

Données nécessaires au calcul des marches, à la détermination des charges remorquables et des capacités d'accélération

Le présent document décrit en détail l'ensemble des données nécessaires à la modélisation et au paramétrage de l'engin dans l'outil de tracé que le demandeur de capacité doit transmettre à SNCF Réseau.

AR30113 (TR01A)

Édition du 25 Octobre 2017

Version n° 01 du 25 Octobre 2017

Applicable dès réception

Référence article : AR30113 - 251017 - 011

Émetteur : Direction de la Capacité et des Sillons - SSAR

COPIE non tenue à jour du 23/11/2017

Sommaire

PREAMBULE / NOTE PEDAGOGIQUE.....	1
OBJET	1
TERMINOLOGIE / DEFINITIONS	1
1. DOMAINE D'APPLICATION	2
2. DONNEES NECESSAIRES AU TRACE DES MARCHES	2
2.1. Longueurs et masses.....	2
2.2. Vitesses.....	3
2.3. Résistance à l'avancement.....	3
2.4. Caractéristiques effort à la jante / vitesse	3
2.4.1. Traction autonome	4
2.4.2. Traction monophasé 50Hz 25Kv	4
2.4.3. Traction continue 1500V CC.....	4
2.4.4. Autre traction électrique	5
2.4.5. Méthode d'élaboration des courbes « efforts – Vitesse » sous 25Kv 50Hz et 1500CC.....	5
2.5. Décélération forfaitaire de freinage.....	5
3. CHARGES DEMARRABLES ET REMORQUABLES DES LOCOMOTIVES	6
3.1. Charge démarrable.....	6
3.2. Charge remorquable	6
3.3. Charge d'attelage.....	7
4. CONDITIONS DE SECOURS DU MATERIEL AUTOMOTEUR.....	7
ANNEXE 1 : VALEURS DE RT	
ANNEXE 2 : .. EXEMPLE DE CALCULS DE COURBES F(V) POUR UNE CHAINE DE TRACTION	
ANNEXE 3 :RECAPITULATIF DES DONNEES A FOURNIR	

COPIE non tenue à jour du 23/11/2017

Préambule / Note pédagogique

Origine de la création ou de la modification du texte

Ce document est une reprise du document SAM X 006 précédemment publié par l'EPSF, et reprise dans la documentation de SNCF Réseau, suite à la création d'accès réseau.

Objectifs du texte

Les horaires d'une marche sont calculés et tracés sur la base des performances de l'engin moteur désigné par le demandeur dans sa demande de sillon.

Pour que l'engin de calcul ainsi désigné puisse reprendre les performances de l'engin moteur qui circulera, il est nécessaire que celui ait été modélisé et paramétré au préalable dans l'outil de tracé horaire.

La terminologie SNCF, éventuellement utilisée devra, si besoin, être adaptée par les lecteurs à celle en usage dans leur entreprise.

Utilisateurs du texte

Les utilisateurs de ce texte sont les demandeurs de capacité désirant voir procéder à la modélisation et au paramétrage d'un nouvel engin moteur dans l'outil de tracé horaire.

Objet

Ce document liste les données techniques du matériel roulant nécessaires pour circuler sur le réseau ferré national, et pour déterminer :

- les horaires,
- les masses remorquables,
- les capacités d'accélération (données nécessaires pour la vérification de certaines implantations de pédales de commande).

Terminologie / Définitions

Régime continu : c'est la vitesse la plus basse pour laquelle l'effort de traction maximal peut être maintenu en permanence.

Régime unihoraire : c'est la vitesse la plus basse pour laquelle l'effort de traction maximal peut être maintenu pendant une heure à partir d'un engin dont les équipements sont à température ambiante.

Ces régimes doivent être déterminés en tenant compte des encrassements maximums constatés en service sur les équipements de traction.

1. Domaine d'application

Ce document s'applique à l'ensemble des matériels roulants – locomotives, automoteurs et autorails, wagons et voitures circulant ou devant circuler sur le réseau ferré national, à l'exclusion des engins de travaux.

