur des bases objectives et cohérentes
- Publier des PEP conformes au Programme PEP ecopassport® et aux normes internationales de référence.¹

Ce document de référence a été élaboré dans le respect des règles d'ouverture et de transparence du Programme PEP ecopassport® avec le soutien des professionnels du marché des ASI et des parties intéressées.

	www.pep-ecopassport.org
Identifiant PSR	PSR-0010-ed2.1-FR-2015 10 16
Revue critique	La Revue critique tierce partie a été réalisée par SGS. L'attestation de conformité publiée le 18/12/2013 figure en annexe.
Disponibilité	Le rapport de Revue critique est disponible sur demande auprès de l'Association PEP contact@pep-ecopassport.org
Domaine de validité	Le rapport de revue critique et l'attestation de conformité restent valides pendant 5 ans ou jusqu'à ce que les Règles de rédaction des PEP ou les textes normatifs de référence auxquels elles se réfèrent, fassent l'objet de modification.

Suite à la publication du PCR édition 3, ce PSR a fait l'objet d'une étude d'impact qui a conduit à une révision éditoriale

¹ Normes ISO 14025, ISO 14040 et ISO 14044

2. Champ d'application

Conformément aux Instructions Générales du programme PEP ecopassport® (PEP-Instructions générales-ed4-FR-2015 04 02) et en complément du PCR, Règles de définition des catégories de produits ou « Product Category Rules » (PEP-PCR ed.3-FR-2015 04 02) du programme d'éco-déclaration PEP ecopassport®, le présent document fixe les règles spécifiques aux ASI et vient préciser les spécifications produits à retenir par les industriels lors de l'élaboration de leurs PROFILS ENVIRONNEMENTAUX PRODUITS (PEP), notamment concernant :

- La technologie et son type d'application,
- La durée de vie de référence prise en compte lors de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) des produits,
- Les scénarii d'utilisation conventionnels à retenir pendant l'étape d'utilisation du produit.

Une ASI est un système de puissance dont la fonction essentielle est d'assurer la continuité d'alimentation d'une source de courant alternative vers une charge.

De nos jours, la protection électrique touche des aspects très vastes et n'est plus limitée aux seules coupures d'alimentation. Elle comporte aussi la protection contre d'autres phénomènes entraînant une mauvaise qualité de l'alimentation, tels que les microcoupures, les surtensions, les variations de fréquence et de tension, les harmoniques et les papillotements. Conformément à la norme CEI 62040-3, ce PSR s'applique aux systèmes d'alimentation sans interruption (ASI) électroniques mobiles, immobiles et fixes, qui délivrent une tension de sortie alternative à fréquence fixe mono- ou triphasée ne dépassant pas 1 000 V en courant alternatif.

L'annexe B de la norme CEI 62040-3 donne une vue d'ensemble des topologies d'ASI les plus répandues (VFI, VD, VFD). Les ASI qui ne sont pas explicitement définies par la norme CEI 62040-3 (exemple des ASI pour applications très spécifiques) ne sont pas couvertes par ce document et feront l'objet de règles spécifiques additionnelles qui viendront compléter ce document ultérieurement.

Ce PSR couvre la grande majorité des domaines d'applications des ASI tels que :

- Data center,
- Industrie,
- Services,
- Télécommunication,
- Eclairage d'urgence,
- Système de protection incendie,
- Médical...

Remarque concernant le système de stockage d'énergie :

Pour protéger la charge contre les défauts d'alimentation, un système de stockage d'énergie est nécessaire pour fournir une puissance pendant un temps donné. Parmi l'ensemble des systèmes de stockages existant (à volant d'inertie, à air comprimé...), la technologie batterie est la plus répandue.

Si le système de stockage d'énergie est intégré dans l'ASI, il est considéré comme étant un élément constitutif de l'ASI comme tous les autres composants (actifs, passifs, circuits imprimés...) et est donc dans le champ d'application de ce PSR. Il y a un lien direct avec l'unité fonctionnel comme précisé plus bas.

