

NORME ISO
INTERNATIONALE 19659-3

Première édition
2022-10

**Applications ferroviaires —
Systèmes de chauffage, ventilation
et climatisation pour le matériel
roulant —**

**Partie 3:
Efficacité énergétique**

*Railway applications — Heating, ventilation and air conditioning
systems for rolling stock —*

Part 3: Energy efficiency

ISO 19659-3:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99d3215c-f2ef-41d0-9cfe-433a704037ff/iso-19659-3-2022>



Numéro de référence
ISO 19659-3:2022(F)

© ISO 2022

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 19659-3:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99d3215c-f2ef-41d0-9cfe-433a704037ff/iso-19659-3-2022>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2022

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes, définitions et abréviations	1
3.1 Termes et définitions	1
3.2 Termes abrégés	2
4 Mode d'exploitation du train	2
4.1 Généralités	2
4.2 Mode service (TISM)	2
4.3 Mode prêt au service (TRSM)	2
4.4 Mode pré-conditionnement (PCM)	2
4.5 Mode stationnement (PM)	2
4.6 Plage horaire et nombre d'heures de fonctionnement pour chaque mode et catégorie	3
5 Principes	3
5.1 Généralités	3
5.2 Méthodes	4
5.2.1 Généralités	4
5.2.2 Méthode I [avec chambre climatique / ISO 19659-2]	4
5.2.3 Méthode II [sans chambre climatique]	4
5.3 Conditions limites climatiques et opérationnelles	4
5.3.1 Généralités	4
5.3.2 Matrice de points opérationnels	5
5.3.3 Analyse des données météorologiques	6
6 Méthodes d'évaluation	8
6.1 Généralités	8
6.2 Simulation et calcul	9
6.2.1 Simulation	9
6.2.2 Calcul de la consommation énergétique annuelle totale	9
6.2.3 Calcul de l'efficacité énergétique annuelle totale	10
6.2.4 Documentation	11
6.3 Vérification	11
6.3.1 Généralités	11
6.3.2 Règles d'essai	11
6.3.3 Documentation	12
6.4 Post-traitement	12
Annexe A (informative) Procédure pour le choix de la matrice de points opérationnels	15
Annexe B (informative) Procédure d'analyse des données météorologiques	18
Bibliographie	25

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO et l'IEC ne sauraient être tenues pour responsables de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/iso/foreword.html.

Le présent document a été élaboré par le Comité Technique ISO/TC 269, *Applications ferroviaires, sous-comité SC 2, Matériel roulant*.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 19659 series se trouve sur le site web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/members.html.

Introduction

Les ressources énergétiques de la planète sont consommées à un rythme important qui conduit à un appauvrissement des ressources non renouvelables. Il est impératif de préserver l'énergie. La préservation de l'énergie dans les véhicules ferroviaires peut freiner la consommation des ressources non renouvelables et donc la production de gaz à effet de serre.

Le système de chauffage, ventilation et conditionnement d'air (HVAC) constituant l'un des principaux postes de consommation d'énergie d'un train, l'efficacité énergétique est donc un aspect clé de la réduction de l'impact environnemental du transport de voyageurs.

La plupart des véhicules ferroviaires étant conçus pour être exploités sur une longue période (de 15 ans à 40 ans), la réduction de la consommation énergétique peut également être vue comme un moyen de réduire les coûts pour les opérateurs et les autorités ferroviaires.

La consommation énergétique des systèmes HVAC est influencée par plusieurs facteurs, une ligne directrice commune est donc essentielle pour une évaluation comparative de l'efficacité énergétique entre différents systèmes.

Le présent document spécifie des méthodologies pour fournir des valeurs comparables de consommation énergétique du système HVAC sans délai ou coût indu en suggérant des conditions appropriées de simulation ou d'essai.

En général, le présent document décrit les conditions qu'il convient de prendre en compte:

- mode d'exploitation du train,
- principes tels que mesurages, conditions limites climatiques et opérationnelles,
- méthodes d'évaluation telles que simulation, calcul, vérification et post-traitement.