Le présent document décrit en détail l'ensemble des données nécessaires à la modélisation et au paramétrage de l'engin dans l'outil de tracé que le demandeur de capacité devra transmettre à SNCF Réseau, avec l'appui du fournisseur de l'engin moteur.

Ce texte est applicable à toutes les entreprises ferroviaires circulant sur le Réseau ferré national, ou disposant d'un agrément de sécurité.

2. Données nécessaires au tracé des marches

2.1. Longueurs et masses

Il est nécessaire de fournir :

- pour les locomotives et automoteurs, la longueur hors tout entre tampons,
- pour les matériels remorqués, la masse par unité de longueur,
- pour les engins moteurs électriques utilisant simultanément plusieurs pantographes (Unité Multiple et Unité Simple), la distance maximale entre le pantographe de tête et celui de queue,
- les valeurs des masses théoriques dans les différents états de charge, conformément à la NF01-301 :
 - $\frac{3}{4}$ vide en ordre de marche (VOM),
 - $\frac{3}{4}$ charge normale (CN),
 - $\frac{3}{4}$ charge maximale d'exploitation (CME),
 - $\frac{3}{4}$ charge exceptionnelle (CE).
- le coefficient d'inertie des masses tournantes à appliquer à la masse en charge normale ;
- la masse adhérente de l'engin pour chaque état de charge, en distinguant bogies porteurs, bogies mixtes et bogies moteurs.

2.2. Vitesses

Fournir la vitesse ou les vitesses maximales de circulation du matériel, selon les tensions d'alimentation, les lignes...

2.3. Résistance à l'avancement

Fournir la résistance à l'avancement pour les différents états de charge (VOM, CN, CM, CE) sous la forme :

$$R(V) = a + b V + cV^2$$

Formule dans laquelle a, b, c sont des coefficients positifs ou nuls, R(V) s'exprime en daN et V en km/h, pour une température de 15 °C et une pression atmosphérique de 1013 hectopascals.

Nota : Il doit être tenu compte, pour les matériels circulant à grande vitesse, du vent latéral le plus défavorable de 8 km/h. Pour les autres matériels, il sera pris en compte le vent latéral le plus défavorable de 5 km/h.

Le constructeur devra fournir la formule de la résistance à l'avancement employée, ainsi que les valeurs des coefficients utilisés pour l'obtention de cette formule. Le choix de ces valeurs devra être explicité.

2.4. Caractéristiques effort à la jante / vitesse

Dans le cas d'existence de rabatteurs de puissance de la rame ou de la locomotive, liés aux capacités des installations fixes (OP 09917, déclinaison du référentiel EPSF SAM T 001) et/ou au fonctionnement en unité multiple, fournir :

- la puissance nominale pour chaque position du sélecteur de puissance,
- les courbes effort/vitesse, comme précédemment pour chaque cas rencontré et pour chaque tension nominale d'alimentation électrique suivant la méthode exposée au § 3.4.5.

A noter que pour le matériel automoteur, une sollicitation de l'adhérence au démarrage limitée à 19 % doit être suffisante pour démarrer avec une accélération de 5 cm/s², quels que soient les conditions climatiques et l'état du rail, dans la rampe la plus difficile. Pour les locomotives, la sollicitation de l'adhérence prise en compte pour les calculs sera limitée à 33%

2.4.1. Traction autonome

Dans le cas des locomotives à traction thermique assurant le chauffage et la climatisation des trains à partir de l'énergie disponible pour la traction, fournir :

- la courbe F(V) normale sans prélèvement d'énergie,
- la courbe F(V) avec prélèvement de l'énergie de climatisation pour une charge donnée à préciser,
- la limite maximale de puissance que peut fournir la locomotive pour la climatisation ou le chauffage du matériel à voyageurs,
- les courbes d'effort à la jante pour des puissances partielles du moteur Diesel ($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, et $\frac{3}{4}$ de charge) et pour chaque cas, la vitesse la plus basse qui peut être maintenue en permanence.

Nota : La puissance à prendre en compte pour le calcul de la caractéristique effort/vitesse est celle réellement disponible à la jante, après déduction de la puissance prélevée par les auxiliaires.

