



TC DÔME S.A.S.

Siège Social :

1, chemin du Couleyras
63870 Orcines
France

Téléphone : +33 (0)4 73 87 43 00

Télécopieur : + 33 (0)4 73 87 43 01

TC DÔME, le 7 juillet 2015

Objet : Réponse à la recommandation R1 du Rapport d'enquête technique sur le déraillement du train à crémaillère desservant le sommet du Puy-de-Dôme survenu le 28 octobre 2012 à Orcines

Monsieur le Directeur des services de transport,

Je fais suite à la réception du courrier du 29 juin 2015 concernant la recommandation R1 du rapport d'enquête n° 2012-15, ceci afin de porter à votre connaissance les mesures prises suite à l'incident du 28 octobre 2012.

Nous avons décidé d'installer un système de surveillance active et automatique (SAA), contraignant les conducteurs à limiter la vitesse dans les zones de croisement. Le non-respect des consignes de vitesse réduite entraîne, un pilotage automatique de la réduction de la vitesse jusqu'à la vitesse de référence <10 Km/h, puis < 5 km/h pour les franchissements d'aiguillage par le talon. Le franchissement du repère d'arrêt entraînera un freinage d'urgence et l'arrêt total du train (voir rapport d'essai du SAA annexe N°1).

Une nouvelle équipe d'exploitation a été mise en place et, tous les conducteurs ainsi que les régulateurs ont suivi une formation de conduite ferroviaire de type SNCF et des tests psychotechniques avec un suivi annuel.

Le retour d'expérience du 6 juillet 2013 où un nouveau déraillement est survenu au même endroit que celui du 28 octobre, celui-ci à vitesse réduite de 5 km/h, nous a permis de mettre en évidence les faibles répercussions d'un déraillement par talonnage d'aiguillage et, par voie de conséquence de valider l'efficacité du système de surveillance active (SAA).

En conclusion le risque de déraillement/renversement dans les zones d'évitement, et en particulier lors du franchissement des aiguillages amont et aval, suite à une défaillance du conducteur et à l'absence de prise en compte de la signalisation, est limité à un réenraillement de l'essieu avant du train.

Je vous prie de croire, Monsieur le Directeur des services de transport, à l'expression de mes sentiments les meilleurs.

Frédéric BERKES
Responsable QHSE

Éric DERSIGNY
Directeur général

ANNEXE N°1

RAPPORT D'ESSAIS
DU SYSTEME DE SURVEILLANCE
AUTOMATIQUE
DE LA ZONE DE CROISEMENT

Projekt L-4214, Puy-de-Dôme
Dokument-Nr L4214_0100
Status Freigegeben
Dokumenttyp Rapport
Anzahl Seiten 35

Rapport d'essai de la SAA

L-4214, Puy-de-Dôme

Index	Modification	Date	Etablis	Contrôlé	Libéré
–		20.06.2013	P. Wilhelm	P. Beyerle	P. Wilhelm
01					
02					
03					
04					
05					

Dieses Dokument darf ohne unsere Bewilligung weder kopiert noch Unbefugten zugänglich gemacht werden, noch dürfen die darauf dargestellten Teile nachgebaut werden.

Index

Index	2
1. Intorduction	3
1.1. Préambule.....	3
1.2. Déroulement des essais	3
2. Principe de la SAA	3
2.1. Infrastructure existante sur le véhicule	4
2.2. Mode d'action de la SAA.....	6
2.3. Calcul de la distance.....	8
2.4. Limitations de vitesse et fu.....	10
3. Balises	11
3.1. Principe de fonctionnement	11
3.2. Implantation des balises	11
3.3. Equipement du croisement des Muletiers.....	11
3.4. Groupe de balises.....	12
4. Détection du groupe de balises	13
5. Entrée dans la zone de croisement	14
5.1. Fu Balise aval	14
5.2. Réduction de vitesse balise aval.....	15
5.3. Passage normal de la balise aval	15
5.4. Fu Balise amont	16
5.5. Réduction de vitesse balise amont	17
5.6. Fu par déceleration insuffisante.....	18
5.7. Passage normal de la balise amont.....	19
5.8. Comportement suite à un fu.....	20
6. Arrêt obligatoire avant le signal de sortie	21
6.1. Montée.....	21
6.2. Descente.....	23
7. Limitation de vitesse sur l'aiguillage de sortie	23
7.1. Limitation de vitesse	23
7.2. Fu par survitesse	25
8. Cas particuliers d'exploitation	25
8.1. Rebroussement en us.....	25
8.2. Rebroussement en um.....	26
8.3. Mise hors service du véhicule dans la zone SAA	26
8.4. Annulation de la SAA.....	27
8.5. Arrêt dans la zone de croisement	27
9. Utilisation normale du croisement	28
10. Autres fonctions des balises	28
10.1. Balise Adhérence / Crémaillère	28
10.2. Balise 120°/oo 150°/oo.....	29
11. Implantation de la SAA	31
11.1. Support.....	31
11.2. Disfonctionnement de la SAA.....	31
11.3. Manque des balises	31
12. Conclusion	32
1. Annexe 1 Caractéristiques de l'automate de bord	33

1. Introduction

1.1. Préambule

Suite à plusieurs accidents survenus au niveau du croisement des Muletiers, il fut décidé d'installer une surveillance, ci-après SAA, contraignant le conducteur à limiter sa vitesse dans la zone de croisement et à vérifier la position des aiguillages avant de les franchir par le talon.

