

D RTE 48610

Gestion efficiente de l'énergie du matériel roulant en position Parc

Edité par UTP	Edité le 21.10.2020	Subordonné à –
Elaboré par Groupe de travail de l'UTP	Approuvé par PL RTE	Remplace –
Distribution Entreprises ferroviaires de l'UTP Office fédéral des transports (OFT) Extranet UTP / Webshop RTE (rte.utp.ch)	Entrée en vigueur Chaque entreprise de chemin de fer définit la date d'entrée en vigueur de cette réglementation en son sein.	Versions linguistiques d, f Nombre de pages 41

Gestion efficiente de l'énergie du matériel roulant en position Parc



Conditions d'utilisation relatives à l'ouvrage de référence en matière de technique ferroviaire (RTE)

Lors de l'utilisation des documents, il convient de garder à l'esprit qu'ils ont été rédigés pour répondre exclusivement aux besoins des chemins de fer et des entreprises de transports publics suisses et qu'ils sont réservés à cet usage. Par conséquent, une utilisation correcte suppose d'avoir suivi une formation tant théorique que pratique dans ce domaine. L'ouvrage de référence RTE se limite à deux niveaux de documents:

- Les documents R viennent compléter ou améliorer les prescriptions souveraines et les normes techniques. Les instructions qu'ils donnent doivent être suivies comme tout règlement.
- Les documents D comprennent des manuels et des documentations servant de recommandations ou d'aides dans le quotidien professionnel ou, à titre exceptionnel, reflètent l'état de la technique et représentent la vraie pratique en vue d'une standardisation.

Groupe de travail de l'UTP**Direction**

Johannes Estermann, Chemins de fer fédéraux suisses (CFF), Berne

Membres

Matthias Tuchscheid, Chemins de fer fédéraux suisses (CFF), Zollikofen

Ueli Kramer, Chemins de fer fédéraux suisses (CFF), Berne

Yannick Fournier, jusqu'en juin 2020: Transports de la région Morges Bière Cossonay (MBC), Morges

à partir de juillet 2020: Transports publics de la région lausannoise (TL), Renens

Andreas Gerber, Schweizerische Südostbahn (SOB), Samstagern

Christoph Isenschmid, BLS SA, Spiez

Stefan Menth, Emkamatik GmbH, Wettingen

Michael Sikorski, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), Cologne

Membres correspondants

Roger Cotting, Thurbo, Kreuzlingen

Walter Josi, Office fédéral des transports (OFT), Berne

Assistance de projet

Stefan Menth, Emkamatik GmbH, Wettingen

René Mark, Chemins de fer fédéraux suisses (CFF), Zurich

La présente réglementation RTE a été élaborée avec le soutien financier de l'Office fédéral des transports (OFT) dans le cadre du programme de mise en œuvre de la stratégie énergétique 2050 des transports publics (SETP 2050), sous la houlette de Monsieur Tristan Chevroulet.

Traduction

Trad8 Sàrl, Delémont

Révision

Yannick Fournier, Transports publics de la région lausannoise (TL), Renens

Martin Strobel, Union des transports publics (UTP), Berne

Editeur

Union des transports publics (UTP)

Domaine Technique ferroviaire

Dählhölzliweg 12, 3000 Berne 6

www.utp.ch, RTE@utp.ch

Webshop RTE

rte.utp.ch

ISBN 978-3-906225-72-2

Historique des modifications

Edité le	Modifications
21.10.2020	1 ^{re} édition

Avant-propos

Pour des raisons d'efficacité, les entreprises ferroviaires se sont toujours efforcées de minimiser la consommation d'énergie et les émissions sonores des véhicules stationnés. Traditionnellement, les véhicules stationnés sont, dans la mesure du possible, entièrement déclenchés. Outre les installations de confort (climatisation, éclairage, systèmes d'information à la clientèle), tous les services auxiliaires (p. ex. ventilateurs, compresseurs, pompes) sont alors inactifs.

Cependant, le déclenchement complet des véhicules n'est possible que s'il ne s'accompagne pas de problèmes d'exploitation ou techniques. Par exemple, un déclenchement prolongé est impossible en hiver en raison des températures extérieures et du risque de gel. De surcroît, la tension de la batterie doit être maintenue à un niveau minimal défini afin de pouvoir démarrer le véhicule à tout moment, indépendamment de l'actuelle réserve d'air comprimé, en activant le compresseur auxiliaire et en levant le pantographe.

Face à l'évolution des exigences, telles que la longueur variable des trains (adaptation aux pics de demande), la replanification rapide des véhicules en cas de dérangement, l'accroissement des exigences des voyageurs et du personnel d'exploitation en matière de confort, ainsi que la prévention des dommages dus à l'humidité (abandon des fenêtres à translation descendantes et enveloppes de véhicule hermétiques) ou le vieillissement des composants des véhicules, les véhicules stationnés restent presque toujours sous tension lorsqu'ils sont en position Parc.

L'introduction d'un état d'exploitation supplémentaire pour les véhicules, à savoir le «stationnement énergétiquement optimisé» (SEO), permettra d'optimiser la consommation d'énergie des véhicules stationnés. La position Parc sans voyageurs, le mode veille et le SEO se complètent et sont utilisés en fonction du temps de stationnement planifié, des températures ambiantes et des exigences en matière d'exploitation. Grâce à la télétransmission des temps d'affectation à l'exploitation, effectuée d'un système de planification central vers les véhicules, que l'on appelle «date et heure de mise à disposition basée sur l'horaire» (MDH), le mode veille déjà établi peut être très efficacement mis à profit en tenant compte des exigences en matière d'exploitation.

Le présent document s'appuie sur les expériences des CFF et du BLS et prend en considération les informations relatives aux différents chemins de fer afin de favoriser une mise en œuvre pour tous les exploitants de véhicules en tant que solution de branche.

Berne, le 21 octobre 2020

1	Généralités.....	9
1.1	Buts de la présente réglementation.....	9
1.2	Utilisation	10
1.2.1	Champ d'application.....	10
1.2.2	Restrictions	10
2	Bases.....	11
2.1	Réglementations souveraines	11
2.2	Normes	12
2.3	RTE et réglementations des chemins de fer.....	12
2.4	Directives et fiches	12
3	Abréviations et termes	13
3.1	Abréviations.....	13
3.2	Termes	13
4	Principes	16
4.1	Stationnement.....	16
4.2	Etats d'exploitation du stationnement.....	16
4.2.1	Modes de fonctionnement des sous-systèmes selon l'état d'exploitation.....	18
4.3	Position Parc sans voyageurs (I).....	19
4.4	Mode veille (II)	19
4.4.1	Modes de fonctionnement des sous-systèmes en mode veille	19
4.4.2	Activation du mode veille.....	20
4.4.3	Sortie du mode veille.....	20
4.5	Stationnement énergétiquement optimisé (SEO) (III)	21
4.5.1	Modes de fonctionnement des sous-systèmes en stationnement énergétiquement optimisé (SEO)	21
4.5.2	Activation du stationnement énergétiquement optimisé (SEO)	22
4.5.3	Sortie du stationnement énergétiquement optimisé (SEO)	23
4.6	Véhicule déclenché et hors tension (IV)	23
4.7	Images de signaux optiques des véhicules stationnés	24
4.7.1	Image de signal Position Parc ou mode veille	24
4.7.2	Image de signal Position Parc ou mode veille, prêt à être attelé.....	24
4.7.3	Image de signal Véhicule en stationnement énergétiquement optimisé.....	24
4.7.4	Image de signal Véhicule déclenché et hors tension	24
4.8	Exemple de stationnement dans le trafic régional	26
4.9	Exemples de puissance absorbée et de consommation d'énergie	27

5	Concept de solution.....	28
5.1	Architecture système possible pour la gestion efficace en énergie du stationnement.....	28
5.1.1	Déroulement de la transmission de la date et heure de mise à disposition basée sur l'horaire (MDH)	29
5.1.2	Déroulement d'un ordre de réveil	30
5.2	Exigences relatives au centre de contrôle	30
5.2.1	Accès au système de planification.....	30
5.2.2	Moment prévu pour l'envoi d'un ordre de réveil ou de la date et heure de mise à disposition	31
5.2.3	Registre des véhicules	31
5.2.4	Surveillance des ordres de réveil et des signes de vie	31
5.2.5	Regroupement de plusieurs mouvements de trains.....	32
5.3	Exigences relatives au canal de communication	32
5.3.1	Disponibilité.....	32
5.3.2	Sécurité de l'information.....	32
5.3.3	Protocole de transmission de la solution des CFF.....	33
5.4	Exigences relatives aux véhicules.....	33
5.4.1	Plate-forme de communication.....	33
5.4.2	Récepteur des ordres de réveil	33
5.4.3	Annonce auprès du centre de contrôle.....	33
5.4.4	Commande des sous-systèmes au moyen de la date et heure de mise à disposition	34
5.4.5	Préparation du véhicule pour le stationnement énergétiquement optimisé	34
5.4.6	Autosurveillance du véhicule lors du stationnement énergétiquement optimisé....	35
5.4.7	Surveillance du canal de communication.....	35
5.4.8	Niveau minimal de charge de la batterie.....	36
5.4.9	Protection contre la surchauffe et le gel.....	36
5.4.10	Prévention des dégâts dus à l'humidité	37
5.4.11	Mise en service après réception d'un ordre de réveil.....	37
5.4.12	Dérangements pendant le SEO.....	38
5.4.13	Véhicules attelés.....	39
5.4.14	Utilisation transfrontalière ou avec différents exploitants de véhicules.....	39
5.5	Exigences FDMS pour un stationnement efficace en énergie	39
6	Consignes de sécurité pour les travaux sur les véhicules.....	40
7	Démonstration lors de modifications sur des véhicules	41

1 Généralités

1.1 Buts de la présente réglementation

La réglementation D RTE 48610 «Gestion efficace de l'énergie du matériel roulant en position Parc» décrit des concepts d'optimisation de la consommation d'énergie et des émissions sonores des véhicules ferroviaires qui ne sont pas affectés à l'exploitation commerciale, c'est-à-dire qui sont garés ou stationnés. Les états d'exploitation décrits diffèrent les uns des autres du point de vue de la consommation d'énergie et du temps nécessaire à la préparation pour la prochaine affectation à l'exploitation. L'objectif des optimisations est de minimiser la consommation d'énergie et les émissions sonores des véhicules stationnés sur une période aussi longue que possible.

Contrairement à ce qui doit être observé dans l'exploitation commerciale, de nombreux sous-systèmes des véhicules stationnés, tels que l'éclairage, la climatisation ou les systèmes d'information à la clientèle, peuvent être soit totalement désactivés, soit fonctionner avec des exigences réduites. Tandis que la désactivation des sous-systèmes peut être effectuée de manière autonome par le véhicule, il faut tenir compte d'un temps de préparation considérable lors de leur réactivation, en particulier pour ramener la température ambiante dans les compartiments voyageurs et les cabines de conduite à des conditions de service normales. Et ce, alors que l'information sur la prochaine affectation n'est pas encore disponible à ce jour sur les véhicules. La transmission d'une date et heure de mise à disposition basée sur l'horaire (MDH) ou d'un ordre de réveil sont deux concepts qui permettent une commande fiable et automatisée des véhicules stationnés.