2.4.2. Traction monophasé 50Hz 25Kv

Pour le matériel circulant sous tension monophasée 50 Hz - 25 kV, fournir :

- les courbes pour 20 kV, 22,5 kV et 25 kV,
- les expressions analytiques des courbes de régression servant à l'élaboration des courbes effort – vitesse suivant la méthode développée au § 3.4.5.

2.4.3. Traction continue 1500V CC

Pour le matériel circulant sous tension 1500 V continue, fournir :

- les courbes effort/vitesse pour une tension de 1600 V avec différentes résistances de sources montées en série avec l'engin moteur (afin de connaître la variation de l'effort en tenant compte des chutes de tension dues à la résistance de la caténaire) ;
- les courbes F(V) pour les tensions de 1100 V, 1200 V, 1300 V, 1400 V, 1500 V, 1600 V, 1700 V, 1800 V ;
- l'énergie prélevée par les auxiliaires et, pour les éléments automoteurs celle nécessaire à la climatisation ;
- le rendement moyen à appliquer pour la fourniture d'énergie de traction (rapport entre énergie utile à la jante et énergie de traction prélevée au niveau du pantographe), et celui à appliquer pour l'énergie auxiliaire ;
- la puissance nominale de l'engin moteur.

2.4.4. Autre traction électrique

Les éventuelles caractéristiques effort/vitesse sous 3 kV et sous 15 kV - 16 Hz^{2/3} doivent être fournies pour les tensions nominales (et tension nominale moins 10%) afin de connaître les capacités de ce matériel sous ces tensions.

2.4.5. Méthode d'élaboration des courbes « efforts – Vitesse » sous 25Kv 50Hz et 1500CC

Pour l'élaboration de ces courbes effort – vitesse, il faut tenir compte :

- de la puissance disponible au niveau des installations fixes de traction électrique,
- de l'utilisation des engins (différents couplages...),
- des caractéristiques intrinsèques de la chaîne de traction.

Les expressions analytiques permettront de tracer les réseaux de courbes F(V) en fonction de la tension caténaire.

En annexe 2 figure un exemple de calculs de courbes F(V) pour une chaîne de traction asynchrone.

2.5. Décélération forfaitaires de freinage

En freinage, la marche est calculée normalement à partir de décélération forfaitaires fonctions du type de train, et non sur les performances de freinage propres.

Les décélération sont supposées constantes, indépendantes du profil, et en permanence au moins égales à :

- 20 cm/s² pour les trains de marchandises limités à 80 km/h ;
- 25 cm/s² pour les trains de marchandises limités à 100 km/h ;
- 30 cm/s² pour les trains de messageries ;
- 40 cm/s² pour les trains de voyageurs à vitesse inférieure à 160 km/h ;
- 50 cm/s² pour :
 - $\frac{3}{4}$ les trains de voyageurs à vitesse supérieure ou égale à 160 km/h ;
 - $\frac{3}{4}$ les trains électriques de banlieue ;
 - $\frac{3}{4}$ les éléments automoteurs électriques et thermiques ;
 - $\frac{3}{4}$ les matériels à grande vitesse sur lignes nouvelles ;
- 70 cm/s² pour le tram-train ;
- 60 cm/s² pour :
 - $\frac{3}{4}$ les éléments automoteurs électriques à grande vitesse sur lignes classiques ;
 - $\frac{3}{4}$ les éléments automoteurs électriques de banlieue.

La validité de ces valeurs est à confirmer pour le matériel présenté.

3. Charges démarrables et remorquables des locomotives

La charge maximale des trains est la plus faible des trois charges : démarrable, remorquable, et d'attelage.

3.1. Charge démarrable

La charge démarrable est la charge que l'engin peut démarrer dans une rampe avec une accélération minimale de 5 cm/s² en voyageur et 3 cm/s² en fret.

Si on désigne par r_t la résistance spécifique au démarrage, la charge maximale démarrable sur le profil i est donnée par la formule générale :

$$P = F_j^\circ / r_t - L$$

r_t est donnée par l'annexe 1 ; F_j° est l'effort au décollage du train (en daN) déterminé en fonction de la masse adhérente qui doit être précisée ; L est la masse de la locomotive en tonnes.