Ces conditions peuvent être utilisées pour évaluer l'efficacité des mesurages d'efficacité énergétique visant à évaluer différentes conceptions de voiture et/ou de système HVAC pour fournir une indication de la consommation énergétique annuelle d'un système HVAC de l'ensemble d'un train (excepté la cabine de conduite).

Il est nécessaire d'étudier les spécifications du présent document conjointement aux normes nationales/régionales, qui prennent en compte différentes préférences et diverses conditions météorologiques locales et opérationnelles.

Applications ferroviaires — Systèmes de chauffage, ventilation et climatisation pour le matériel roulant —

Partie 3: Efficacité énergétique

1 Domaine d'application

Le présent document est applicable au calcul, au mesurage et/ou à la vérification de la consommation énergétique de systèmes de chauffage, ventilation et conditionnement d'air (HVAC) de véhicules ferroviaires.

La consommation énergétique des systèmes HVAC est simulée, calculée, mesurée et validée conformément aux exigences en matière de confort thermique définies dans l'ISO 19659-2, en fonction des catégories de véhicules ferroviaires pour voyageurs décrites dans l'ISO 19659-2, Article 4:

- Catégorie 1 (par exemple, grande ligne, interurbain, longue distance, grande vitesse);
- Catégorie 2 (par exemple, train suburbain, de banlieue, régional);
- Catégorie 3 (par exemple, train urbain, métro léger, tram, métro).

Le présent document ne couvrira que les systèmes HVAC des zones occupées par des voyageurs. Les systèmes HVAC des cabines de conduite sont exclus mais pourraient être traités de manière similaire.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 19659-1, *Applications ferroviaires — Systèmes de chauffage, ventilation et climatisation pour le matériel roulant — Partie 1: Termes et définitions*

ISO 19659-2, *Applications ferroviaires — Systèmes de chauffage, ventilation et climatisation pour le matériel roulant — Partie 2: Confort thermique*

3 Termes, définitions et abréviations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 19659-1 s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

3.2 Termes abrégés

Pour les besoins du présent document, les termes abrégés donnés ci-après s'appliquent:

TISM	Mode service (<i>Train In-Service Mode</i>)
TRSM	Mode prêt au service (<i>Train Ready for Service Mode</i>)
PCM	Mode pré-conditionnement (<i>Pre-Conditioning Mode</i>)
PM	Mode stationnement (<i>Parking Mode</i>)

4 Mode d'exploitation du train

4.1 Généralités

Les modes suivants, [Paragraphes 4.2](#) à [4.5](#) sont les différents modes d'exploitation des trains et sont associés au mode de fonctionnement du système HVAC.

4.2 Mode service (TISM)

Ce mode couvre l'exploitation commerciale du train, incluant plusieurs scénarios d'occupation. Le train est en mouvement ou à l'arrêt et le système HVAC est en mode de fonctionnement automatique.

4.3 Mode prêt au service (TRSM)

Dans ce mode, le système HVAC fonctionne (comme pour le mode TISM) sans voyageurs à bord du train.

Cette situation se produit fréquemment, par exemple lorsque:

- le train attend de prendre le service commercial suivant;
- le train est en gare de terminus, portes fermées;
- le train est en circulation entre un dépôt et une gare de terminus.

Lorsque le train est lavé en gare de terminus, il convient d'inclure ce temps dans ce mode.

4.4 Mode pré-conditionnement (PCM)

Le pré-conditionnement est le processus qui permet d'abaisser ou d'élever la température intérieure à un niveau de confort défini. Le pré-conditionnement englobe la pré-réfrigération et le pré-chauffage. Ce mode dépendra des conditions de température ambiante auxquelles le train fonctionne. Lorsqu'il fait chaud, la pré-réfrigération est exigée et lorsqu'il fait froid, le pré-chauffage est exigé.