Les véhicules stationnés peuvent être mis dans un état d'exploitation à économie d'énergie et être réveillés en temps utile, avant le début de l'exploitation selon l'horaire, ou pour des travaux sur les véhicules. Afin de pouvoir exploiter pleinement l'important potentiel d'économies, la commande des états d'exploitation à économie d'énergie doit être assurée par le véhicule de manière automatique. Grâce à la date et heure de mise à disposition basée sur l'horaire ou aux ordres de réveil, les véhicules stationnés peuvent être maintenus le plus longtemps possible dans des états d'exploitation à économie d'énergie. La présente réglementation RTE décrit l'architecture système requise pour un stationnement à économie d'énergie.

1.2 Utilisation

1.2.1 Champ d'application

En appliquant la présente réglementation RTE, les entreprises de chemin de fer peuvent réduire les coûts du cycle de vie, et notamment les coûts énergétiques, atténuer l'usure grâce à la diminution de la durée d'utilisation des composants et réduire le temps de préparation du personnel des locomotives pour les trains. Les optimisations doivent toujours être réalisées en tenant compte de l'ensemble du système. Il est nécessaire de peser les différentes exigences telles que l'efficacité énergétique, les émissions sonores, la disponibilité et la fiabilité. Cette réglementation RTE devrait être appliquée par toutes les entreprises de chemin de fer afin de réduire le temps de préparation des véhicules. Un temps de préparation court est essentiel au regard de la fréquence des opérations d'attelage et de dételage des formations de trains au cours de la journée avant et après les heures de pointe.

1.2.2 Restrictions

Si un véhicule circule au-delà des frontières nationales ou avec plusieurs exploitants de véhicules, l'utilisation de la MDH et des ordres de réveil doit être examinée au cas par cas. La présente réglementation RTE a principalement été élaborée pour les véhicules électriques alimentés par la ligne de contact.

2 Bases

2.1 Réglementations souveraines

OCF RS 742.141.1	Ordonnance sur la construction et l'exploitation des chemins de fer	Etat au 01.11.2020
DE-OCF RS 742.141.11	Dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer	Etat au 01.11.2020
PCT RS 742.173.001	Prescriptions de circulation des trains R 300.1 à R 300.15	Etat au 01.07.2020
LPE RS 814.01	Loi fédérale sur la protection de l'environnement (Loi sur la protection de l'environnement)	Etat au 01.07.2020
OPB RS 814.41	Ordonnance sur la protection contre le bruit	Etat au 07.05.2019
STI LOC&PAS Règlement (UE) 1302/2014	Règlement concernant une spécification technique d'interopérabilité relative au sous-système «Matériel roulant – Locomotives et matériel roulant destiné au transport de passagers» du système ferroviaire dans l'Union européenne	Edition de 18.11.2014
STI NOI Règlement (UE) 1304/2014	Règlement concernant la spécification technique d'interopérabilité relative au sous-système «Matériel roulant – bruit», modifiant la décision 2008/232/CE et abrogeant la décision 2011/229/UE	Edition de 26.11.2014
Directive (UE) 2016/797	Directive relative à l'interopérabilité du système ferroviaire au sein de l'Union européenne	Edition de 11.05.2016
Règlement (UE) 2018/545	Règlement d'exécution établissant les modalités pratiques du processus d'autorisation des véhicules ferroviaires et d'autorisation par type de véhicule ferroviaire conformément à la directive (UE) 2016/797 du Parlement européen et du Conseil	Edition de 04.04.2018

2.2 Normes

SN EN 50126-1	Applications ferroviaires - Spécification et démonstration de la fiabilité, de la disponibilité, de la maintenabilité et de la sécurité (FDMS) - Partie 1: processus FDMS générique	Edition de 2017
SN EN 50126-2	Applications ferroviaires - Spécification et démonstration de la fiabilité, de la disponibilité, de la maintenabilité et de la sécurité (FDMS) - Partie 2: approche systématique pour la sécurité	Edition de 2017
SN EN 50159	Applications ferroviaires - Systèmes de signalisation, de télécommunication et de traitement - Communication de sécurité sur des systèmes de transmission	Edition de 2010
SN EN 50591	Spécification et vérification de la consommation d'énergie pour le matériel roulant ferroviaire	Edition de 2019

2.3 RTE et réglementations des chemins de fer

D RTE 49100	Démonstration lors de modifications sur des véhicules ferroviaires	1 ^{re} édition 19.01.2016
-------------	--	---------------------------------------

2.4 Directives et fiches

(Dir. OFT)	Directive Homologation des véhicules ferroviaires, V2.3b, référence du dossier: OFT-511.5-00010/00012/00003	Etat au 01.12.2019
Rapport d'expertise (OFEV)	Evaluation et limitation du bruit émis par les trains stationnés N° du laboratoire Empa: 460 395-2a	Edition de 29.01.2012

3 Abréviations et termes

3.1 Abréviations

CVC	Chauffage, ventilation, climatisation
FDMS	FDM(S) «Fiabilité, disponibilité, maintenabilité et sécurité» (en anglais, «Reliability, Availability, Maintainability, (Safety)»), selon la série de normes SN EN 50126
MDH	Date et heure de mise à disposition basée sur l'horaire
PCT	Prescriptions de circulation des trains
SEO	Stationnement énergétiquement optimisé
STI	Spécifications techniques d'interopérabilité
UIC	Union Internationale des Chemins de fer

3.2 Termes

Définition des termes utilisés dans la présente réglementation:

Centre de contrôle	Système central de l'entreprise de transport, qui assure toutes les fonctions pour la MDH des trains, ainsi que l'envoi des ordres de réveil. Le centre de contrôle dispose des canaux de communication nécessaires avec les véhicules ainsi que d'une interface avec le système de planification de l'exploitant du véhicule. Le centre de contrôle surveille les changements qui s'opèrent dans le système de planification et détermine ainsi la date et heure de mise à disposition.
Contrôle d'accès	Le contrôle d'accès (en anglais, «access control») désigne la surveillance et la gestion de l'accès à des ressources spécifiques (appareils et personnes).
Course commerciale	Affectation d'un train au transport de voyageurs (service de transport de voyageurs).
Course non commerciale	Course effectuée sans voyageurs dans le véhicule (par exemple, course haut le pied, de manœuvre ou de mise à quai).
Date et heure de mise à disposition	La date et heure de mise à disposition correspond au début de l'exploitation et marque le début (date et heure) de la prochaine affectation à l'exploitation commerciale d'un véhicule individuel. A partir de ce moment, les voyageurs peuvent monter à bord du train. Dès lors, la température ambiante doit répondre aux exigences minimales, la réserve d'air comprimé doit être remplie et tous les contrôles automatiques doivent être achevés. Il ne faut pas confondre la date et heure de mise à disposition avec la date et heure de préparation.

Date et heure de mise à disposition basée sur l'horaire (MDH)	La MDH est une date et une heure de mise à disposition qui est automatiquement déterminée par le service de planification de l'exploitant du véhicule et qui est transmise au véhicule par un centre de contrôle.
Date et heure de préparation	Date et heure de début de la préparation du véhicule. Le système de commande du véhicule détermine de manière autonome la date et heure de préparation en fonction de la date et heure de mise à disposition, des températures ambiante et extérieure actuelles et d'autres données d'état du véhicule. Il ne faut pas confondre la date et heure de préparation avec la date et heure de mise à disposition.
Etat d'exploitation	Un train est toujours dans un état d'exploitation clairement défini. La présente réglementation RTE distingue les états d'exploitation en marche ou à l'arrêt, avec ou sans voyageurs.
Modes de fonctionnement	Etats des sous-systèmes tels que l'alimentation électrique ou l'alimentation en air comprimé.
Mode veille	Etat d'exploitation du véhicule à puissance réduite afin de diminuer la consommation d'énergie ainsi que les émissions sonores. La consommation d'énergie est plus élevée en mode veille qu'en SEO (refroidissement actif du transformateur principal, production d'air comprimé pour les pantographes, etc.). En mode veille, aucun voyageur ne se trouve à l'intérieur du véhicule. Le système de commande du véhicule calcule de manière autonome la date et heure de préparation sur la base de la date et heure de mise à disposition et des données d'environnement disponibles sur le véhicule.
Occupation de la cabine de conduite	Actionnement de l'interrupteur de mise en service par du personnel formé dans une cabine de conduite d'un véhicule stationné.
Ordre de réveil	Ordre envoyé par télétransmission du centre de contrôle au récepteur embarqué des ordres de réveil afin de réveiller un véhicule hors du SEO.
Plate-forme de communication	Equipement de communication embarqué non déterminant pour la sécurité, qui maintient une liaison de données avec le centre de contrôle. Cette plate-forme peut être utilisée, par exemple, pour la transmission d'informations à la clientèle en temps réel ou pour l'interrogation à distance des données d'état par le véhicule. La plate-forme de communication reçoit la date et heure de mise à disposition, envoie les signes de vie et communique avec le système de commande du véhicule via un canal sécurisé. La séparation avec la zone déterminante pour la sécurité du système de commande du véhicule doit être respectée. La plate-forme de communication est physiquement séparée du récepteur des ordres de réveil.

Position Parc	Etat d'exploitation des véhicules stationnés avec cabine de conduite non occupée. En position Parc, tous les systèmes et sous-systèmes fonctionnent en service normal. Les voyageurs peuvent se trouver à l'intérieur du véhicule. L'alimentation électrique est activée. Cela signifie que le pantographe est levé et que le disjoncteur principal est enclenché.
Préchauffage/ pré-refroidissement	Modes de fonctionnement du système CVC, qui permettent d'atteindre rapidement les niveaux de confort requis dans le compartiment voyageurs ou la cabine de conduite avec une grande capacité de chauffage ou de refroidissement. Le préchauffage ou le pré-refroidissement débute à la date et heure de préparation si l'écart entre la température ambiante et la température de consigne est très élevé.
Récepteur des ordres de réveil	Équipement permettant de recevoir des ordres de réveil pour les véhicules en stationnement énergétiquement optimisé. Le récepteur des ordres de réveil doit être aussi économe en énergie que possible et doit pouvoir activer le système de commande du véhicule et la plate-forme de communication. Le récepteur des ordres de réveil peut être physiquement séparé de la plate-forme de communication pour des raisons d'efficacité énergétique.
Signes de vie	Messages envoyés à intervalles réguliers par la plate-forme de communication ou le récepteur des ordres de réveil au centre de contrôle. L'absence de signes de vie permet d'identifier une interruption de la communication.
Stationnement énergétiquement optimisé (SEO)	Etat d'exploitation d'un train stationné avec une consommation d'énergie minimale. Le disjoncteur principal est déclenché et le pantographe est abaissé. Le système de commande du véhicule coupe automatiquement tous les consommateurs, à l'exception des équipements de surveillance et d'un récepteur des ordres de réveil. Seuls les systèmes du véhicule nécessaires à une surveillance minimale restent activés. Si une fonction de surveillance réagit, le véhicule s'enclenche automatiquement pour normaliser les systèmes surveillés. Le véhicule retourne automatiquement dans le SEO lorsque toutes les conditions nécessaires sont remplies. À la réception d'un ordre de réveil, le véhicule s'enclenche automatiquement et passe en mode veille.
Système de planification	Dans le système de planification, les véhicules sont affectés à une circulation de train selon l'horaire.
Temps de préparation	Temps nécessaire à la préparation du véhicule (préchauffage/climatisation, remplissage de la réserve d'air comprimé, essai des freins, etc.). Le temps de préparation doit prendre fin lorsque la date et heure de mise à disposition est atteinte.