Si le système de stockage d'énergie n'est pas intégré dans l'ASI, il est considéré comme un produit indépendant ad-hoc de l'ASI, ne faisant pas partie des éléments constitutifs de l'ASI, et est donc hors champ d'application de ce PSR. Il y a un lien direct avec l'unité fonctionnel comme précisé plus bas.

3. Unité fonctionnelle et description du flux de référence

Ces règles spécifiques complètent le paragraphe 2.1 « Unité fonctionnelle et description du flux de référence » du PCR en vigueur (PEP-PCR ed.3-FR-2015 04 02).

L'analyse de cycle de vie réalisée, et le PEP qui en résulte, vise des appareils de fonction(s) et de composition identiques tels que définis ci-après.

3.1. Unité fonctionnelle

Définition 1

Si le système de stockage d'énergie est intégré dans l'ASI

“Protéger la charge de [P] Watts contre les défauts d'alimentations pendant [X] ans et fournir une autonomie de [Y] minutes en cas de défaut d'alimentation”.

Définition 2

Si le système de stockage d'énergie n'est pas intégré dans l'ASI

“Protéger la charge de [P] Watts contre les défauts d'alimentations pendant [X] ans et basculer vers le système de stockage d'énergie en cas de défaut d'alimentation ».

Remarques :

- L'unité fonctionnelle doit mentionner le niveau de redondance de l'ASI comme défini en annexe 7.1,
- Le tableau 1 spécifie la durée de vie X selon la puissance de sortie de l'ASI,
- Le chapitre 6.5 précise le calcul de l'autonomie Y,
- [X] : durée de vie de référence de l'ASI en années,
- [Y] : autonomie en minutes,
- [P] : puissance de sortie de l'ASI en Watts.

3.2. Flux de référence

Le flux de référence correspondant à l'unité fonctionnelle comprend :

- Le produit de référence représentatif de la gamme de produit considérée,
- Le système de stockage d'énergie si intégré dans l'ASI,
- Le packaging du produit de référence,
- Tous les autres éléments nécessaires à la maintenance de l'ASI pendant sa durée de vie et qui rentrent dans le champ d'application de ce PSR.

Les règles de coupures telles que définies dans le PCR-ed.3-FR-2015 04 02 du programme PEP ecopassport® doivent être respectées. Les règles additionnelles suivantes doivent également être prises en compte :

- Système de stockage d'énergie : le système de stockage d'énergie (exemple : batteries) est à prendre en compte uniquement s'il est intégré dans l'ASI,
- Les équipements qui ne font pas parti des éléments constitutifs de l'ASI ou qui ne sont pas des éléments nécessaires à sa mise en œuvre ne rentrent pas dans le champ d'application de ce PSR, exemple : câbles externes, système de climatisation du local.

3.3. Durée de vie de référence

Conformément aux catégories de produits définies dans la deuxième réunion publique de l'étude préparatoire de la directive ERP, la durée de vie de référence de l'ASI est définie comme suit :

Puissance de sortie [P] <u>Unités:</u> Watts	Durée de vie de référence [X] <u>Unités:</u> années
$P \leq 1500 \text{ W}$	5
$1500 \text{ W} < P \leq 5000 \text{ W}$	8
$5000 \text{ W} < P \leq 10000 \text{ W}$	10
$P > 10000 \text{ W}$	15

Tableau 1: durée de vie de référence

4. Frontières du système

Ces règles spécifiques complètent le paragraphe 2.2 « frontières du système » du PCR en vigueur (PCR-ed.3-FR-2015 04 02).

Les intrants et extrants associés à la production des matériaux et des composants suivants doivent être inclus dans l'étape de fabrication :

- Transformateur (si intégré dans l'ASI),
- Condensateurs électrolytiques (si intégrés dans l'ASI)
- Semi-conducteurs: IGBT, thyristor,
- Cartes électroniques,
- Enveloppe,
- Ventilateurs et/ou systèmes de refroidissements,

- Interrupteurs,
- Relais,
- Sectionneur,
- Batteries (si intégré dans l'ASI),
- Câbles.

