

1. Objet et introduction

Ce document se base sur et est en cohérence avec les documents suivants:

- STI LOC&PAS (publié comme annexe du EU 1302/2014 de 18 novembre 2014 et modifié par EU 2018/868 de 13 juin 2018),
- EN 50463: 2017 (établie par le CENELEC, publiée en décembre 2017).

Ces deux documents sont d'application pour les Systèmes de mesure d'énergie (EMS) installés à bord des trains. Cette annexe E.3 présente les exigences relatives aux nouveaux EMS installés à bord des unités de traction parcourant le réseau Infrabel.

Tous les équipements livrés doivent disposer d'un « essai de type » conforme à la norme EN 50463. Une « revue de conception » qui prouve que le type correct d'appareil EMS a été choisi pour un type d'unités de traction spécifique est aussi obligatoire. Un « essai individuel de série » de chaque installation doit aussi être livré.

Si un contrôle a déjà été effectué dans un autre pays concernant l'exactitude et l'exhaustivité de ces essais, il suffit de nous fournir les coordonnées du responsable de ce settlement.

Ce document décrit également les solutions possibles et les conditions requises pour transmettre les données de mesure à *Erex*, la solution de settlement de Eress, association internationale dont Infrabel est membre.

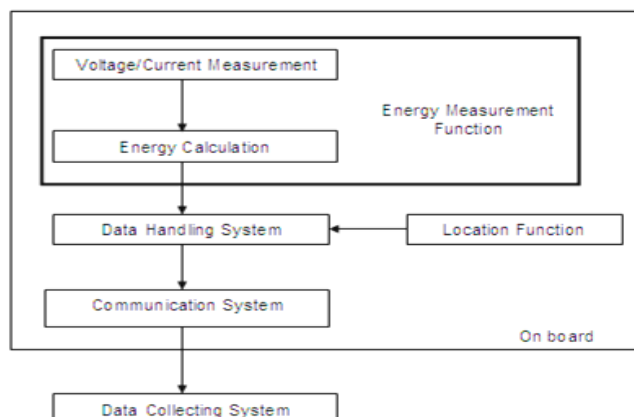
2. Système de mesure de l'énergie (*Energy Measuring System – EMS*)

Le système de mesure de l'énergie installé à bord du train est un système mesurant l'électricité prélevée sur la caténaire ou renvoyée (dans le cas des freinages par récupération) à cette dernière par l'unité de traction. Celle-ci est transmise par le réseau de traction électrique externe.

Ce système comprend les fonctions suivantes :

- Fonction de mesure de l'énergie (*Energy Measurement Function* - EMF), qui inclut la mesure de la tension et du courant et le calcul des données énergétiques ;
- Système de traitement des données (*Data Handling System* - DHS), qui cumule les informations fournies par l'EMF avec les données horaires et géographiques pour générer et stocker des données compilées pour la facturation d'énergie (*Compiled Energy Billing Data* - CEBD) prêt à être transmises par un système de communication ;
- Fonction de localisation, qui indique la position géographique de l'unité de traction.

Les fonctions ci-dessus peuvent être exercées par des dispositifs distincts ou combinées dans un ou plusieurs assemblages intégrés.



Toutes les exigences (environnementale, mécanique, électrique, alimentation, sécurité, marquage ...) auxquelles les EMS et parties de l'EMS doivent satisfaire sont reprises dans EN 50463-1. Une attention particulière est requise pour la sécurité des données et ce, non seulement en ce qui concerne l'accès mais aussi la sécurité du flux de données, y compris l'export des données.

3. Fonction de mesure de l'énergie (*Energy Measurement Function - EMF*)

3.1 Paramètres de base

L'EMF mesure l'énergie fournie par tous les réseaux électriques de traction pour lesquels l'unité de traction est conçue.