4 Principes

Le présent chapitre couvre les thèmes suivants:

- définition des états d'exploitation des véhicules ferroviaires stationnés sans affectation commerciale;
- mise en œuvre des états d'exploitation sur les véhicules;
- transitions entre les états d'exploitation.

Souvent, les mesures décrites dans la présente réglementation RTE conduisent également à une réduction des émissions sonores des véhicules ferroviaires stationnés. Les valeurs cibles pour les niveaux de pression acoustique continu équivalents doivent être respectées conformément aux réglementations et aux méthodes de vérification applicables, mais ne sont pas approfondies dans la présente réglementation RTE. Les lois et règlements suivants constituent des références:

- loi sur la protection de l'environnement (LPE);
- ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB);
- STI NOI Règlement (UE) 1304/2014 «Matériel roulant – bruit»;
- Rapport d'expertise de l'OFEV «Evaluation et limitation du bruit émis par les trains stationnés».

4.1 Stationnement

Pendant une pause d'exploitation durant la nuit ou entre les heures de pointe, les rames automotrices d'une traction multiple ou les voitures d'un train sont généralement stationnées sur des voies de garage.

Selon la norme SN EN 50591, un train est en stationnement s'il est immobile dans le dépôt, alimentation électrique activée, sans personnel ni voyageurs à bord. En général, le système CVC fonctionne avec des réglages réduits pour la température et la ventilation.

En fonction de l'équipement du véhicule (p. ex. sans refroidissement des denrées ou alimentation en air comprimé des bioréacteurs), un déclenchement complet est possible si le temps de préparation est suffisamment long. En revanche, en cas de fortes chutes de neige, de risque de gel ou de fortes chaleurs, on évitera de procéder à un déclenchement complet des véhicules.

4.2 Etats d'exploitation du stationnement

D'un point de vue énergétique et technique, il semble judicieux d'introduire les états d'exploitation suivants pendant le stationnement:

- I. Position Parc sans voyageurs
- II. Mode veille
- III. Stationnement énergétiquement optimisé (SEO)
- IV. Véhicule déclenché et hors tension

La présente réglementation RTE se concentre sur les états d'exploitation du stationnement selon le quadrant 4) du Tableau 4-1. Les états d'exploitation des autres quadrants du Tableau 4-1 ne sont pas couverts par cette réglementation RTE.

Le choix de l'état d'exploitation dépend de la rapidité de remise en service du véhicule et du temps disponible pour la préparation.

	Marche	Arrêt
Avec voyageurs	1) Courses commerciales <ul style="list-style-type: none"> – Train engagé dans l'exploitation commerciale – Courses en pleine voie et arrêts en gare 	3) Position Parc <ul style="list-style-type: none"> – Train engagé dans l'exploitation commerciale – Arrêt avant le départ ou à la gare de rebroussement
Sans voyageurs	2) Courses hors utilisation commerciale <ul style="list-style-type: none"> – Courses de manœuvre – Courses de mise à quai – Courses en stationnement – Courses haut le pied 	4) Stationnement <ul style="list-style-type: none"> I. Position Parc sans voyageurs II. Mode veille III. Stationnement énergétiquement optimisé IV. Véhicule déclenché et hors tension

Tableau 4-1: Etats d'exploitation des véhicules ferroviaires.

Remarque: les états d'exploitation définis ont un caractère conceptuel. Sur les véhicules existants ou nouveaux, d'autres désignations peuvent être utilisées ou dépendent de l'exploitant ou du constructeur du véhicule.

4.2.1 Modes de fonctionnement des sous-systèmes selon l'état d'exploitation

Le présent document fait la distinction entre un état d'exploitation, qui est défini par le système de commande du véhicule pour l'ensemble du train, et les modes de fonctionnement, c'est-à-dire l'état réel des sous-systèmes dans l'état d'exploitation concerné. Le Tableau 4-2 ci-dessous indique, pour chaque état d'exploitation, dans quel mode de fonctionnement se trouvent les sous-systèmes. Seuls les sous-systèmes les plus importants sont répertoriés. En fonction des caractéristiques du véhicule, d'autres sous-systèmes peuvent également être présents.

	Pantographe	Disjoncteur principal	Convertisseur de bord	Système de commande	Compresseur	Chargeur de batterie	Eclairage intérieur	Consommateurs CVC	Groupes de refroidissement, restauration	Plate-forme de communication	Récepteur des ordres de réveil	Surveillance de l'état
1) Courses commerciales	Levé	Enclenché	Marche	Marche	Normal	Marche	Marche	Normal	Marche	Marche	Marche	Arrêt
2) Courses hors utilisation commerciale	Levé	Enclenché	Marche	Marche	Normal	Marche	Arrêt	Réduit	Marche	Marche	Marche	Arrêt
3) Position Parc avec voyageurs	Levé	Enclenché	Marche	Marche	Normal	Marche	Marche	Normal	Marche	Marche	Marche	Arrêt
4) I. Position Parc sans voyageurs	Levé	Enclenché	Marche	Marche	Normal	Marche	Arrêt	Préparation	Marche	Marche	Marche	Arrêt
4) II. Mode veille	Levé	Enclenché	Réduit	Marche	Réduit	Marche	Arrêt	Réduit	Marche	Marche	Marche	Arrêt
4) III. Stationnement énergétiquement optimisé	Abaissé	Déclenché	Arrêt	Arrêt	Arrêt	Arrêt	Arrêt	Arrêt	Marche partielle	Arrêt; vidéo, postes d'appel d'urgence: Marche	Marche	Marche
4) IV. Véhicule déclenché et hors tension	Abaissé	Déclenché	Arrêt	Arrêt	Arrêt	Arrêt	Arrêt	Arrêt	Arrêt	Arrêt	Arrêt	Arrêt

Tableau 4-2: Etats d'exploitation et modes de fonctionnement des sous-systèmes.

4.3 Position Parc sans voyageurs (I)

Dans cet état, le véhicule est alimenté en énergie de manière conventionnelle et les sous-systèmes fonctionnent en mode normal. La position Parc sans voyageurs est active lors de courtes phases de stationnement jusqu'à l'activation du mode veille, SEO ou, selon les caractéristiques du véhicule, pendant le temps de préparation, éventuellement avec préchauffage ou pré-refroidissement activé.

4.4 Mode veille (II)

Le mode veille est un état d'exploitation intermédiaire du stationnement qui est éprouvé, optimisé sur le plan de l'énergie et du bruit, et dans lequel soit les sous-systèmes sont totalement désactivés, soit ils fonctionnent avec des exigences réduites. Le mode veille peut être mis en œuvre sans liaison avec un centre de contrôle et est donc moins complexe que le SEO. Il est recommandé pour le retrofit d'anciens véhicules ou en solution de secours dans de nouveaux concepts de véhicules si le SEO ne peut pas être activé en raison des conditions d'environnement.

4.4.1 Modes de fonctionnement des sous-systèmes en mode veille

Freins

En mode veille, un frein d'immobilisation empêche tout mouvement du véhicule.

Système de commande du véhicule

Le système de commande du véhicule est activé. Il doit être possible de mettre à jour la date et heure de mise à disposition à tout moment en mode veille.

Alimentation électrique

Sur les véhicules moteurs électriques, l'alimentation électrique est assurée par la ligne de contact – pantographe levé et disjoncteur principal enclenché – et dans le cas de certaines voitures stationnées, elle est assurée par le système de préchauffage (également appelé «borne de distribution» ou «prise de chauffage»). Le véhicule est alimenté en énergie en continu, le chargeur de batterie est activé pour maintenir la charge de la batterie.

Selon la conception de l'alimentation électrique, les unités non nécessaires de l'équipement haute tension et les éléments des convertisseurs de bord doivent être séparés de l'alimentation en énergie (par exemple, déclenchement partiel du train).

Signalisation sur le véhicule

A l'extérieur, l'éclairage frontal signale l'état d'exploitation de la position Parc avec une lampe blanche dans la partie inférieure (voir section 4.7).

Alimentation en air comprimé

L'alimentation en air comprimé est active. Sur les anciens véhicules, des seuils étendus pour l'hystérésis d'activation des compresseurs d'air devraient permettre d'économiser de l'énergie et de réduire les émissions sonores en mode veille. La séparation de l'alimentation en air comprimé du pantographe actif et du disjoncteur principal des autres consommateurs d'air comprimé et de l'alimentation par un compresseur devrait permettre d'économiser de l'énergie supplémentaire et de réduire les émissions sonores.

Nettoyage de l'intérieur des véhicules

Il doit être possible de nettoyer l'intérieur du véhicule sans quitter définitivement l'état d'exploitation «mode veille». L'activation des systèmes concernés (éclairage du local, prises de courant, alimentation en air comprimé, etc.) peut être assurée temporairement par l'actionnement d'un interrupteur de nettoyage. Les systèmes activés sont automatiquement réinitialisés après une période prédéfinie.

Sous-systèmes déterminants pour les voyageurs

Les sous-systèmes dont la consommation d'énergie peut être facilement réduite doivent être désactivés: éclairage, systèmes d'information à la clientèle (p. ex. avec le «Wake-on-LAN»), amplificateurs de téléphonie mobile.

Protection des systèmes

Une régulation de la température des systèmes de traction et des services auxiliaires est nécessaire.

La température dans le compartiment voyageurs doit être régulée de manière à empêcher un refroidissement et une surchauffe excessifs du véhicule, conformément aux réglementations techniques et du travail. Dans la mesure du possible, une ventilation sans refroidissement ou chauffage forcé avec un débit d'air extérieur maximal doit être employée («free cooling» ou «free heating»). Sinon, le débit d'air extérieur doit être minimisé en cas d'utilisation d'un refroidissement ou d'un chauffage forcé.

La plage admissible de la température ambiante doit être définie en fonction de la puissance du système de chauffage et de refroidissement et du temps de préparation disponible. La climatisation des cabines de conduite doit être considérée séparément, y compris pour la protection des équipements électroniques sensibles. Si le temps de préparation est très court, il doit être possible d'atteindre très rapidement la température de consigne dans la cabine de conduite.

Accès au véhicule

Les portes extérieures conservent leur dernier état (libérées ou verrouillées). L'accès au véhicule est possible à tout moment. Les portes s'ouvrent en actionnant un interrupteur accessible depuis l'extérieur.

4.4.2 Activation du mode veille

Le mode veille peut être activé de l'une des manières suivantes:

- automatiquement avec une temporisation la plus courte possible lorsque l'état d'exploitation Position Parc sans voyageurs est actif;
- selon des critères simplifiés, par exemple pour les voitures sans liaison au bus de train après deux minutes à l'arrêt et éclairage éteint.

4.4.3 Sortie du mode veille

Le mode veille est désactivé lorsque la cabine de conduite est occupée ou lorsque la date et heure de préparation est atteinte. Dans le cas de voitures sans système général de commande du véhicule, le mode veille peut être désactivé en fonction du signal UIC «Allumage de l'éclairage du compartiment voyageurs» ou du signal «Vitesse > 5 km/h».

4.5 Stationnement énergétiquement optimisé (SEO) (III)

Dans l'état d'exploitation SEO, le véhicule consomme une quantité d'énergie minimale. L'alimentation électrique est coupée, un frein d'immobilisation empêche tout mouvement du train indépendamment de l'alimentation en air comprimé. Seul un minimum absolu de consommateurs reste activé et connecté à la batterie.