5. Développement de scénarios (scénarios par défaut)

Les présentes règles spécifiques complètent le paragraphe 2.5 « développement de scénarios (scénarios par défaut) » du PCR (PEP-PCR ed.3-FR-2015 04 02).

5.1. Scénario d'utilisation

5.1.1 Profil de charge typique

Les paramètres pour définir le scénario d'utilisation sont les puissances de sorties ainsi que les caractéristiques de dépendance de l'alimentation d'entrée de l'ASI.

Puissance de sortie [P] Unités: Watts	Caractéristiques de dépendance de l'alimentation d'entrée	Proportion de temps passé [t] au taux de charge de référence			
		25%	50%	75%	100%
$P \leq 1500 \text{ W}$	VFD	0,2	0,2	0,3	0,3
$P \leq 1500 \text{ W}$	VI, VFI	0	0,3	0,4	0,3
$1500 \text{ W} < P \leq 10000 \text{ W}$	VFD, VI, VFI	0	0,3	0,4	0,3
$P > 10000 \text{ W}$	VFD, VI, VFI	0,25	0,5	0,25	0

Tableau 2 : extrait du Programme Energy STAR® : Energy STAR® Program Requirements Product Specification for Uninterruptible Power Supplies (UPSs), Eligibility Criteria Version 1.0

Exemple d'utilisation du tableau 2: Une ASI classée VI ou VFI ayant une puissance de sortie inférieure à 1500 W est chargée à 50% de sa puissance nominale pendant 30% du temps, à 75% de sa puissance nominale pendant 40% du temps, à 100% de sa puissance nominale pendant 30% du temps.

5.1.2 Efficacité énergétique

L'efficacité énergétique (Eff) est déterminée comme spécifié dans l'annexe J de la norme CEI 62040-3.

Cas des ASI ne disposant que d'un seul mode

L'équation 1 indique le calcul de l'efficacité moyenne de l'ASI :

Equation 1 :

$$\text{Efficacité moyenne} = [t]_{25\%} \times \text{Eff}_{25\%} + [t]_{50\%} \times \text{Eff}_{50\%} + [t]_{75\%} \times \text{Eff}_{75\%} + [t]_{100\%} \times \text{Eff}_{100\%}$$

Où : Effx% est l'efficacité selon le taux de charge et la proportion de temps passé comme défini dans le tableau 2.

Cas des ASI multimodes

L'équation 2 indique le calcul de l'efficacité moyenne de l'ASI :

Equation 2 :

$$\text{Efficacité moyenne} = 0,75 \times \text{Eff1} + 0,25 \times \text{Eff2}$$

Où:

- Eff1 est l'efficacité moyenne dans le mode ayant la plus faible dépendance de l'alimentation d'entrée (exemple : VFI or VI), comme calculé dans l'équation 1, et
- Eff2 est l'efficacité moyenne dans le mode ayant la plus forte dépendance de l'alimentation d'entrée (exemple : VFD), comme calculé dans l'équation 2.

5.1.3 Energie consommée

Pour calculer la consommation moyenne en énergie de l'ASI en étape d'utilisation pendant l'intégralité de sa durée de vie de référence, il faut considérer les paramètres d'entrée suivants :

- Efficacité énergétique moyenne de l'ASI,
- Durée de vie de référence de l'ASI comme définie au tableau 1,
- Puissance de sortie moyenne tenant compte du taux de charge.

Equation 3:

$$\text{Consommation moyenne} = (1 - \text{efficacité énergétique moyenne}) \times \text{puissance de sortie moyenne} \times \text{durée de vie de référence}$$

5.1.4 Maintenance

Certaines catégories d'ASI nécessitent des opérations de maintenance pour atteindre leur durée de vie. Voici une liste non exhaustive de composants d'ASI devant typiquement faire l'objet d'une maintenance :

- Condensateurs électrolytiques,
- Ventilateurs,
- Batteries,
- Cartes électroniques.