Ce mode de fonctionnement est mis en œuvre sans voyageurs à bord du train.

Ce mode est facultatif. Si le client exige ce mode, les exigences détaillées doivent être spécifiées dans la Spécification technique.

4.5 Mode stationnement (PM)

Le mode stationnement est utilisé lorsque le train ne circule pas et que ni personnel, ni voyageur ne se trouve à bord. Le système HVAC fonctionne soit normalement avec différents points de consigne de température et de débit d'air, soit est coupé pour économiser l'énergie.

Le mode stationnement vise notamment à assurer une protection contre le gel et à maintenir la température intérieure à un niveau raisonnable. Les trains sont normalement mis hors fonctionnement la nuit pour réduire le bruit et la consommation énergétique.

Ce mode est facultatif. Si le client exige ce mode, les exigences détaillées doivent être spécifiées dans la Spécification technique.

4.6 Plage horaire et nombre d'heures de fonctionnement pour chaque mode et catégorie

La plage horaire et le nombre d'heures de fonctionnement pour chaque mode d'exploitation et catégorie de train doivent être spécifiés dans la Spécification technique. En l'absence de valeurs dans la Spécification technique, les valeurs peuvent être choisies parmi celles du [Tableau 1](#).

Tableau 1 — Mode d'exploitation du train (plage horaire et nombre d'heures de fonctionnement)

Mode d'exploitation du train	Catégorie 1		Catégorie 2 et Catégorie 3	
	Plage horaire	Nombre d'heures de fonctionnement	Plage horaire	Nombre d'heures de fonctionnement
TISM	de 5h00 à 24h00	12 h/jour	de 5h00 à 24h00	14h/jour
TRSM	de 5h00 à 24h00 Sauf pendant les heures de pointe de 7h00 à 9h00 de 17h00 à 19h00	4 h/jour	de 5h00 à 24h00 Sauf pendant les heures de pointe de 7h00 à 9h00 de 17h00 à 19h00	2 h/jour
[Option] PCM	de 5h00 à 24h00 Sauf pendant les heures de pointe de 7h00 à 9h00 de 17h00 à 19h00	0,5 h/jour	de 5h00 à 24h00 Sauf pendant les heures de pointe susmentionnées de 07h00 à 09h00 de 17h00 à 19h00	0,5 /jour
[Option] PM	1) de 0h00 à 5h00 2) de 5h00 à 24h00 plage horaire restante laissée par les trois modes présentés ci-dessus	1) 5 h/jour 2) 2,5 h/jour somme de toutes les périodes de mode stationnement, soit 7,5 h/jour, qui englobe l'activation et la désactivation	1) de 0h00 à 5h00 2) de 5h00 à 24h00 plage horaire restante laissée par les trois modes présentés ci-dessus	1) 5 h/jour 2) 2,5 h/jour somme de toutes les périodes de mode stationnement, soit 7,5 h/jour, qui englobe l'activation et la désactivation
Total		24 h		24 h

5 Principes

5.1 Généralités

La consommation énergétique d'un système HVAC pourrait être mesurée sur un train en service pendant une certaine période. Les cycles de la consommation énergétique d'un système HVAC devrait inclure des cycles annuels, ou au moins des cycles journaliers sur plusieurs jours d'une année, couvrant les influences saisonnières. Cette méthode demande beaucoup de temps, est coûteuse et donne des résultats moins répétables. En outre, la simulation de la consommation énergétique pour des conditions transitoires du système HVAC est difficile et ne fait pas partie de l'état de l'art en vue d'une prédiction précise de la consommation énergétique.

Par conséquent, une autre méthode doit être appliquée pour la consommation énergétique du système HVAC.

Une matrice de points opérationnels en régime permanent est définie de sorte à représenter les conditions climatiques et opérationnelles annuelles. Il pourrait être nécessaire de définir des points opérationnels différents selon la région où le train circule.