Contrairement au mode veille, le SEO réduit encore au minimum les pertes à vide des services auxiliaires et les émissions sonores. Des capteurs déterminent le mode de fonctionnement du système de commande du véhicule et d'autres sous-systèmes afin d'activer au besoin l'alimentation électrique. Cela permet au véhicule de rester dans cet état aussi longtemps que nécessaire sans engendrer des états critiques tels qu'une très faible tension de batterie, une vidange préventive des réservoirs d'eau fraîche contre le gel, le gel et la couverture de neige des pantographes abaissés ou une surchauffe des composants du toit.

Le SEO est recommandé pour les nouveaux concepts de véhicules ou les véhicules modernes existants et nécessite des ordres de réveil envoyés par un centre de contrôle. Les véhicules en stationnement énergétiquement optimisé ne sont pas prêts à être attelés.

4.5.1 Modes de fonctionnement des sous-systèmes en stationnement énergétiquement optimisé (SEO)

En SEO, tous les consommateurs non nécessaires sont désactivés ou ne sont activés que temporairement pour normaliser les variables surveillées.

Système de commande du véhicule

Le système de commande du véhicule est désactivé, à moins qu'il ne soit temporairement activé par des capteurs jusqu'à ce que les états surveillés soient normalisés. Ensuite, le système de commande du véhicule s'arrête de nouveau.

Afin de minimiser le bruit engendré par de fréquents enclenchements, toutes les variables surveillées doivent être normalisées lorsque le véhicule est enclenché.

Contrairement au mode veille, le système de commande du véhicule ne prend pas en compte une date et heure de mise à disposition sur le véhicule en SEO. En SEO, le système de commande est activé par l'ordre de réveil du centre de contrôle.

Alimentation électrique

Le pantographe est abaissé, le disjoncteur principal est déclenché, les circuits principaux et les groupes auxiliaires sont coupés. L'alimentation électrique n'est activée que temporairement pour normaliser les variables critiques surveillées.

Signalisation sur le véhicule

Le véhicule signale de manière appropriée l'état d'exploitation SEO à l'intérieur comme à l'extérieur, conformément à la section 4.7.3.

Alimentation en air comprimé

L'alimentation en air comprimé n'est pas active. Si les bioréacteurs ou d'autres consommateurs ont régulièrement besoin d'air comprimé, l'alimentation doit être assurée.

Plate-forme de communication

La plate-forme de communication est désactivée, à l'exception d'un récepteur des ordres de réveil. Le récepteur a une consommation d'énergie minimale et active le système de commande du véhicule en cas de besoin. Le système vidéo et les postes d'appel d'urgence doivent rester activés et connectés à la batterie si nécessaire.

Si un défaut empêche le véhicule de démarrer correctement, cela doit être détecté par le centre de contrôle et une annonce de dérangement doit être générée pour empêcher des suppressions de train.

Nettoyage de l'intérieur des véhicules

Il doit être possible de nettoyer l'intérieur du véhicule sans quitter définitivement l'état d'exploitation SEO. L'activation des systèmes concernés (éclairage du local, prises de courant, alimentation en air comprimé, etc.) peut être assurée temporairement par l'actionnement d'un interrupteur de nettoyage. Le véhicule passe en mode veille pendant la durée du nettoyage. Après l'écoulement d'un temps prédéfini et la vérification des critères pertinents, le SEO est automatiquement activé.

Protection des systèmes

Des capteurs surveillent les états critiques tels qu'une faible tension de la batterie (relais à minimum de tension), des températures ambiante et extérieure trop élevées ou trop basses (thermostats), et peuvent activer le système de commande du véhicule si les valeurs limites sont dépassées. Pour éviter qu'un pantographe abaissé ne soit bloqué en cas de chute de neige ou de formation de glace, il est recommandé de quitter automatiquement le SEO lorsque les températures extérieures chutent en dessous de 5 °C et de passer en mode veille.

Des fonctions de protection supplémentaires peuvent être mises en œuvre dans le centre de contrôle pour prévenir l'activation du SEO au regard des prévisions météorologiques.

Accès au véhicule

Les portes extérieures conservent leur dernier état (libérées ou verrouillées). L'accès au véhicule est possible à tout moment, les portes s'ouvrent en actionnant un interrupteur accessible depuis l'extérieur.

Groupes de refroidissement pour la restauration

Les groupes de refroidissement installés le cas échéant pour les denrées périssables requièrent une attention particulière. Les réfrigérateurs contenant des marchandises moins critiques (p. ex. des boissons emballées) doivent fonctionner avec des valeurs limites étendues. Afin de minimiser la consommation d'énergie, il convient d'assurer une bonne isolation thermique des réfrigérateurs ainsi que l'alimentation des groupes de refroidissement à partir d'une batterie embarquée correctement dimensionnée ou d'une alimentation externe. Le système doit être conçu de manière à ce que l'alimentation électrique des groupes de refroidissement soit la plus efficace possible.

4.5.2 Activation du stationnement énergétiquement optimisé (SEO)

Le SEO est activé manuellement par le personnel des locomotives ou par le système de commande du véhicule en fonction des conditions d'environnement du véhicule et des informations provenant du centre de contrôle. Il est recommandé de ne pas activer le SEO lorsque la température extérieure est inférieure à 5 °C. En cas d'activation autonome par le système de commande du véhicule, il est recommandé de prévoir une possibilité de paralysage manuel permanent de cette activation.

4.5.3 Sortie du stationnement énergétiquement optimisé (SEO)

Le SEO prend fin par un ordre de réveil du centre de contrôle, manuellement par l'enclenchement du véhicule, automatiquement par une fonction de surveillance ou temporairement par le mode nettoyage.

4.6 Véhicule déclenché et hors tension (IV)

Un frein d'immobilisation empêche tout mouvement du véhicule qui n'est pas alimenté en énergie. Tous les circuits principaux et de commande sont désactivés. Le véhicule ne consomme pas d'énergie.

Les points suivants doivent être pris en compte:

- aucune surveillance de la température ambiante ou de la tension de la batterie;
- pas de vidange préventive des réservoirs d'eau contre le gel;
- interruption de la chaîne frigorifique dans les voitures-restaurants;
- interruption de l'alimentation en air comprimé des bioréacteurs;
- aucune possibilité de réception d'ordres de réveil;
- une mise à disposition fiable nécessite le déploiement de personnel en temps opportun sur place;
- des travaux peuvent être réalisés sur les composants désactivés en respectant les prescriptions de sécurité.

L'expérience montre que la mise en service à court terme d'un véhicule déclenché et hors tension n'est pas compatible avec la fiabilité requise pour l'exploitation. C'est la raison pour laquelle aujourd'hui, les véhicules ne sont généralement entièrement déclenchés et hors tension que pendant de longues phases de stationnement.

4.7 Images de signaux optiques des véhicules stationnés

L'état d'exploitation actuel d'un véhicule stationné est indiqué par la signalisation extérieure sur l'avant du véhicule.

Selon les PCT R 300.2, chiffre 3.2.4, les véhicules stationnés doivent être identifiés par des panneaux de préchauffage s'ils sont alimentés en énergie par des installations fixes.

La Figure 4-3 présente un aperçu de la signalisation extérieure des véhicules stationnés.

4.7.1 Image de signal Position Parc ou mode veille

La position Parc et le mode veille établis en Suisse sont signalés par un phare blanc dans la partie inférieure en tête du train, aux points d'attelage (en traction multiple) et en queue du train.

4.7.2 Image de signal Position Parc ou mode veille, prêt à être attelé

Les véhicules sans capot frontal, signalés par l'image Position Parc, sont toujours considérés comme prêts à être attelés.

Les véhicules avec capot frontal en position Parc ou en mode veille, signalés par l'image Position Parc, ne sont considérés comme prêts à être attelés que si le capot frontal est ouvert et si le phare orange dans la partie supérieure est également allumé.

4.7.3 Image de signal Véhicule en stationnement énergétiquement optimisé

Les véhicules en stationnement énergétiquement optimisé ne sont pas prêts à être attelés. L'état d'exploitation SEO est signalé par un phare blanc dans la partie supérieure en tête du train, aux points d'attelage (en traction multiple) et en queue du train.

A l'intérieur du véhicule, le SEO est signalé si possible dans toutes les voitures par un feu orange dans la zone des portes d'accès, à un endroit facilement visible par le personnel (selon les DE-OCF ad art. 51, DE 51.1, chiffre 7.1.2.2).

4.7.4 Image de signal Véhicule déclenché et hors tension

Les véhicules stationnés déclenchés et hors tension ne sont pas prêts à être attelés. L'état d'exploitation «Véhicule déclenché et hors tension» est signalé par des phares éteints en tête du train, aux points d'attelage (en traction multiple) et en queue du train.

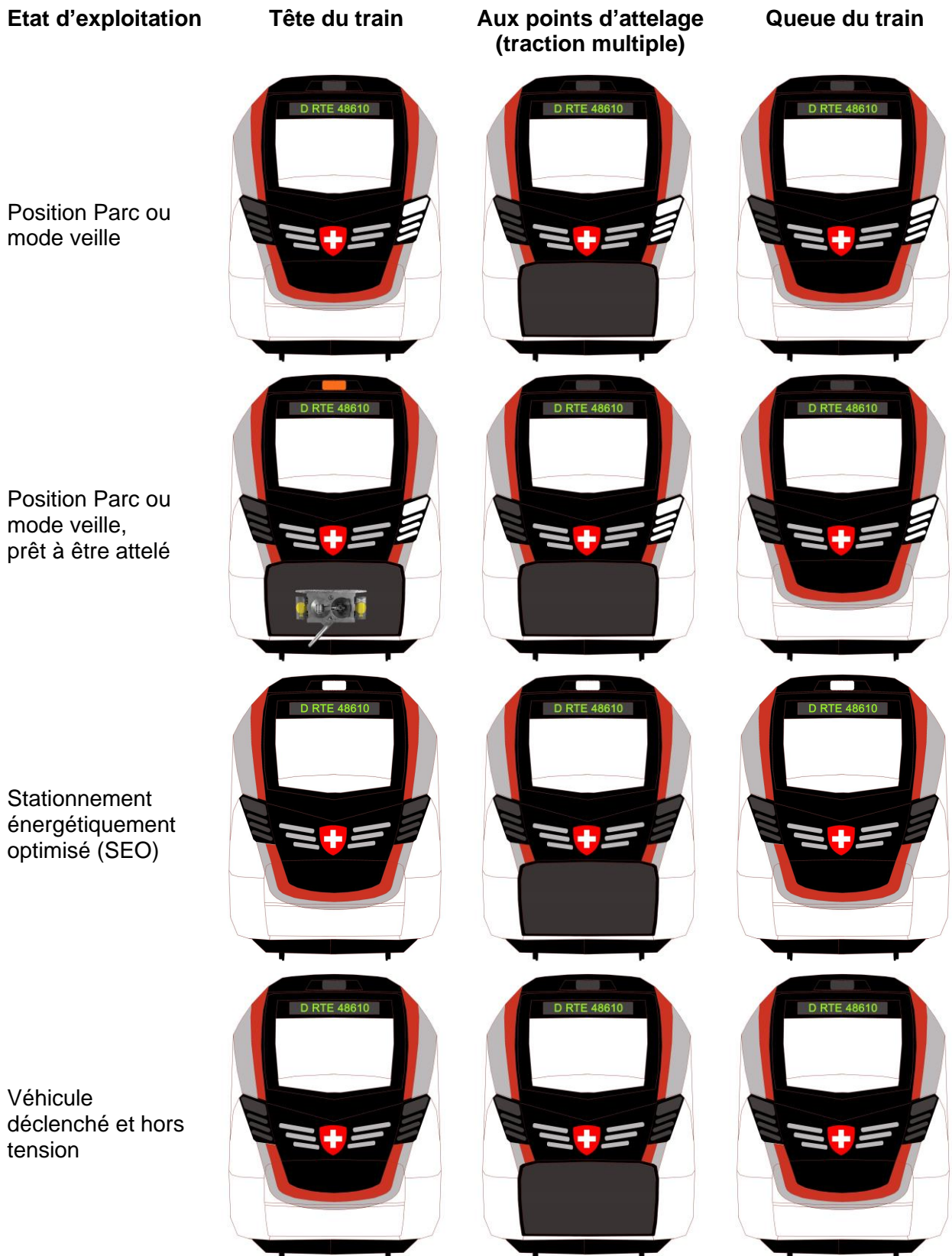


Figure 4-3: Signalisation extérieure des états d'exploitation des véhicules stationnés.