Le tableau 3 indique la quantité de composants requise pendant la durée de vie de référence de l'ASI. Cette donnée doit être prise en compte dans l'analyse de cycle de vie de l'ASI.

Puissance de sortie [P] <u>Unités:</u> Watts	Fréquence des maintenances					
	Durée de vie de référence <u>Unités:</u> an	Condensateur de filtration DC	Condensateur de filtration AC	Ventilateur	Carte électronique d'alimentation	Batteries
$P \leq 1500 \text{ W}$	5	Pas de maintenance				
$1500 \text{ W} < P \leq 5000 \text{ W}$	8	1	1	1	1	1
$5000 \text{ W} < P \leq 10000 \text{ W}$	10	1	1	2	1	1
$P > 10000 \text{ W}$	15	2	2	3	2	2

Tableau 3: Fréquence des maintenances

Exemple d'utilisation du tableau 3: dans le cas d'une ASI disposant d'une puissance de sortie supérieur à 10 000W, les condensateurs de filtration DC devront être changés deux fois dans la durée de vie l'ASI.

5.2. Scénario de fin de vie

Les règles générales détaillées dans le PCR-ed.3-FR-2015 04 02 du programme PEP ecompassport® doivent être respectées.

Des exemples de taux de recyclabilité de matières premières et de composants sont consultables dans la norme CEI/TR 62635.

Remarque 1 : les pièces de rechange nécessaires à la maintenance de l'ASI (voir tableau 3) doivent également être pris en compte dans le scénario de fin de vie.

Remarque 2 : dans le cas d'ASI mis sur le marché européen et disposant de batteries intégrées, la directive 2006/66/CE s'applique et impose les taux de recyclabilité minimum suivants :

- Plomb: recyclabilité moyenne de 65% en masse,
- Nickel-cadmium: recyclabilité moyenne de 75% en masse.

Le fabricant de l'ASI se doit de justifier et documenter dans le rapport d'accompagnement toute utilisation de taux de recyclabilité qui serait plus élevé.

6. Règle de rédaction du Profil Environnemental Produit

Les présentes règles complètent le paragraphe 4 « Rédaction du profil environnemental produit » du PCR (PEP-PCR ed.3-FR-2015 04 02).

6.1. Informations générales

Les informations suivantes doivent être mentionnées dans le PEP :

- La localisation du site de production,
- L'existence d'un système de management environnemental.

6.2. Description du produit

Le produit de référence est caractérisé par :

- Son modèle,
- Les références commerciales du produit de référence et de tous les produits couverts,
- Sa puissance (apparente and active) en VA et W,
- Sa configuration (voir Annexe A de l'IEC 62040-3:2011),
- Sa classification de performance (voir section 5.3.4. de l'IEC 62040-3:2011),
- Les dimensions du produit (hauteur × largeur × profondeur),
- La masse sans système de stockage d'énergie (i.e. batteries),
- La masse du système de stockage d'énergie si incorporé,
- Les caractéristiques de dépendance de l'alimentation d'entrée selon l'IEC 62040-3 (VFI, VFD, VD): monomode ou multimode,
- Si le système de stockage d'énergie est incorporé dans l'ASI, le temps de sauvegarde,
- Son facteur de puissance,
- Sa durée de vie attendue,
- Sa redondance.

Remarque : un produit de référence est appelé un produit représentatif dans l'IEC 62040-4

6.3. Matériaux constitutifs

Les matériaux constitutifs du produit sont à déclarer. Les matériaux des emballages doivent également être déclarés.

Il est recommandé d'utiliser le format de déclaration spécifié dans l'annexe D de la norme IEC 62474.

La déclaration des matériaux ne doit pas être détaillée pour chaque composant mais doit donner une vue d'ensemble de la composition de l'ASI complet.

6.4. Etape d'utilisation

L'efficacité énergétique moyenne doit être déclarée selon la section 5.1.2 du présent document.