3.2. Charge remorquable

Doivent être fournis :

- le régime continu, utilisable pour les rampes inférieures ou égales à 7 ‰ ;
- le régime unihoraire pour les autres rampes ;
- l'effort à la jante à ces régimes pour chaque tension nominale d'alimentation électrique.

Pour les engins à traction diesel et à transmission mécanique ou hydraulique fournir en plus :

- les vitesses minimales de circulation ;
- la vitesse correspondant à l'échauffement maximal acceptable pour le fluide des convertisseurs ou coupleurs ;
- la durée acceptée pour atteindre la vitesse minimale de circulation ;
- la durée maximale dans laquelle le véhicule doit avoir atteint la demi-vitesse du régime continu (nécessaire pour connaître les efforts permanents autorisés à des vitesses inférieures à celles du régime continu de définition).

3.3. Charge d'attelage

L'attelage normal est l'attelage UIC de 85 tonnes utilisé avec un coefficient de sécurité de 2,35. Si l'engin ne dispose pas de l'attelage de choc et traction UIC, toutes les données doivent être fournies en application des référentiels OP09907 et OP09908.

4. Conditions de secours du matériel automoteur

Doivent être fournies, si elles existent, les dispositions qui permettent d'augmenter ponctuellement :

- L'effort à la jante (par exemple par arrêt de certains auxiliaires non indispensables à la chaîne de traction ; par boostage ou superboostage en cas d'isolement d'un essieu ou d'un bloc moteur) ;
- Le refroidissement de certains organes sensibles.

Modes de traction dégradés : Indiquer pour chaque tension d'alimentation et pour chaque cas de défaillance les caractéristiques d'effort à la jante et les régimes continus correspondants.

COPIE non tenue à jour du 23/11/2017

Annexe 1 : Valeurs de R_t

i corrigé	r_t daN / t		i corrigé	r_t daN / t
	Voyageurs	Messageries et marchandises		Tous trains
5	11,60	9,35	25	33,35
6	12,55	10,30	26	34,55
7	13,55	11,40	27	35,80
8	14,50	12,55	28	37,00
9	15,50	13,75	29	38,25
10	16,50	14,95	30	39,45
11	17,45	16,20	31	40,70
12	18,45	17,40	32	41,90
13	19,45	18,65	33	43,15
14	20,40	19,85	34	44,35
15	21,40	21,10	35	45,60
16	22,50	22,30	36	46,80
17	23,60	23,55	37	48,00
18	24,75	24,75	38	49,25
19	26,00		40	51,70
20	27,20		42	54,15
21	28,45		44	56,60
22	29,65		46	59,05
23	30,90		48	61,50
24	32,10		50	64,00

i : profil de la rampe en mm/m, corrigé des courbes de la voie.

Annexe 2 : Exemple de calculs de courbes F(V) pour une chaîne de traction

De façon globale, nous pouvons exprimer l'effort à la jante par :

En traction : Effort à la jante (N) = α * Couple moteur (N.m) * Nmot

En freinage : Effort à la jante (N) = β * Couple moteur (N.m) * Nmot

Nmot étant le nombre de moteurs de traction en service sur la rame.

α tient compte du rendement du réducteur en traction et du diamètre de roue,

β tient compte du rendement du réducteur en freinage et du diamètre de roue.

Le couple réalisé par le ou les moteurs de traction en fonction de la tension d'alimentation (qui peut-être soit la tension du BUS continu, soit la tension du filtre en tête de l'onduleur de tension alimentant le moteur de traction) est le résultat de la minimisation de la courbe C0nom sous tension nominale avec les diverses courbes de régressions C reg1, C reg2, C reg3, C reg4, C reg5, C reg6 .