L'EMF est raccordé de façon à ce que toute l'énergie (traction, auxiliaires et services de confort) procurée au train via la caténaire et régénérée soit enregistrée ; pour le système de mesure de l'électricité en courant alternatif (AC), l'énergie réactive est enregistrée également.

La précision de l'EMF est telle que l'erreur totale est de maximum 1,5 % en matière de AC pour l'énergie active et de 2 % en matière de courant continu (DC). Cette précision est fixée en vertu de la section 3.2.

Les éléments servant à la mise en œuvre de l'EMF peuvent faire l'objet d'un contrôle métrologique légal ; celui-ci doit être réalisé en respectant les points suivants :

- La précision de chaque élément doit être testée sous des conditions de référence conformes à la section 3.2, pour vérifier qu'elle est comprise dans la marge d'erreur maximum déclarée.
- Chaque élément conforme est marqué pour montrer qu'il a été soumis à un contrôle métrologique et indiquer sa limite d'erreur maximum déclarée.
- La configuration de chaque élément est documentée dans le cadre du contrôle métrologique.

3.2 Précision

3.2.1 Précision de l'énergie active

Pour déterminer la précision de l'EMF, la formule suivante est utilisée :

$$\varepsilon_{EMF} = \sqrt{\varepsilon_{VMF}^2 + \varepsilon_{CMF}^2 + \varepsilon_{ECF}^2}$$

où :

- ε_{EMF} = pourcentage d'erreur total de l'EMF ;
- ε_{VMF} = pourcentage d'erreur maximum de la fonction de mesure de la tension (*Voltage Measurement Function - VMF*) ;
- ε_{CMF} = pourcentage d'erreur maximum de la fonction de mesure du courant (*Current Measurement Function - CMF*) ;
- ε_{ECF} = pourcentage d'erreur maximum de la fonction de calcul énergétique (*Energy Calculation Function - ECF*).

Les pourcentages d'erreur maximum susmentionnés de chaque fonction individuelle sont remplis sous les conditions de référence suivantes :

- toute tension située entre U_{min1} et U_{max2} , U_{min1} et U_{max2} étant définis dans l'EN 50163:2004 section 4.1, tableau 1 (U_{max2} pour 3 kV est 3900 V suivant corrigendum de 2013) ;
- tout courant situé entre 10 et 120 % du courant primaire nominal de l'EMF ;
- fréquence $\pm 0,3$ % faisant référence aux fréquences des réseaux d'alimentation de traction autorisés ;
- un facteur de puissance situé entre 0,85 et 1 ;
- une température ambiante de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

3.2.2 Courant nominal

Le courant nominal primaire ($I_{n,EMF}$) doit atteindre entre 80 et 120 % du courant nominal de l'unité de traction, qui se définit comme le courant maximum que l'unité de traction peut absorber de la caténaire lorsqu'elle fonctionne dans des conditions normales et avec une tension comprise entre U_{min1} et U_{max2} .

Si une EMF est conçue pour être utilisée sur plus d'un réseau électrique de traction, elle peut avoir plus d'une valeur de courant nominal primaire assignée. Il est permis de tester la même EMF pour différents courants nominaux primaires ($I_{n,EMF}$) afin de réduire le nombre de types divers d'EMF.

3.2.3 Classe de précision

La classe de précision ainsi que les erreurs de mesure autorisées lors d'écart des conditions de référence mentionnées ci-dessus aussi bien pour la fonction de mesure de la tension (VMF), la fonction de mesure du courant (CMF) que la fonction de calcul énergétique (ECF) sont mentionnées dans EN 50463-2.

3.2.4 Revérification

Le fabricant conseille l'acheteur concernant toutes les revérifications (essai et surveillance) qu'il estime nécessaires afin d'assurer que la performance métrologique des diverses fonctions de l'EMF demeurent dans les limites de précision spécifiées pendant la durée de vie prévue de l'appareil hébergeant les dites fonctions.