4.8 Exemple de stationnement dans le trafic régional

L'analyse de l'exploitation révèle qu'en Suisse, les trains régionaux et RER parcourent en moyenne quelque 150'000 km par an. Le temps d'exploitation moyen journalier est d'environ 10 heures seulement. Ces valeurs étonnamment basses à première vue peuvent s'expliquer par les exigences en matière d'exploitation. En effet, de nombreuses lignes de RER et de trains régionaux sont exploitées en traction double, voire triple, aux heures de pointe. Dans les phases où le nombre de voyageurs est faible (en semaine entre 9h00 et 16h00, aux heures creuses et le week-end), les trains circulent en traction simple. Les véhicules restants sont alors stationnés.

La Figure 4-4 montre l'exploitation hebdomadaire d'une rame automotrice BLS de type Nina (RABe 525). Sur le diagramme du haut, les barres noires indiquent les phases de stationnement prolongées, tandis que les lignes en couleur indiquent l'état d'exploitation du véhicule (vert: mode veille, rouge: mode préchauffage, bleu: fonctionnement normal). Pendant les phases de stationnement prolongées, le mode veille est actif et la température ambiante peut diminuer (diagramme du milieu, bleu: température ambiante, vert: température extérieure). Le diagramme du bas montre la puissance de chauffage. Etant donné que la température extérieure dans cet exemple se situe généralement autour du point de congélation, la puissance de chauffage est relativement élevée en service normal (c'est-à-dire en marche ou en stationnement). Lorsque le mode veille est actif, la puissance de chauffage descend à 0 kW ou affiche une courte durée d'enclenchement avec une puissance de chauffage maximale pour maintenir la température ambiante minimale.

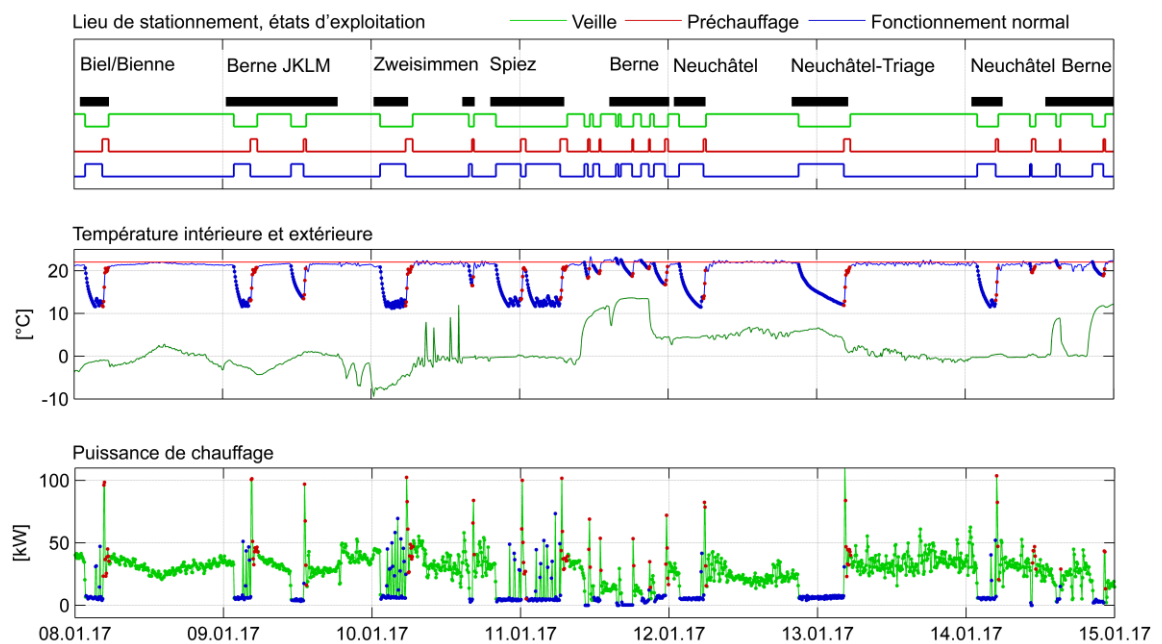


Figure 4-4: Exemple d'affectation dans l'exploitation (source: Emkamatik/BLS, rapport interne Mode veille sur un véhicule RABe 525 006, 2017; traduit). Sur le diagramme du haut, les barres noires indiquent les phases de stationnement prolongées, tandis que les lignes en couleur indiquent l'état d'exploitation (vert: mode veille, rouge: mode préchauffage, bleu: fonctionnement normal).

4.9 Exemples de puissance absorbée et de consommation d'énergie

Le fait que les trains du trafic local ne soient pas affectés à l'exploitation commerciale plus de 12 heures par jour témoigne de l'important potentiel d'optimisation disponible avec une utilisation cohérente des états d'exploitation efficaces en énergie des véhicules. Le Tableau 4-5 suivant illustre l'ordre de grandeur de la consommation de puissance dans les différents états d'exploitation du stationnement et peut être transposé aux véhicules du trafic grandes lignes. Les valeurs de puissance indiquées sont celles d'un train régional à quatre éléments, moyennées sur une année, pour une température extérieure moyenne annuelle de 9 °C (source: Emkamatik/BLS, rapport interne Mode veille sur le véhicule RABe 525 006, 2017).

4) Stationnement	Consom- mateurs CVC	Système de commande du véhicule, services auxiliaires, éclairage, système d'information des voyageurs	Total
I) Position Parc sans voyageurs	18 kW	8 kW	26 kW
II) Mode veille	2 kW	5 kW	7 kW
III) Stationnement énergétiquement optimisé (sur batterie)	0 kW	0,02 kW	0,02 kW
IV) Véhicule déclenché et hors tension	0 kW	0 kW	0 kW

Tableau 4-5: Consommation de puissance moyenne d'un train régional à quatre éléments à une température extérieure moyenne de 9 °C dans différents états d'exploitation du stationnement.

L'exemple suivant montre l'impact considérable sur la consommation annuelle d'énergie du mode veille ou du SEO par rapport à la position Parc sans voyageurs. Les besoins en énergie sont calculés sur la base de l'hypothèse prudente selon laquelle un véhicule est en position Parc sans voyageurs pendant 5 heures par jour.

Consommation d'énergie en position Parc sans voyageurs (référence):

$$E = 26 \text{ kW} \cdot 365 \text{ jours} \cdot 5 \text{ heures par jour} = 47,5 \text{ MWh}$$

Consommation d'énergie en mode veille:

$$E = 7 \text{ kW} \cdot 365 \text{ jours} \cdot 5 \text{ heures par jour} = 12,8 \text{ MWh}$$

Consommation d'énergie en SEO:

$$E = 0,02 \text{ kW} \cdot 365 \text{ jours} \cdot 5 \text{ heures par jour} = 0,037 \text{ MWh}$$

Cette estimation est grandement simplifiée et doit être effectuée de manière plus précise pour des véhicules concrets.

5 Concept de solution

Le concept de solution présenté dans ce chapitre permet aux véhicules stationnés de naviguer entre les états d'exploitation décrits au chapitre 4 en fonction de l'affectation à l'exploitation, afin de réduire autant que possible la consommation d'énergie tout en répondant au mieux aux exigences en matière d'exploitation.

Les dates et heures de mise à disposition sont de préférence transmises aux véhicules par les systèmes de planification des exploitants des véhicules, ou des ordres de réveil sont envoyés aux véhicules. Les ordres de réveil sont nécessaires pour enclencher les véhicules en stationnement énergétiquement optimisé si aucun autre canal de communication avec le véhicule n'est actif dans cet état d'exploitation. Grâce à une date et heure de mise à disposition, le système de commande du véhicule peut déterminer la date et heure de préparation optimale pour maintenir le véhicule dans un état économe en énergie aussi longtemps que possible.

5.1 Architecture système possible pour la gestion efficace en énergie du stationnement

La transmission de la MDH requiert un canal de communication bidirectionnel entre le centre de contrôle et le véhicule. La Figure 5-1 représente l'architecture système d'un véhicule dans l'état d'exploitation SEO. Le SEO nécessite un récepteur des ordres de réveil, qui prend la forme d'une unité distincte pour des raisons d'efficacité. La date et heure de mise à disposition est transmise au système de commande du véhicule via la plate-forme de communication (voir également la variante 3, section 5.4.4). Le récepteur des ordres de réveil peut activer le système de commande du véhicule (cf. section 5.4.11).

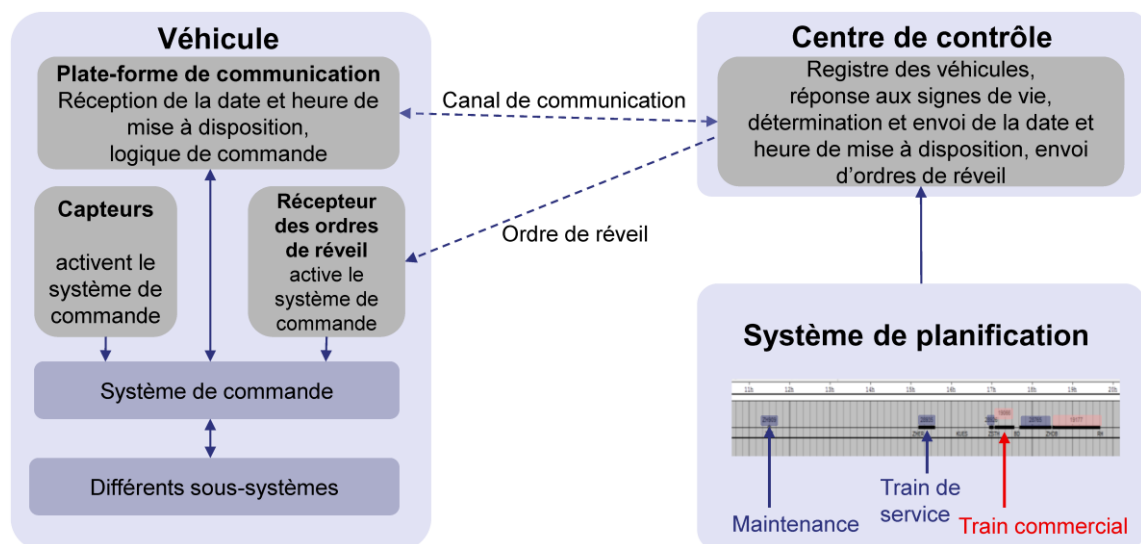


Figure 5-1: Architecture système pour la gestion efficace en énergie du stationnement.