- Courbe C0nom :

La courbe C0nom est la courbe nominale du moteur, lorsque la tension d'alimentation Ualim est supérieure ou égale à la tension nominale Unom :

- 1500 V sous courant continu en traction
- 1650 V sous courant monophasé en traction
- 1800 V sous courant continu en freinage
- 1650 V sous courant monophasé en freinage

Formulation analytique de l'expression de C0nom :

$0 < Vit \text{ (km/h)} \leq a \quad \Rightarrow Fj0 \text{ (N)} = Cste \quad \text{« Partie de courbe à effort constant »}$

$a < Vit \text{ (km/h)} \leq V \text{ max} \quad \Rightarrow F \text{ (N)} = 3.6 * Pmax / Vit \quad \text{« Partie de courbe sur l'équipuissance »}$

a étant la vitesse de transition entre les deux parties de la courbe F(V)

- Courbe C reg1 :

La courbe C reg1 limite l'effort au démarrage suivant la charge des véhicules.

Formulation analytique de l'expression C reg1 :

- en VOM C reg1 = Fj01
- en CN C reg1 = Fj02
- en CM C reg1 = Fj03
- en CE C reg1 = Fj04

- Courbe C reg2 :

La courbe C reg2 limite la puissance délivrée par le moteur en fonction de la tension d'alimentation.

Formulation analytique de l'expression de C reg2 :

$$\text{Freg2}(N) = 3.6 * (\text{Pmaxmoteur}) / \text{Vit} * [\text{Min} (1 ; \text{Ualim} / \text{Unom})] \exp \lambda$$

L'équipuissance est régressée en fonction de la tension d'alimentation afin de garantir de ne pas dépasser les limites thermiques des divers éléments constitutifs de la chaîne de traction.

- Courbe C reg3 :

La courbe creg3 permet de garantir une marge de couple suffisante vis à vis du couple de décrochage du moteur de traction.

Formulation analytique de l'expression de C reg3 :

$$\text{Freg3}(N) = \text{valeur de l'effort restant à la Vitmax} * [(\text{Vitmax} / \text{Vit}) * \text{Min} (1 ; \text{Ualim} / \text{Unom})] \exp \mu$$

- Courbe C reg4 :

La courbe Freg4 permet de garantir, lorsque l'engin est sous courant monophasé, de ne pas dépasser les limites électriques et thermiques des divers éléments constitutifs de la chaîne de traction.

Formulation analytique de l'expression de C reg4 :

$$\text{Freg4}(N) = 3.6 * (\text{Pmaxmoteur}) / \text{Vit} * [\text{Min} (1 ; \text{Ualim} / \text{Unom})] \exp \lambda$$

- Courbe C reg5 :

La courbe C reg5 est une limitation de courant caténaire sous courant continu en fonction de la sélection de puissance (P1, P2, P3) et de la configuration US ou UM2 ou UM3

Formulation analytique de l'expression de C reg5 :

$$\text{Freg5}(N) = 3.6 * \text{Ucatcontinu} * \text{rendement} * \text{Gabarit de courant} (P1, P2, P3 : US, UM2, UM3) / (\text{Nmot} * \text{Vit})$$

avec rendement = rendement de la chaîne de traction en continu

- Courbe C reg6 :

La courbe C reg6 est une limitation de courant caténaire sous courant monophasé en fonction de la sélection de puissance (P1, P2, P3) et de la configuration US ou UM2 ou UM3

Formulation analytique de l'expression de C reg6 :

$$\text{Freg6}(N) = 3.6 * \text{Ucatmono} * \text{rendement} * \text{Gabarit de courant} (P1, P2, P3 : US, UM2, UM3) / (\text{Nmot} * \text{Vit})$$

avec rendement = rendement de la chaîne de traction en monophasé

La F(V) en traction sous caténaire continue sera donc :

$$F(V) \text{ continu} = \text{MIN} (C0nom, \text{Creg1}, \text{Creg2}, \text{Creg3}, \text{Creg5})$$

La F(V) en traction sous caténaire monophasée sera donc :

$F(V) \text{ monophasé} = \text{MIN} (C_{\text{nom}}, C_{\text{reg1}}, C_{\text{reg2}}, C_{\text{reg3}}, C_{\text{reg4}}, C_{\text{reg6}})$

Remarque : il faut aussi fournir les mêmes types de renseignements pour le freinage électrique sous courant continu et sous courant monophasé.