Ces conseils doivent être étayés par des documents (par ex. des justifications techniques) expliquant comment la bonne performance métrologique est assurée pendant la durée de vie prévue de l'appareil. Ces documents doivent également indiquer quels éléments des dispositifs (composant l'EMF) doivent être examinés pour veiller à la bonne performance métrologique constante. Le fabricant doit préciser clairement quels éléments nécessitent une intervention programmée (c.-à-d. une revérification des essais et de la surveillance), et lesquels n'en ont pas besoin.

3.3 Autres exigences

Toutes les autres exigences pour l'EMF sont mentionnées dans EN 50463-2.

L'ECF doit disposer d'un registre de stockage des données énergétiques et des indicateurs de qualité. Au moins 60 jours de fonctionnement doivent s'écouler entre deux dépassements de la valeur maximale de chaque index.

D'autres informations peuvent être enregistrées et transmises au DHS du moment que cela ne perturbe pas le traitement des données énergétiques ni les indicateurs obligatoires.

4. Système de traitement des données (*Data Handling System - DHS*)

4.1 Paramètres de base

Le DHS doit compiler les données énergétiques prélevées avec d'autres informations sans pour autant les corrompre. Ce système peut être intégré à un autre équipement installé à bord de l'unité de traction.

Le DHS doit inclure un stockage des données pourvu d'une mémoire ayant une capacité suffisante pour conserver les informations portant sur au moins 60 jours de fonctionnement constant, et comprenant l'énergie active et réactive (le cas échéant) consommée/régénérée, ainsi que la période de référence et les coordonnées de localisation.

Les données compilées pour la facturation d'énergie (*Compiled Energy Billing Data - CEBD*) sont stockées et transférées par ordre chronologique, en fonction des dates et heures de fin de chaque TRP, et contiennent :

- un numéro de série unique comprenant le numéro européen normalisé du véhicule ;
- l'heure de fin de chaque période de mesure d'énergie échue ;
- les coordonnées de localisation, exprimées en latitude et longitude, à la fin de chaque TRP ;
- l'énergie active et réactive (le cas échéant) consommée/régénérée durant chaque période de référence ;
- des indicateurs de qualité pour les mesures énergétiques et les coordonnées de localisation.

Les informations collectées par le DHS peuvent être utilisées à d'autres fins (par ex. feedback pour le conducteur), à condition de pouvoir prouver que cet arrangement ne compromet pas l'intégrité des données.

4.2 Exigences

4.2.1 Toutes les exigences concernant le DHS sont mentionnées dans EN 50463-3.

Si l'horloge est pourvue d'une batterie dédiée, celle-ci doit être remplacée de façon préventive au plus tard aux deux tiers de sa durée de vie prévue.

Tant les données d'énergie que de localisation doivent être accompagnée d'un flag de qualité.

La granularité des données énergétiques est de 0,1 kWh.

Les coordonnées de localisation utilisées par le DHS sont exprimées en longitude et latitude. Le format est exprimé en degrés avec 5 décimales.

Si l'EMF enregistre d'autres données, celles-ci sont également transmises, enregistrées et transférées à terre. Tout traitement ou toute communication liée à ces données ou activités ne peut affecter le flux et le traitement des données associées aux CEBD.

Le DHS doit générer les données compilées pour la facturation d'énergie (*Compiled Energy Billing Data - CEBD*).

Le DHS doit stocker les données pendant une durée minimale indiquée ci-dessous :

- paramètres logiciel et système : jusqu'à leur changement par un utilisateur agréé ;
- CEBD : 60 jours ;
- fichiers journaux liés à la création du CEBD : 60 jours ;
- autres données : aucune durée minimum.

4.3 Transfert du CEBD du DHS au DCS

4.3.1 Exigences générales

La transmission du CEBD constitue le flux primaire des données transférées du système de traitement des données à bord (DHS) au service de collecte des données (*Data Collecting Service - DCS*) à terre. Le CEBD contient des valeurs mesurées toutes les 5 minutes. Infrabel permet également d'envoyer *ReadingBlock* avec des valeurs toutes les minutes. Toutes les exigences pour CEBD s'appliquent également à ces *Readings* avec des valeurs par minute.