Les tâches du centre de contrôle et des véhicules sont les suivantes:

- Le centre de contrôle envoie des ordres de réveil aux véhicules en stationnement énergétiquement optimisé. La date et heure de transmission est déterminée à partir des données du système de planification.

- Le centre de contrôle détermine la date et heure de mise à disposition du train à partir des données du système de planification et les envoie aux véhicules respectifs. Le centre de contrôle distribue les dates et heures de mise à disposition (principe «push»).
- Les véhicules s'annoncent périodiquement auprès du centre de contrôle avec des signes de vie et surveillent ainsi le canal de communication. Il n'est pas nécessaire qu'ils envoient d'autres requêtes cycliques («polling») au centre de contrôle. Si la communication est interrompue, des mécanismes de repli sont activés (voir la section 5.4.7).
- Le centre de contrôle surveille les signes de vie des différents véhicules et peut générer des annonces de dérangement en cas de défaut.
- Les véhicules stationnés passent automatiquement d'un état d'exploitation à l'autre en fonction des informations transmises au système de commande du véhicule par le centre de contrôle et des valeurs de mesure locales.

5.1.1 Déroulement de la transmission de la date et heure de mise à disposition basée sur l'horaire (MDH)

La Figure 5-2 ci-après présente la séquence simplifiée de la transmission de la MDH par le système de planification, le centre de contrôle et le véhicule via le canal de communication.

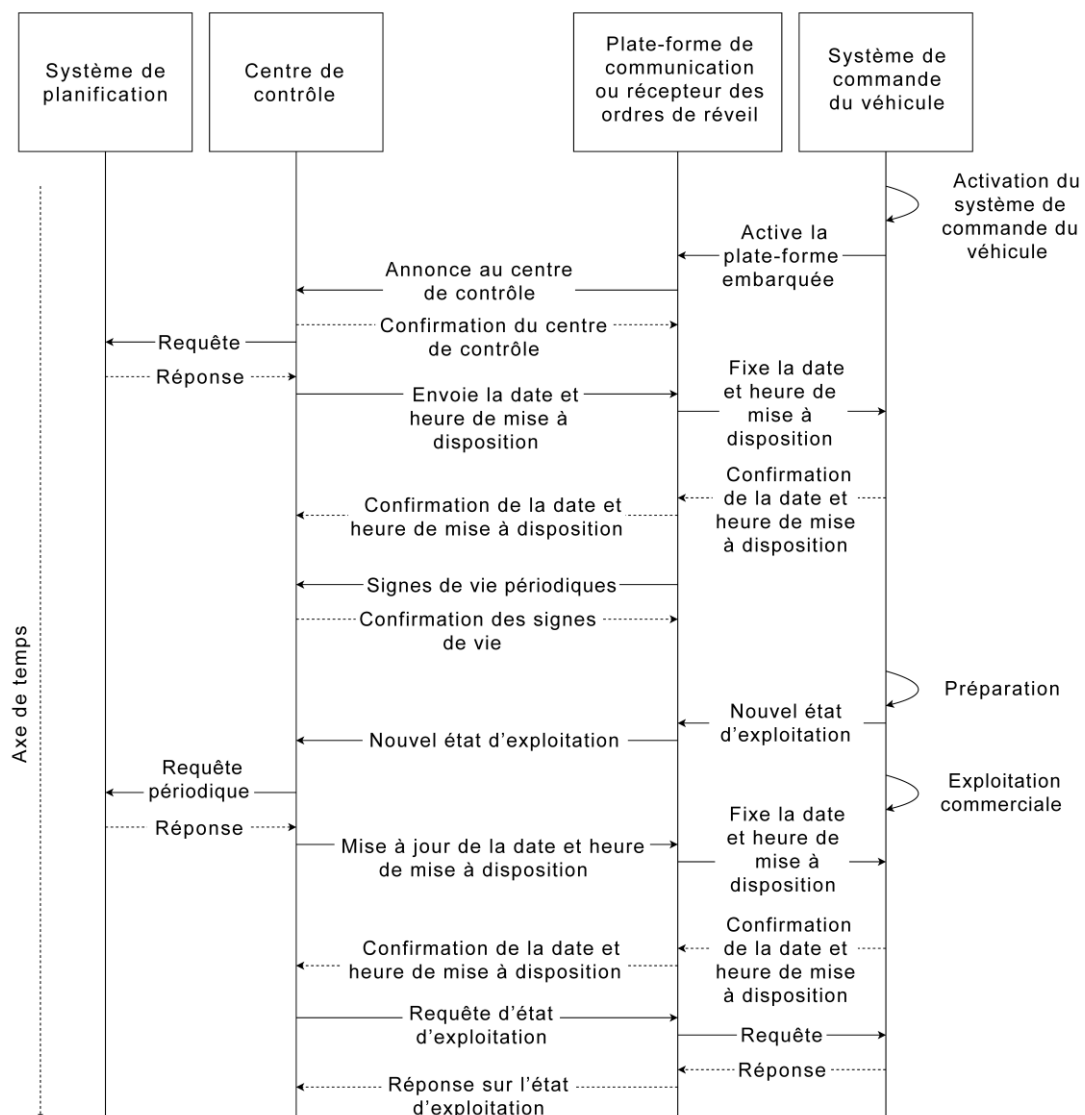


Figure 5-2: Séquence de transmission de la MDH à un véhicule.

5.1.2 Déroulement d'un ordre de réveil

Le véhicule se trouve dans l'état d'exploitation SEO et est donc déconnecté du centre de contrôle. La Figure 5-3 ci-après présente la séquence simplifiée de la transmission d'un ordre de réveil par le système de planification, le centre de contrôle et le véhicule.

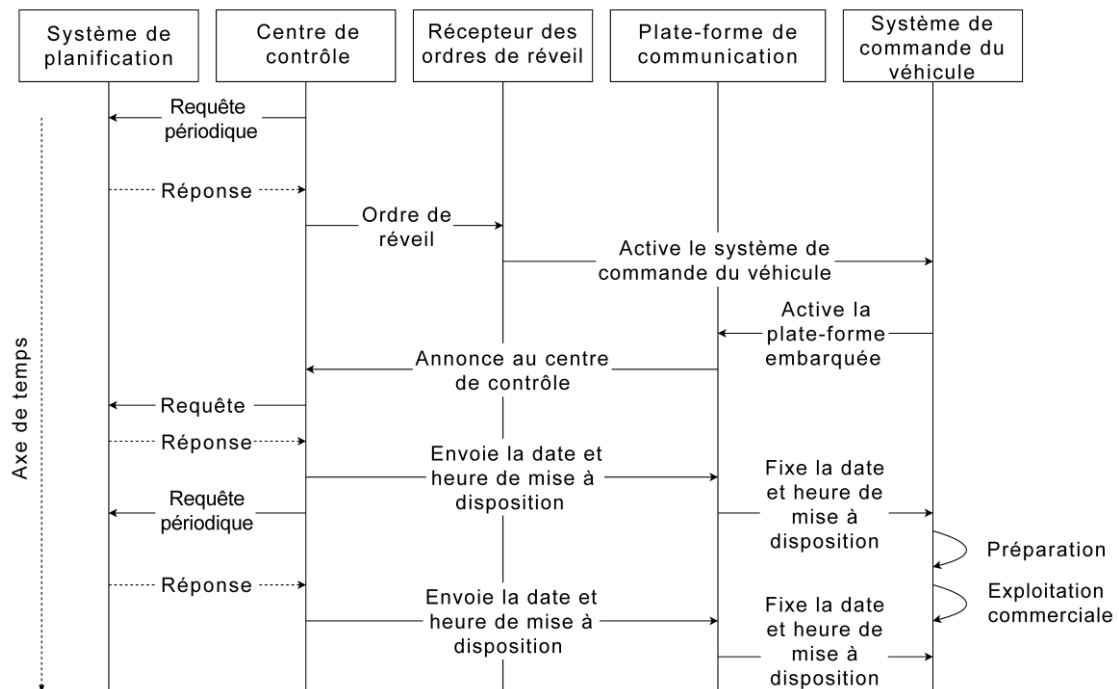


Figure 5-3: Séquence de transmission d'un ordre de réveil à un véhicule.

5.2 Exigences relatives au centre de contrôle

5.2.1 Accès au système de planification

Le centre de contrôle doit avoir accès aux données actuelles du système de planification ou aux mouvements de trains prévus pour chaque véhicule. Etant donné que la planification des véhicules peut changer considérablement et à court terme en cas d'événements d'exploitation imprévus, une synchronisation à intervalles rapprochés entre le centre de contrôle et le système de planification s'impose.

En Suisse, il est possible d'utiliser la plate-forme de données «Info-Hub production sillons» (Info-Hub PT) pour se procurer les données actualisées des systèmes de planification des entreprises ferroviaires. Cette plate-forme de données est le système source du trafic ferroviaire pour toutes les informations sur la production des sillons (données sur les horaires, les circulations de trains et la formation des trains). Exploitée conjointement par les gestionnaires d'infrastructures ferroviaires suisses CFF Infrastructure, BLS SA et SOB Infrastructure, elle est mise à la disposition des entreprises de transport ferroviaire.

Le centre de contrôle doit surveiller l'interface avec le système de planification et signaler immédiatement les dérangements ou les défaillances au service de planification et au service des dérangements afin qu'ils puissent être traités.

5.2.2 Moment prévu pour l'envoi d'un ordre de réveil ou de la date et heure de mise à disposition

Le centre de contrôle détermine à quel moment sont envoyés un ordre de réveil et la MDH à partir des données du système de planification. Par ailleurs, la MDH est toujours transmise au véhicule à la fin du dernier convoi commercial. Le véhicule calcule ainsi la durée du stationnement et sélectionne l'état d'exploitation optimal pour le stationnement, en tenant compte des données d'environnement.

Pour des raisons énergétiques, l'ordre de réveil doit être envoyé le plus tard possible avant la date et heure de mise à disposition. Afin de garantir une température ambiante confortable à la date et heure de mise à disposition et de remédier aux éventuels défauts, les facteurs suivants doivent être pris en compte pour déterminer à quel moment a lieu le réveil:

- durée maximale prévue du préchauffage ou du pré-refroidissement, si nécessaire en tenant compte des prévisions météorologiques locales et des modèles de calcul de la température ambiante du véhicule;
- durée de répétition des tentatives en cas d'échec d'envoi de l'ordre de réveil;
- temps de réponse pour la levée des dérangements par le personnel d'exploitation sur le véhicule.

Dès que le récepteur reçoit un ordre de réveil, il active le système de commande du véhicule. Si le système de commande du véhicule s'est annoncé auprès du centre de contrôle, ce dernier envoie la date et heure de mise à disposition au véhicule.

En cas de changement dans la planification du matériel roulant, le centre de contrôle envoie la nouvelle date et heure de mise à disposition au véhicule une fois la procédure de réveil terminée. La date et heure de mise à disposition d'origine est remplacée par la nouvelle.

5.2.3 Registre des véhicules

Tous les véhicules équipés du SEO ou de la MDH sont inscrits dans un registre des véhicules mis à jour en continu. Le centre de contrôle gère dans le registre des véhicules les états de tous les véhicules s'annonçant dans l'état d'exploitation SEO afin de pouvoir les activer par un ordre de réveil.

5.2.4 Surveillance des ordres de réveil et des signes de vie

Un dérangement au canal de communication entre la plate-forme de communication et le centre de contrôle est détecté lorsque le centre de contrôle compare de manière constante les signes de vie des véhicules avec le registre des véhicules ou lorsqu'un véhicule ne s'annonce pas auprès du centre de contrôle après réception d'un ordre de réveil.