Si l'ASI requiert de la maintenance pour atteindre sa durée de vie attendue, les types et quantités de composants remplacés doivent être déclarés en cohérence avec la section 5.1.4 du présent document.

6.5. Autonomie

L'objectif de cette section est de lister les paramètres à déclarer dans le PEP afin de caractériser le temps d'autonomie déclarée dans l'unité fonctionnelle :

- Technologie du système de stockage d'énergie,
- Charge nominale en W.

Le temps de sauvegarde est déterminé avec une puissance active nominale de l'ASI comme il est stipulé dans la section 6.4.4.1 de la norme IEC 62040-3.

7. Annexes

7.1. Glossaire

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

Alimentations sans interruption ou ASI : ensemble de convertisseurs, d'interrupteurs et de dispositifs d'accumulation d'énergie (comme les batteries), constituant un système d'alimentation capable d'assurer la continuité de l'alimentation de la charge en cas de défaillance du réseau d'alimentation.

[Source: IEC 62040-3:2011.3.1.1]

Système de stockage de l'énergie : système comportant un ou plusieurs dispositifs, conçu pour fournir l'énergie nécessaire à l'onduleur d'ASI pour la durée d'autonomie requise.

NOTE Exception faite des difficultés liées à la recharge, les exemples de systèmes de stockage de l'énergie incluent de façon non exhaustive une batterie, un condensateur double couche («super» ou «ultra» condensateur), les systèmes à volant d'inertie et à pile combustible.

[Source: IEC 62040-3:2011.3.1.1]

Batterie : ensemble d'éléments électrochimiques du même type connectés de manière à fonctionner ensemble

[Source: IEC 62040-3:2011.3.1.1]

Système de stockage à volant d'inertie : système de stockage mécanique de l'énergie dans lequel l'énergie cinétique stockée peut être convertie en énergie continue pendant le mode de fonctionnement en autonomie

[Source: IEC 62040-3:2011.3.1.1]

« Voltage and Frequency Dependent » ou VFD : L'ASI classée VFD doit protéger la charge des coupures de courant.

[Source: IEC 62040-3:2011.3.1.1]

“Voltage Independent” ou VI : L'ASI classée VI doit protéger la charge, ainsi que cela est exigé pour la classe VFD et de plus doit la protéger :

- d'une sous-tension appliquée de façon continue à l'entrée,
- d'une surtension appliquée de façon continue à l'entrée.

[Source: IEC 62040-3:2011.3.1.1]

« Voltage and Frequency Independent » ou VFI : L'ASI classée VFI est indépendante des variations de la tension et de la fréquence de l'alimentation (réseau) et doit protéger la charge contre les effets néfastes de telles variations sans amenuiser la source d'énergie stockée.

[Source: IEC 62040-3:2011.3.1.1]

Redondance : mise en parallèle d'unités d'ASI afin d'améliorer la continuité d'alimentation de la charge suivant la classification :


- 1) N + 0 : ASI qui ne tolère aucun défaut en mode d'utilisation normal. Pas de redondance
- 2) N + 1 : ASI en parallèle qui tolère le défaut d'un ASI ou un groupe d'ASI en mode d'utilisation normal.
- 3) 2N : ASI en parallèle qui tolère le défaut de la moitié des unités d'ASI en mode d'utilisation normal.
[Source: ENERGY STAR® Program Requirements Product Specification for Uninterruptible Power Supplies (UPSs), Eligibility Criteria Version 1.0]

7.2. Références

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

- PCR Règles de définition de Catégories de Produits du programme PEP ecopassport® de numéro PCR-ed.3-FR-2015 04 02,
- CEI 62040-3 Edition 2.0 2011-03: UPS - Méthode de spécification des performances et exigences d'essais,
- ENERGY STAR® Program Requirements Product Specification for Uninterruptible Power Supplies (UPSs), Eligibility Criteria Version 1.0,
- CEI 62474 : Déclaration de matière pour des produits de et pour l'industrie électrotechnique,
- Questionnaires de pré-étude de la directive ERP.