Le DHS doit disposer d'une procédure pour le transfert du CEBD du DHS au DCS, qui doit inclure au minimum tous les CEBD non encore transférés au DCS. Cette procédure est exécutée automatiquement au moins une fois toutes les 24 heures lorsque l'EMS est entièrement en service. 95% de tout le CEBD doit être disponible le jour suivant à 4:00. Le DHS doit également pouvoir exécuter cette procédure à la demande du DCS ou de toute source embarquée exprès, lorsque l'EMS est entièrement en service.

Le CEBD doit être condensé et prêt à être transmis en toute sécurité. Le fournisseur du DHS doit mettre à disposition toutes les informations requises pour que le DCS à terre puisse décompresser le CEBD sans le corrompre et en sauvegarder une copie authentique, ou encore pour permettre au DCS de demander le CEBD au DHS à bord lorsque le DCS n'a reçu qu'un CEBD incertain ou incomplet.

4.3.2 ID du point de consommation

L'ID unique du point de consommation est basé sur le European Vehicle Number (EVN à 12 chiffres). Un 13^{ème} chiffre peut identifier les différents DHS qui seraient placés sur un même véhicule. L'ID est complété par le Vehicle Keeper Marking et un code pays.

4.3.3 Collecte de données à terre

Infrabel est un membre du partenariat d'Eress (www.eress.eu). L'application commune *Erex* a déjà été utilisée pour l'échange, la validation et l'allocation des données de mesure. Eress a également maintenant aussi un DCS avec lequel il peut recevoir les mesures des EMS conformément au protocole de communication inclus dans la version modifiée de 2018 de la STI LOC&PAS.

Ce nouveau protocole de communication basé sur XML est obligatoire pour tous les nouveaux compteurs. *Erex* peut recevoir à la fois *CEBDBlock* (avec des valeurs mesurées toutes les 5 minutes) et *ReadingBlock* (avec des valeurs mesurées toutes les minutes). Pour le moment, *Erex* ne pourra recevoir les valeurs mesurées que par HTTP, HTTPS et FTP Mailbox. D'autres extensions sont prévues. Tous les autres blocs de données et services d'application tels que définis dans la norme EN 50463-4:2017 sont disponibles. UDP peut également être utilisé pour l'échange de données en temps réel. Des éléments

de données supplémentaires peuvent être ajoutés pour visualiser les données de ReadingBlock dans l'interface utilisateur. Un document avec la "procédure de liaison" pour relier un EMS au DCS est disponible. Cela devra être ajusté pour chaque type de EMS. Il existe déjà des API où d'autres applications qui peuvent consulter le DCS automatiquement. Des rapports automatiques peuvent également être créés.

L'entreprise ferroviaire peut aussi exporter les données vers leur propre serveur au sol. Les DCS existants peuvent également être conservés. Une inspection externe doit fournir la preuve que le traitement des données est correct.

Les exigences en matière de sécurité des données (EN 50463-1) s'appliquent également à tous les serveurs situés à terre, tant aux serveurs intermédiaires à terre qu'au service de collecte de données à terre. Les CEBD doivent être transmises à un DCS capable de communiquer les données, conformément à la fiche UIC 930 (règles de validation et format de données UTILTS), à un distributeur de données qui va séparer les données en vertu de cette fiche UIC 930 (règles de validation et format de données UTILTS) vers un système de régularisation (*Settlement System*).

L'UIC a publié un nouvel IRS 90930 en octobre 2020. Cet IRS permettra l'utilisation de *CEBDBlock* et *ReadingBlock* (selon le format EN 50463:2017) pour les échanges de données entre les serveurs au sol. À terme, ils remplaceront les échanges de données UTILTS. L'adaptation devrait être réalisée d'ici octobre 2022. Il est permis selon l'accord des parties de laisser les échanges de données UTILTS en service pendant une période plus longue.