Après plusieurs tentatives de réveil infructueuses, le centre de contrôle doit envoyer une annonce au service chargé de la levée des dérangements. Le nombre de tentatives de réveil tolérables doit être coordonné avec le temps de réponse du service levant les dérangements pour éviter des suppressions de trains.

5.2.5 Regroupement de plusieurs mouvements de trains

Les mouvements de trains qui se succèdent rapidement peuvent être regroupés en un bloc plus important et transmis au véhicule. Ce n'est que lorsque la pause entre deux affectations consécutives est plus longue que le temps de préparation maximal requis qu'il est judicieux d'envoyer une date et heure de mise à disposition individuelle. Le temps de préparation dépend des conditions d'environnement et est compris entre 10 et 90 minutes pour les véhicules modernes. Pour maximiser l'efficacité énergétique, il est également judicieux d'envoyer l'heure de fin du dernier convoi commercial.

5.3 Exigences relatives au canal de communication

5.3.1 Disponibilité

L'accès aux données et la transmission de celles-ci doivent être garantis dans un délai convenu.

A cette fin, les canaux de communication utilisés pour la transmission des signes de vie, des dates et heures de mise à disposition ou des ordres de réveil doivent présenter la disponibilité nécessaire. La disponibilité doit être conforme aux exigences FDM du véhicule et aux besoins en matière d'exploitation. C'est une condition préalable pour garantir l'exploitation sûre et fiable des véhicules et prévenir les défaillances du système.

5.3.2 Sécurité de l'information

Le canal de communication entre le centre de contrôle, la plate-forme de communication et le système de commande du véhicule doit être protégé contre toute manipulation non autorisée par des tiers. Les règles de sécurité de l'information propres aux entreprises doivent être respectées.

Afin de réduire les risques découlant de la menace susmentionnée, les principes élémentaires suivants doivent être garantis par des mesures de protection:

- authenticité des données;
- intégrité des données;
- actualité des données;
- séquence des données.

Les mesures de protection à mettre en œuvre doivent être déterminées sur la base des risques dans le cadre d'un système de gestion des risques approprié. Les mesures de protection suivantes doivent en particulier être prévues (se référer à la norme SN EN 50159 à titre d'aide):

- la titularité des droits sur les informations doit être sans équivoque et vérifiable (authenticité) dans le cadre d'une procédure d'identification;
- l'intégrité des données doit être assurée par des protocoles appropriés avec des codes de sécurité;
- l'accès par des opérateurs ou des composants doit être géré dans le cadre d'un contrôle d'accès organisationnel et technique.

Si le canal entre le centre de contrôle et le récepteur des ordres de réveil ne répond pas aux exigences ci-dessus, une vérification appropriée de l'ordre de réveil doit être effectuée du côté du récepteur.

5.3.3 Protocole de transmission de la solution des CFF

Les protocoles de transmission actuels ne sont pas normalisés. Le protocole de transmission actuel pour les CFF et les ordres de réveil peuvent être demandés au service suivant des CFF:

CFF SA, Voyageurs, Entretien du matériel roulant, Systèmes de base APFZ
Wylterstrasse 125
CH-3000 Berne 65

5.4 Exigences relatives aux véhicules

Les exigences relatives aux véhicules varient selon que la MDH est seule mise en œuvre ou que le SEO l'est également.

En fonction des caractéristiques de l'équipement embarqué, la MDH peut être réalisée simplement en adaptant le logiciel du système de commande du véhicule et de la plate-forme de communication au matériel existant. En revanche, la réalisation du SEO exige généralement du matériel supplémentaire, comme un récepteur des ordres de réveil avec une connexion pour le démarrage du système de commande du véhicule.

En principe, le système de commande du véhicule change les états d'exploitation de manière autonome en fonction du temps de préparation (p. ex. en mode préchauffage ou pré-refroidissement pour régler une température ambiante confortable). C'est le système de commande du véhicule et non le centre de contrôle qui décide de l'état d'exploitation sélectionné. Cela signifie qu'une stabilité de fonctionnement est garantie même en cas de dérangement à la communication, de manipulation incorrecte ou d'interférence malveillante.

5.4.1 Plate-forme de communication

La plate-forme de communication embarquée non déterminante pour la sécurité maintient une liaison de données bidirectionnelle permanente avec le centre de contrôle lorsque le véhicule est enclenché. La plate-forme de communication reçoit la MDH, envoie des signes de vie au centre de contrôle et communique avec le système de commande du véhicule.

Habituellement, les systèmes de vidéosurveillance ou les postes d'appel d'urgence font également partie de la plate-forme de communication. Si un fonctionnement ininterrompu de ces sous-systèmes est exigé par les directives internes de l'entreprise pendant le SEO, il convient d'envisager une consommation d'énergie minimale pour assurer les fonctions sur batterie ou des solutions au niveau de l'infrastructure.

5.4.2 Récepteur des ordres de réveil

Le réveil automatique en SEO requiert un récepteur des ordres de réveil. Le récepteur est activé en permanence, consomme très peu d'énergie et fonctionne directement à partir de la batterie, tandis que le système de commande du véhicule et la plate-forme de communication sont désactivés en SEO. Le récepteur des ordres de réveil active le système de commande du véhicule et la plate-forme de communication. Le récepteur des ordres de réveil doit surveiller le canal de communication avec le centre de contrôle au moyen de signes de vie, même en SEO.

5.4.3 Annonce auprès du centre de contrôle

A chaque activation du système de commande du véhicule, la plate-forme de communication s'annonce auprès du centre de contrôle. Voir le diagramme de séquence à la Figure 5-2.

5.4.4 Commande des sous-systèmes au moyen de la date et heure de mise à disposition

Selon la conception du véhicule, la date et heure de mise à disposition peut asservir les sous-systèmes du véhicule (p. ex. le système CVC) dans différentes variantes.

Variante 1: commande directe des sous-systèmes par la plate-forme de communication

Des connexions directes (analogiques ou numériques) sont établies entre la plate-forme de communication et les sous-systèmes à commander, ce qui permet à la plate-forme de communication de commander directement, par exemple, le calculateur de climatisation et d'activer et désactiver le mode veille du système CVC. Cette variante est mise en œuvre aux CFF sur les véhicules de type DPZ HVZ (rames de renfort aux heures de pointe du RER zurichois).

Variante 2: commande indirecte via le signal UIC «Allumage de l'éclairage du compartiment voyageurs»

S'il n'y a pas de connexions directes entre la plate-forme de communication et les sous-systèmes à commander, cette plate-forme peut utiliser le signal «Allumage de l'éclairage du compartiment voyageurs» de la ligne UIC. Les sous-systèmes des voitures évaluent le signal UIC en question et passent du fonctionnement normal au mode veille et inversement en fonction de l'état de l'éclairage du compartiment voyageurs et du signal d'arrêt ($V < 5 \text{ km/h}$). En cas d'arrêt prolongé du véhicule et de pauses, la plate-forme de communication peut éteindre l'éclairage du compartiment voyageurs et ainsi activer le mode veille. En d'autres termes, une seule plate-forme de communication avec fonctionnalité MDH par train suffit pour contrôler toutes les voitures d'un train entier via la ligne UIC existante. Cette variante, qui a déjà fait ses preuves, est mise en œuvre aux CFF sur les voitures unifiées IV, Apm 61, Bpm 61 (EuroCity) et IC Bt.

Variante 3: transfert de la date et heure de mise à disposition au système de commande du véhicule

La plate-forme de communication transmet la date et heure de mise à disposition au système de commande du véhicule. Ce dernier commande les états d'exploitation du véhicule et donc les sous-systèmes en fonction d'autres conditions limites (p. ex. la température extérieure). Étant donné que les voies de communication embarquées sont utilisées, cette variante minimise potentiellement le coût de l'introduction de la MDH.

5.4.5 Préparation du véhicule pour le stationnement énergétiquement optimisé

Avant que le système de commande du véhicule ne passe en SEO, tous les systèmes surveillés sont préparés de manière à ce que le véhicule puisse ensuite rester à l'état SEO aussi longtemps que possible (p. ex. batteries chargées, réserve d'air comprimé remplie). Le système de commande du véhicule se déconnecte alors du centre de contrôle via la plate-forme de communication et le véhicule passe à l'état SEO. Le récepteur des ordres de réveil demeure toujours actif.

5.4.6 Autosurveillance du véhicule lors du stationnement énergétiquement optimisé

Les variables critiques suivantes doivent être surveillées en SEO:

- tension de la batterie (nécessaire pour l'enclenchement du véhicule);
- température ambiante et extérieure (protection contre la surchauffe et le gel);
- récepteur des ordres de réveil actif.

Dans la forme la plus simple, les fonctions de surveillance sont mises en œuvre par des relais de température et à minimum de tension. Dès qu'un seuil est atteint, le système de commande du véhicule est activé depuis la batterie. Lorsque la surveillance d'une variable critique réagit, le système de commande du véhicule doit normaliser tous les systèmes surveillés afin d'éviter des interruptions répétées du SEO. Si un véhicule est enclenché hors du SEO, il doit utiliser les mêmes pantographes qui étaient levés lors de l'activation du SEO.

L'intérêt des fonctions de surveillance supplémentaires doit être soigneusement mis en balance avec la consommation d'énergie nécessaire à la mise en œuvre de la fonction.

Si une surveillance spécifique est déclenchée plusieurs fois à de courts intervalles, une annonce d'erreur doit être envoyée au service des dérangements et il faut passer en mode veille. Par exemple, le véhicule doit rester en service après le déclenchement à plusieurs reprises de la surveillance de la tension de la batterie. Cela permet d'éviter des commutations inutiles, une usure excessive et des émissions sonores (disjoncteur principal, compresseur d'air).

Les valeurs limites de température doivent être choisies en tenant compte des conditions de travail, de la protection des systèmes et des performances des systèmes CVC.

5.4.7 Surveillance du canal de communication

La plate-forme de communication ou le récepteur des ordres de réveil s'annoncent périodiquement au centre de contrôle par le biais de signes de vie et surveillent ainsi en permanence le canal de communication côté véhicule, y compris en SEO.

Si le centre de contrôle ne confirme pas la réception du signe de vie, le véhicule passe à un mode d'exploitation sans centre de contrôle après un temps défini (p. ex. mode veille). Toute date et heure de mise à disposition existante sur le véhicule reste valable. Si aucune date et heure de mise à disposition n'est enregistrée, par exemple, la mise à disposition du véhicule sera ordonnée dans un délai défini ou à des heures fixes (p. ex. tôt le matin avant le début de l'exploitation et l'après-midi avant l'heure de pointe). Le mode d'exploitation SEO n'a pas le droit d'être activé car le centre de contrôle n'est pas joignable pour un ordre de réveil. Le fonctionnement sans centre de contrôle doit être le plus économe en énergie possible.

La Figure 5-4 représente un diagramme de séquence pour la surveillance du canal de communication au moyen de signes de vie.

5.4.10 Prévention des dégâts dus à l'humidité

Avant l'activation du mode veille ou du SEO, le système CVC doit fonctionner pendant un certain temps. Cette durée sera sélectionnée en fonction des conditions climatiques et des valeurs empiriques de manière à éviter la pénétration d'humidité et donc la condensation.