Annexe 3 : Récapitulatif des données à fournir

Type de matériel				
Tension d'utilisation				
Etats de charge considérée:	VOM	CN	CM	CE4/CE8
Masses correspondantes à l'état de charge considéré (t):				
Masses adhérentes de l'engin				
Longueur hors tout (m)				
Distance entre pantographes (m)				
Vitesse maximale de l'engin (km/h)				
Rapport de réduction				
Résistance à l'avancement ($A+BV+CV^2$ en daN)				
Coefficient d'inertie des masses tournantes				
Effort au démarrage (daN)				
Coefficient d'adhérence au démarrage				
Effort au démarrage en cas d'isolement d'un essieu ou d'un bloc moteur, boostage ou superboostage (daN):				
Couple (F, V) au régime continu				
Couple (F, V) au régime unihoraire				
Puissance maximale de l'engin (kW)				
Puissance des auxiliaires (kW) (été/hiver)				
Décélération de l'engin (cm/s^2)				
Type d'attelage installé (effort à la rupture/coefficient de sécurité)				
Courbes effort vitesse: expressions analytiques permettant de tracer la courbe pour une vitesse de 0 à V_{max} (tel qu'explicité dans l'annexe 2). Faire apparaître également la forme des courbes $F(V)$ tracées pour les différentes tensions et états de charge.				
Courbes de freinage ((efforts de retenue, vitesse) pour les différents types de freinage)				

COPIE non tenue à jour du 23/11/2017

Fiche d'identification

Identification du texte

<i>Titre</i>	Données nécessaires au calcul des marches, à la détermination des charges remorquables et des capacités d'accélération
<i>Référentiel</i>	Référentiel Accès Réseau
<i>Nature du texte</i> <i>Niveau de confidentialité</i>	Principe Interne SNCF RESEAU
<i>Sécurité</i>	Non
<i>Émetteur</i>	Direction de la Capacité et des Sillons - SSAR
<i>Référence</i> <i>Index utilisateur (plan de classement)</i> <i>Complément à l'index utilisateur</i> <i>Ancienne référence</i>	AR30113 (TR01A)
<i>Date d'édition</i>	25-10-2017
<i>Version en cours / date</i>	Version 01 du 25-10-2017
<i>Date d'application</i>	Applicable dès réception
<i>Mode de distribution initiale</i>	Standard

Approbation

<i>Rédacteur</i>		<i>Vérificateur</i>		<i>Approbateur</i>	
TREMERIE Cédric	13-10-2017	PUIGVERT David	18-10-10-2017	QUESNEL Gilles	25-10-2017

Textes abrogés

OP 09929, Edition du 04-07-2012 – Moyen acceptable de conformité. SAM X-006.
Données nécessaires au calcul des marches, à la détermination des charges remorquables et des capacités d'accélération, édition du 04/07/2012 Version 1.

Textes de référence

Données nécessaires au calcul des marches, à la détermination des charges remorquables et des capacités d'accélération, Document technique de l'EPSF, SAM X 006, du 04/07/2012.

INTERNE SNCF RESEAU

Historique des éditions et des versions

<i>Edition</i>	<i>Version</i>	<i>Date de version</i>	<i>Date d'application</i>
25-10-2017	Version 01	25-10-2017	Dès réception

Mise à disposition / distribution

Type de média : Intranet

Distribution

<i>Organismes de la direction de l'entreprise sans distribution par indicatif</i>	
<i>Organismes de la direction de l'entreprise avec distribution par indicatif</i>	AR CS, MOBIL
<i>Entités supra régionales et territoriales</i>	AST
<i>Sièges régionaux</i>	
<i>Établissements</i>	
<i>Organismes rattachés</i>	
<i>Collections individuelles</i>	
<i>Entités concernées</i>	
<i>Particularités de distribution</i>	

Services chargés de la distribution

Pas d'édition papier pour ce texte

Résumé

Le présent document décrit en détail l'ensemble des données nécessaires à la modélisation et au paramétrage de l'engin dans l'outil de tracé que le demandeur de capacité doit transmettre à SNCF Réseau.

Accompagnement du texte

Ce texte fera l'objet d'une communication de la ligne managériale auprès des acteurs concernés