Chaque point opérationnel est défini par la température extérieure, l'humidité relative correspondante, l'occupation et la puissance solaire équivalente. Tous les points opérationnels sont définis pour une vitesse nulle du train.

Les données météorologiques pour représenter les conditions météorologiques locales sont recueillies et classées afin de préparer le sous-ensemble de données pour chaque mode d'exploitation et catégorie de train.

Le nombre d'heures de fonctionnement annuel et les facteurs de pondération pour chaque point opérationnel sont calculés à partir des données météorologiques recueillies afin d'estimer la consommation énergétique annuelle totale du système HVAC.

La consommation énergétique des points opérationnels doit être calculée et doit ensuite être vérifiée:

- soit par des mesurages dans une chambre climatique (méthode I);
- soit par des mesurages à bord d'un train placé sur une voie en extérieur, par exemple dans un dépôt ou sur une voie de garage à une vitesse nulle du véhicule (méthode II).

L'une de ces deux méthodes doit être choisie avant le calcul et la validation.

5.2 Méthodes

5.2.1 Généralités

Les points opérationnels doivent être choisis conformément aux conditions climatiques locales et selon la procédure décrite en [5.3.2](#).

L'occupation doit être reproduite au moyen de personnes ou simulée par des sources de chaleur et d'humidité comme cela est décrit dans l'ISO 19659-2, 10.4.

5.2.2 Méthode I [avec chambre climatique / ISO 19659-2]

La consommation énergétique est mesurée dans une chambre climatique conformément à l'ISO 19659-2, Article 10.

5.2.3 Méthode II [sans chambre climatique]

La consommation énergétique est mesurée à bord d'un train placé sur une voie en extérieur, par exemple dans un dépôt ou sur une voie de garage à une vitesse nulle du train. Les conditions environnementales ne pouvant pas être influencées de la même façon que dans une chambre climatique, il est nécessaire que les conditions environnementales demeurent dans la plage de tolérances définie en [6.3.2](#).

5.3 Conditions limites climatiques et opérationnelles

5.3.1 Généralités

Les conditions limites climatiques et opérationnelles doivent être représentatives de la région locale pour estimer correctement la consommation énergétique.

Dans le présent paragraphe, la procédure pour le choix de la matrice de points opérationnels, le recueil et l'analyse des données météorologiques, ainsi que le calcul du nombre d'heures de fonctionnement annuel et du facteur de pondération sont présentés à l'aide d'exemples.

Les informations sont applicables pour la simulation, le calcul et la vérification de la consommation énergétique présentés en 6.2 et 6.3.

5.3.2 Matrice de points opérationnels

Une matrice de points opérationnels en régime permanent pour chaque mode d'exploitation du train est définie de sorte à représenter les conditions climatiques et opérationnelles annuelles pour la région locale.

Le [Tableau 2](#) donne des points opérationnels types pour les régions froides, tempérées et chaudes pour les modes TISM et TRSM. Ce tableau contient des valeurs pour T_{em1} , T_{em3} , T_{em4} , T_{em5} , T_{em7} dans le [Tableau 1](#), le [Tableau 2](#), le [Tableau 9](#), le [Tableau 11](#) de l'ISO 19659-2. Afin de couvrir l'ensemble de la plage de températures pour le calcul de la consommation énergétique annuelle, les valeurs de température extérieure de 10 °C et 15 °C sont ajoutées. La vitesse du train est nulle pour tous les points.

Les points opérationnels peuvent être choisis parmi ceux du [Tableau 2](#).

Afin d'assurer un équilibre optimal entre l'effort de calcul/essai et la demande de précision., il est raisonnable de choisir 6 à 8 points opérationnels pour le calcul de la consommation énergétique annuelle pour les modes TISM et TRSM.

Les valeurs de température extérieure de 10 °C, 15 °C, 22 °C et 28 °C sont des conditions raisonnables comme points opérationnels spécifiés.

Les valeurs d'humidité correspondante pourraient être modifiées si nécessaire selon l'analyse des données météorologiques locales.