5.4.11 Mise en service après réception d'un ordre de réveil

Soit un ordre de réveil est reçu, soit le récepteur des ordres de réveil connaît la date et heure de mise à disposition et réveille le véhicule hors du SEO un certain temps avant la date et heure de mise à disposition.

Les étapes à réaliser sur le véhicule sont les suivantes:

- le récepteur des ordres de réveil vérifie si l'ordre de réveil répond aux exigences de sécurité, c'est-à-dire s'il est valable (voir aussi la section 5.3.2);
- le réseau de batteries est activé et le système de commande du véhicule démarre;
- la plate-forme de communication s'annonce auprès du centre de contrôle, reçoit une date et heure de mise à disposition et envoie périodiquement des signes de vie au centre de contrôle;
- si la date et heure de mise à disposition est ultérieure au temps de préparation maximal, la plate-forme de communication se déconnecte du centre de contrôle et le véhicule reste en SEO;
- si le véhicule est réveillé par erreur (p. ex. par des ordres de réveil intempestifs) et ne reçoit pas de MDH, la dernière date et heure de mise à disposition connue reste valable;
- le système de commande du véhicule déclenche le soulèvement du pantographe et l'enclenchement du disjoncteur principal et commande le changement de mode d'exploitation en fonction du temps de préparation.

Si un véhicule est enclenché hors du SEO, il doit utiliser les mêmes pantographes qui étaient levés lors de l'activation du SEO.

La Figure 5-5 ci-après présente la séquence d'enclenchement décrite après réception d'un ordre de réveil.

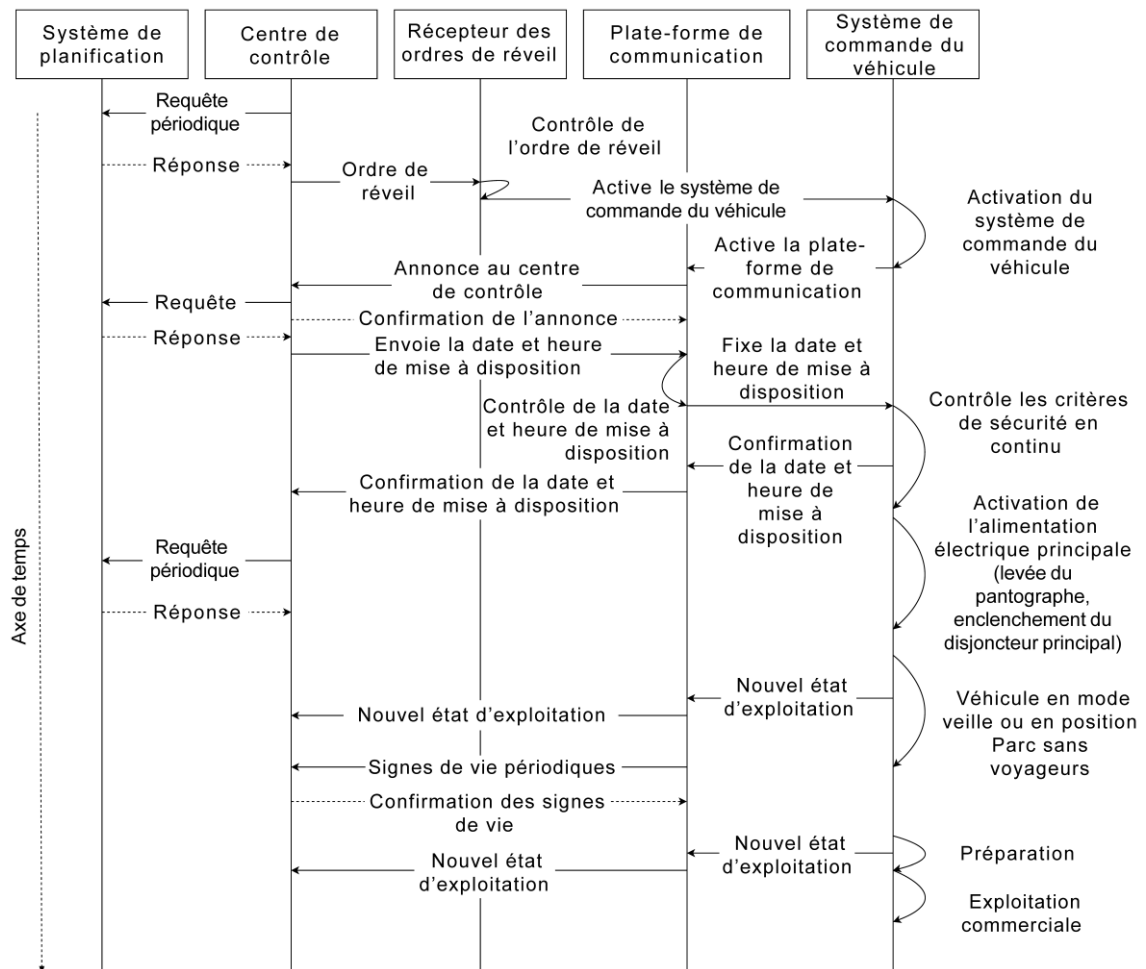


Figure 5-5: Déroulement de l'enclenchement après réception d'un ordre de réveil.

5.4.12 Dérangements pendant le SEO

Un véhicule en stationnement énergétiquement optimisé ne peut enclencher son alimentation principale sur la base d'un ordre de réveil ou d'un déclenchement d'une variable surveillée que s'il n'y a pas de dérangements en suspens. Il faut au moins contrôler les aspects suivants par le biais du système de commande du véhicule avant d'enclencher l'alimentation électrique principale:

- il existe un dérangement «disjoncteur principal ouvert»;
- le véhicule est alimenté en énergie à partir de la prise de dépôt (observer le concept d'alimentation électrique du système de refroidissement pour la restauration);
- le véhicule est en mode entretien (mode de fonctionnement à des fins de maintenance). On rappelle par ailleurs qu'un verrouillage contre les erreurs de manipulation n'est efficace que lorsque le système de commande du véhicule est activé (voir également le chapitre 6);
- le serrage imposé est activé, avec le disjoncteur principal ouvert.

D'autres conditions doivent être définies par le constructeur du véhicule. Un dérangement en cours ne doit pas engendrer de défauts dans les composants. Si, par exemple, la charge de la batterie est bloquée par un dérangement en cours, le véhicule doit envoyer une annonce d'état au centre de contrôle, si possible, puis se déclencher.

5.4.13 Véhicules attelés

Les véhicules attelés doivent toujours être dans le même état d'exploitation. Ils doivent donc passer ensemble en SEO dès que tous les véhicules attelés permettent un tel passage et doivent le quitter ensemble dès que l'un des véhicules attelés (au moins) reçoit un ordre de réveil.

Les véhicules attelés peuvent avoir des dates et heures de mise à disposition différentes selon la planification de l'exploitation.

Si les véhicules attelés sont stationnés sous différents réseaux d'alimentation, une mise en service ne doit pas entraîner d'états critiques tels que des courts-circuits.

5.4.14 Utilisation transfrontalière ou avec différents exploitants de véhicules

Si un véhicule se déplace en dehors du rayon d'action du centre de contrôle, par exemple en cas d'utilisation transfrontalière ou impliquant plusieurs exploitants de véhicules, le recours à la MDH et aux ordres de réveil doit être examiné au cas par cas. Une solution technique possible serait de permettre à la plate-forme de communication de s'annoncer auprès du centre de contrôle pour la MDH uniquement dans certaines zones géographiques et de faire en sorte que, en dehors de ces zones, les états d'exploitation soient régulés par le système de commande du véhicule indépendamment du centre de contrôle.

5.5 Exigences FDMS pour un stationnement efficace en énergie

La norme SN EN 50126-1 décrit les exigences FDMS, c'est-à-dire les exigences de fiabilité, de disponibilité, de maintenabilité et de sécurité, ainsi que leur interaction. Les processus de spécification et de preuve de la conformité aux exigences FDMS sont décrits dans la norme SN EN 50126-1 sous la forme d'un processus FDMS générique. Les instructions de la série de normes SN EN 50126 sont également applicables dans le cadre de la présente réglementation D RTE 48610.

Lors de l'application de la réglementation D RTE 48610 à des concepts de véhicules existants ou nouveaux, il convient au moins d'évaluer l'influence du changement sur les éléments suivants selon la norme SN EN 50126-1:

- protection de la santé et sécurité au travail;
- confort du client;
- profils de charge des sous-systèmes tels que la batterie de bord, le compresseur d'air, l'alimentation électrique principale, les consommateurs d'air comprimé;
- température ambiante et humidité;
- protection des objets et vandalisme;
- émission de bruit du véhicule stationné;
- économies financières grâce à la réduction des coûts énergétiques et à la diminution de la durée de fonctionnement des sous-systèmes.

Outre l'investissement initial et les économies financières, la rentabilité du changement est également déterminée par la qualité de la réalisation technique tout au long du cycle de vie. Dans cette optique, il y a lieu de développer un système global robuste. L'application de la norme SN EN 50126-1 fournit les outils nécessaires pour combiner de manière optimale les exigences FDMS et les coûts.

6 Consignes de sécurité pour les travaux sur les véhicules

Lorsque des travaux sont réalisés sur des véhicules équipés du SEO, il convient de s'assurer que les ordres de réveil ne peuvent pas provoquer d'états dangereux pour les circuits haute tension, principaux et de commande ainsi que pour le système de freinage et d'air comprimé. Par conséquent, les mesures minimales suivantes sont nécessaires:

- les véhicules en stationnement énergétiquement optimisé peuvent être mis en service à tout moment par un ordre de réveil;
- le mode d'exploitation SEO doit être identifiable au moyen d'une signalisation extérieure et intérieure appropriée (section 4.7.3);
- les prescriptions en vigueur pour les travaux réalisés sur les installations électriques et pneumatiques doivent être respectées;
- l'isolement des circuits haute tension et des circuits principaux doit être assuré par une mise à la terre des pantographes, des disjoncteurs principaux et des convertisseurs avec un concept clé. Ces travaux ne peuvent être réalisés que dans l'état «Véhicule déclenché et hors tension».

7 Démonstration lors de modifications sur des véhicules

La réglementation D RTE 49100 étaye le processus de démonstration de sécurité lors de modifications sur des véhicules en fournissant des modèles de réalisation concrète pour un certain nombre d'étapes de processus décrites par l'OFT.

En ce sens, l'introduction du mode veille ou du SEO représente une extension de la position Parc aujourd'hui habituelle. Par conséquent, il convient de partir du principe que, en SEO, le véhicule peut se remettre automatiquement en service à tout moment. Le véhicule ne peut être en stationnement énergétiquement optimisé qu'aux endroits où la position Parc est également autorisée. Les règles PCT applicables sont les mêmes que pour la position Parc.

Selon l'OFT, la directive (UE) 2016/797 et le règlement d'exécution (UE) 2018/545 s'appliquent depuis le 1^{er} décembre 2019 aux véhicules ferroviaires circulant sur des lignes internationales et devant donc être homologués dans au moins un Etat membre de l'UE en plus de la Suisse, à condition que les Etats membres de l'UE concernés aient déjà mis en œuvre la directive (UE) 2016/797. Pour ces véhicules, la Suisse doit en principe être considérée comme un Etat membre de l'UE en ce qui concerne les processus d'homologation et l'application des bases de données, systèmes et outils nécessaires, tels que le guichet unique («One Stop Shop», OSS). Dans les cas susmentionnés, la directive Homologation des véhicules ferroviaires ne s'applique pas.