Lors de l'utilisation d'un DCS intermédiaire toutes les données disponibles doivent être transmises vers *Erex* au plus tard le jour suivant avant 5:00.

Infrabel corrigera et validera tous les CEBD reçus avant de les utiliser à des fins d'allocation et de facturation.

5. Évaluation de la conformité

Plus d'informations sont disponibles dans les *Conformity Assessment Guidelines* d'Eress :

http://eress.eu/media/37588/conformity-assessment-guidelines-2017_web.pdf

Si une vérification de l'évaluation de la conformité a déjà été effectuée dans un autre pays, il suffit de nous fournir les coordonnées du responsable du *settlement* de ce pays.

5.1 Revue de conception et essai de type au niveau du dispositif

La conformité de tous les équipements exécutant une partie des fonctions de l'EMS doit être évaluée. Cette évaluation consiste en un examen de leur conception et un essai type du premier dispositif d'une même série. Les tests au niveau de l'équipement sont repris dans EN 50463-2 (EMF) et EN 50463-3 (DHS).

5.2 Revue de conception et essai de type de l'intégration de l'EMS

Le revue de conception de l'intégration démontre que tous les dispositifs d'un type précis utilisés pour former un EMS peuvent être reliés ensemble et qu'une fois intégrés, ils fonctionnent comme prévu.

L'essai type de l'intégration démontre que tous les dispositifs d'un type précis formant l'EMS fonctionnent comme prévu une fois intégrés.

L'intégrateur doit effectuer ces tests. Si l'EMS est commandé comme un tout, c'est au fournisseur à effectuer les tests mais ils peuvent aussi être réalisés par l'entreprise ferroviaire dans le cas d'une installation à posteriori, ou par le constructeur de train en cas de matériel roulant neuf.

5.3 Revue de conception et essai de type de l'installation de l'EMS

Le revue de la conception de l'installation établit que l'EMS intégré d'un type d'équipement précis est compatible avec le type d'unités de traction et que sa fonctionnalité est conservée une fois embarqué. Il est important de vérifier si les valeurs de référence des équipements utilisés sont compatibles avec les types d'unités de traction sur lesquelles ils sont installés. L'EMS peut-il mesurer avec précision tous les types de traction de la locomotive ou de l'automotrice?

L'essai de type de l'installation démontre que l'EMS intégré d'un type d'équipement précis, une fois à bord sur un exemplaire représentatif du type d'unités de traction, fonctionne comme prévu.

L'installateur doit fournir un 'Document de Maintenance' énonçant toutes les procédures de maintenance et décrivant toutes les modifications autorisées sur l'équipement mais qui ne peuvent altérer les exigences mentionnées ci-avant.

Ces tests sont exécutés par l'installateur. Il est aussi possible que ce soit l'entreprise ferroviaire dans le cas d'une installation à posteriori, ou le constructeur de train dans le cas de matériel roulant neuf, qui les réalise.

5.4 Dossier d'évaluation de la conformité

L'évaluateur en possession de tous les résultats de l'évaluation de la conformité effectuée doit inclure tous les documents dans le dossier d'évaluation de la conformité, qui prouve qu'un EMS comprenant un équipement d'un type précis peut être installé sur une unité de traction faisant partie d'un type d'unités de traction spécifique. L'évaluateur doit établir une fiche d'essai à utiliser durant l'essai périodique de l'installation EMS.

5.5 Essai individuel de série au niveau du dispositif

Chaque dispositif individuel doit satisfaire aux essais individuel de série. Les tests des équipements sont décrits dans EN 50463-2 (EMF) et EN 50463-3 (DHS).