Si la plage de températures extérieures entre des points opérationnels adjacents est supérieure ou égale à 20 K, il convient d'ajouter une température extérieure intermédiaire ((voir [A.2.2.3](#) et [A.2.2.4](#) à titre d'exemples).

Pour les cas particuliers comme les conditions tropicales ou de froid extrême, le nombre de points opérationnels dépend du projet.

La procédure pour le choix de la matrice de points opérationnels est décrite à l'[Annexe A](#) à l'aide d'exemples.

La matrice de points opérationnels pour les modes PCM et PM doit être spécifiée dans la Spécification technique si cela est exigé.

Tableau 2 — Répartition de matrice de points opérationnels pour les modes TISM et TRSM

Points opérationnels spécifiés T_{xx} pour l'analyse de consommation énergétique			T_{em} °C	RH_{em} %	Puissance solaire équivalente %	Occupation %		Se reporter à l'ISO 19659-2
Région froide	Région tempérée	Région chaude				TISM	TRSM	
			-40	-	0	0	0	T_{em5}
			-30	-	0	0	0	T_{em5}
			-25	-	0	0	0	T_{em5}
NOTE								
— La vitesse du train est nulle pour tous les points.								
— $RH_{em}(\%)$ pour une T_{em} inférieure ou égale à 10 °C n'est nécessaire que pour les systèmes HVAC équipés d'une pompe à chaleur.								

Tableau 2 (suite)

Points opérationnels spécifiés T_{xx} pour l'analyse de consommation énergétique			T_{em} °C	RH_{em} %	Puissance solaire équivalente %	Occupation %		Se reporter à l'ISO 19659-2
Région froide	Région tempérée	Région chaude				TISM	TRSM	
			-20	-	0	0	0	T_{em5}
			-10	80	0	0	0	T_{em5}
			0	80	0	0	0	T_{em5}, T_{em7}
			5	80	0	0	0	T_{em5}, T_{em7}
T_{10}	T_{10}	T_{10}	10	80	0	0	0	-
T_{15}	T_{15}	T_{15}	15	80	0	50	0	-
T_{22}	T_{22}	T_{22}	22	60	0	50	0	-
			22	80	0	50	0	T_{em4}
			25	60	50	50	0	T_{em3}
			26	55	50	50	0	T_{em3}
T_{28}	T_{28}	T_{28}	28	45	50	50	0	T_{em3}
			28	45 (50)	100	100	0	T_{em1}
			28	60	0	50	0	T_{em4}
			28	70	50	50	0	T_{em3}
			32	50	100	100	0	T_{em1}
			33	69	100	100	0	T_{em1}
			35	50	100	100	0	T_{em1}
			35	60	50	50	0	T_{em3}
			35	60	100	100	0	T_{em1}
			35	65	100	100	0	T_{em1}
			35	75	100	100	0	T_{em1}
			40	40 (46)	100	100	0	T_{em1}
			40	60	100	100	0	T_{em1}
			45	10	100	100	0	T_{em1}
			45	30	100	100	0	T_{em1}

NOTE

- La vitesse du train est nulle pour tous les points.
- RH_{em} (%) pour une T_{em} inférieure ou égale à 10 °C n'est nécessaire que pour les systèmes HVAC équipés d'une pompe à chaleur.

5.3.3 Analyse des données météorologiques

5.3.3.1 Généralités

Les données météorologiques qui représentent les conditions météorologiques locales sont recueillies et classées selon la plage horaire et le nombre d'heures de fonctionnement correspondant à chaque mode d'exploitation et catégorie de train. Le nombre d'heures de fonctionnement annuel et le facteur de pondération pour chaque point opérationnel sont ensuite calculés pour estimer la consommation énergétique annuelle totale du système HVAC.

5.3.3.2 Collecte des données météorologiques

Les données météorologiques utilisées pour évaluer la consommation énergétique doivent être représentatives des conditions météorologiques locales.