7.3. Attestation de conformité

	CRITICAL REVIEW - COMPLIANCE PEP PSR UPS	Page 1 / 1
		Author : Jean-Baptiste Molet

Period of review: 24th Oct. 2013 – 18th Dec. 2013
Date of report: 18th Dec. 2013
Version of the reviewed document: drafts v10 and v12.
Reviewer : Jean-Baptiste MOLET

CONTEXT

PEP Association developed a Product Specific Rule to provide more accurate recommendation in the LCA calculation for Uninterruptible Power Supplies. SGS work consists in a critical review of the document.

CONCLUSION OF THE CRITICAL REVIEW

After an initial review of the document, a few remarks have been done by the reviewer and taken into consideration by the PSR project team. Several non conformities have been solved during the review, and recorded separately.

We do not have more remarks about the compliance of "PSR-0010-ed1-EN-2014 02 11" to the ISO 14025, ISO 14044, and PEP-PCR-ed 2.1-FR-20121211 standards requirements.

Arcueil, February 18th 2014,



"This report is issued by the Company under its General Conditions of Services available on request. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained herein reflects the Company's findings at the time of its intervention only within the limits of Client's instructions, if any. The company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law. Unless otherwise stated the results shown in this report refer only to the sample(s) tested and such sample(s) are retained for 30 days only. This document shall not be reproduced, except in full, without prior approval of the Company."

7.4. Exemple de calcul d'efficacité énergétique moyenne et de consommation énergétique moyenne

Exemple d'un ASI 160kVA, en mode VFI

Durée de vie de référence selon le tableau 1 : 15 ans.

Profil de charge selon tableau 2 :

Puissance de sortie P [P] Unité: Watts	Caractéristiques de dépendance de l'alimentation d'entrée	Proportion de temps passé [t] au taux de charge de référence			
		25%	50%	75%	100%
P ≤ 1500 W	VFD	0,2	0,2	0,3	0,3
P ≤ 1500 W	VI or VFI	0	0,3	0,4	0,3
1500 W < P ≤ 10000 W	VFD, VI or VFI	0	0,3	0,4	0,3
P > 10000 W	VFD, VI or VFI	0,25	0,5	0,25	0

Proportion de temps	0,25	0,50	0,25	0,00
Taux de charge	25%	50%	75%	100%
Puissance de charge en W	40000	80000	120000	160000
Temps passé en années	3,75	7,5	3,75	0
Temps passé en heures	32850	65700	32850	0
Efficacité énergétique de l'ASI	94,0%	95,0%	96,0%	96,0%
Pertes de puissance en W	2400	4000	4800	6400

← Taux de charge x puissance active en W
 ← Proportion de temps x durée de vie attendue en années
 ← Temps passé en années x 365 x 24
 ← Efficacité énergétique de l'ASI mesurée selon l'IEC 62040-3
 ← Puissance active de l'ASI x (1-efficacité énergétique)

Consommation énergétique moyenne en kWh **499 320** ← $(\text{Temps passé en heures}_{25\%} \times \text{Pertes de puissance en } W_{25\%} + \text{Temps passé en heures}_{50\%} \times \text{Pertes de puissance en } W_{50\%} + \text{Temps passé en heures}_{75\%} \times \text{Pertes de puissance en } W_{75\%} + \text{Temps passé en heures}_{100\%} \times \text{Pertes de puissance en } W_{100\%}) / 1000$

Efficacité énergétique moyenne **95%** ← $\text{Proportion de temps}_{25\%} \times \text{Efficacité énergétique}_{25\%} + \text{Proportion de temps}_{50\%} \times \text{Efficacité énergétique}_{50\%} + \text{Proportion de temps}_{75\%} \times \text{Efficacité énergétique}_{75\%} + \text{Proportion de temps}_{100\%} \times \text{Efficacité énergétique}_{100\%}$