5.6 Essai de routine de l'installation EMS

L'essai de routine de l'installation démontre que le type de fonctionnalité EMS testé est garanti pour chaque installation sur des unités de traction du même type. Ces essais périodiques de l'installation incluent les points suivants :

- inspection visuelle : vérifier si le type d'équipement EMS et l'unité de traction sont conformes au certificat d'évaluation de la conformité ; vérifier si le type d'équipement EMS a été placé conformément aux procédures de conception de l'installation et d'installation ; vérifier l'existence de rapports d'essais de routine au niveau du dispositif ;
- ID point de consommation : vérifier que cet ID concorde avec le numéro européen normalisé du véhicule sur lequel l'EMS est installé ;
- mise sous tension : mettre l'EMS sous tension et vérifier qu'il bascule en mode opérationnel ;
- mise hors tension : couper volontairement l'alimentation électrique de l'EMS et vérifier qu'il est effectivement déconnecté ;
- modification du réseau de traction : si d'application, vérifier que la modification du réseau de traction est détectée;

- Isolement : vérifier le respect des limitations et exigences d'isolement identifiées pendant l'étude de la conception de l'installation ;
- Protection contre les accès non autorisés : vérifier que les mesures de protection contre les accès non autorisés identifiées pendant l'étude de la conception de l'installation sont mises en œuvre et efficaces ;
- Indicateur : vérifier le bon fonctionnement des indicateurs requis ;
- Conditions générales de sécurité : vérifier que toutes les mesures de ce type identifiées pendant l'étude de la conception de l'installation sont correctement mises en œuvre ;
- Essai du flux de données EMS : envoyer des signaux à chaque entrée de l'EMS et vérifier que tous les dispositifs fonctionnent et que le CEBD est bien sauvegardé dans le DHS ; vérifier que le CEBD présent dans le DHS est accessible via le port de service local ; lancer l'exportation de données depuis le DHS vers un DCS et vérifier la réussite du transfert ; vérifier l'accessibilité du DHS à partir du DCS.

La feuille d'essai périodique de l'installation EMS doit être complétée au fil de cette évaluation.

5.7 Mise en service

Les informations suivantes doivent être transmises à l'adresse yourpower@infrabel.be pour pouvoir recevoir des données à partir d'un EMS embarqué :

Pour chaque type d'unités de traction :

- dénomination : par ex. type de locomotive 18 ou automotrice 80 ;
- puissance maximale (en kW) ;
- vitesse maximale (en km/h) ;
- associations possibles : nom d'autres catégories d'unités de traction pouvant faire partie du même train, par ex. types de locomotives 13 et 27 pour le type de locomotive 18.

Une copie des dossiers d'évaluation de la conformité doit être remise à Infrabel.

Pour chaque unité de traction :

- numéro européen normalisé de chaque véhicule ;
- abréviation utilisée antérieurement pour le véhicule ou l'unité de traction (telle qu'apposée sur le train proprement dit) ;
- dénomination du type de l'unité de traction.

Pour chaque nouveau EMS :

- Nom de l'entreprise ferroviaire responsable de l'entretien du compteur d'énergie ;
- numéro européen normalisé du véhicule dans lequel l'EMS est installé ;
- ID consommation de l'EMS (13 chiffres) ;
- renvoi au dossier d'évaluation de la conformité ;
- feuille d'essai périodique de l'installation EMS complétée.

5.8 Revérification périodique

Pour s'assurer qu'un EMS en service puisse rester opérationnel, il doit subir une revérification périodique via la procédure suivante. La procédure de vérification périodique fait partie du Plan de Maintenance et doit inclure :

- Vérifications sur les parties de l'EMF qui doivent être testées périodiquement (contrôle des caractéristiques métrologiques, conformément aux conditions convenues avec les autorités compétentes, en tenant compte des informations fournies à la section 3.2.4) ;
- contrôles visant à garantir que le type d'équipement EMS mis en place sur l'unité de traction correspond au type d'équipement EMS demandé tel que décrit dans la documentation ;
- en cas de présence de protections physiques (comme des plombs), vérification de leur présence effective.