Le principe fonctionnelle de la SAA est décrit dans la note du 22.04.2013 émise par SNC Lavalin.

Le présent rapport fait état des essais effectués pour la validation de la SAA.

1.2. Déroulement des essais

Tous les essais sont réalisés en dehors du trafic régulier, soit durant les nuits du 27-28, 28-29 et 29-30 mai 2013.

Personnes présentes :

P. Hamelin (TIM) (partiellement)
P.Géranton (Transdev) (partiellement)
T.Combret (Transdev) (partiellement)
P.Wilhelm (Stadler)
R.Paris (SNCL) (partiellement)

2. Principe de la SAA

La SAA (Surveillance Active et Automatique) utilise des récepteurs magnétiques existant sous les véhicules. La fonction première de ces récepteurs est de commuter les surveillances des véhicules lors du changement entre la rampe maximale de 120 ‰ et 150 ‰. Aucune modification n'est apportée aux surveillances existantes.

Avant et après la zone de croisement, deux balises successives S-N N-S sont implantées dans la voie. Au franchissement de ces balises, l'électronique de commande détecte cette succession de balises.

Sans changement à la centrale tachymétrique, il découle de cette procédure un Fu si le groupe de balises est franchit à plus de 24 km/h à la décente, étant donné que la surveillance est brièvement commutée pour une rampe de 150‰.

Dans la zone de croisement, l'électronique applique diverses limitations de vitesse et fu.

Avant l'arrivée dans la zone de croisement, le mécanicien est averti par un panneau qu'il doit circuler à la vitesse maximale de 10 km/h. S'il réagit à ce panneau et franchit le groupe de balise d'entrée dans la zone de croisement, il pourra continuer à circuler à la vitesse maximale de 10 km/h.

Sans réaction de la part du mécanicien, la vitesse maximale est ramenée linéairement à 10 km/h dans les 55m qui suivent le groupe de balises. Parallèlement, la vitesse maximale conduisant au Fu est également ramenée linéairement de 24,5 à 13 km/h. Avant le signal de sortie se trouve un panneau « arrêt obligatoire ». Le mécanicien est dans tout les cas tenu de respecter l'arrêt avant ce signal.

A l'approche du panneau « arrêt obligatoire » la vitesse maximale et le seuil du Fu sont ramené linéairement vers 0 km/h.

Si l'arrêt avant le panneau n'est pas respecté, un Fu est déclenché au niveau de ce dernier.

Après mise à voie libre du signal de sortie, le mécanicien peut poursuivre sa marche à la vitesse maximale de 5 km/h jusqu'à ce que l'aiguillage soit dégagé. La vitesse maximale est à nouveau limitée à 5 km/h, tandis qu'un Fu est appliqué si la vitesse excède 6 km/h.

Lorsque l'aiguillage est dégagé, mais au plus tard au franchissement du groupe de balise à la sortie de la zone de croisement, la limitation de vitesse est à nouveau augmentée à la vitesse maximale.

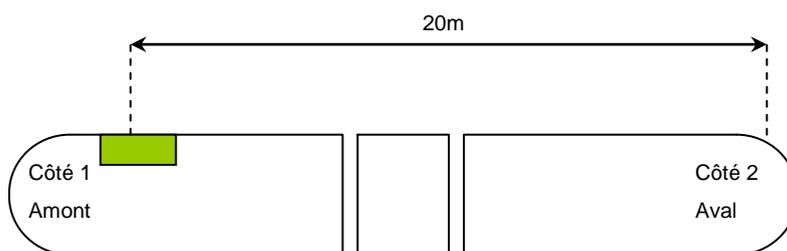
Le mécanicien peut à nouveau accélérer. Il n'y a pas d'accélération automatique.

Au franchissement de chaque groupe de balises, ainsi que lorsque l'aiguillage est dégagé, un signal sonore retentit en cabine.

2.1. Infrastructure existante sur le véhicule

La SAA utilise un récepteur déjà présent sous le véhicule. Celui-ci réagit au champ magnétique des balises destinées à la surveillance de la rampe maximale 120/150 ‰.

Le récepteur est situé sous la cabine amont, à droite en direction de la gare du sommet. Cet emplacement asymétrique implique que la SAA doit tenir compte d'un décalage du récepteur par rapport à la cabine aval.

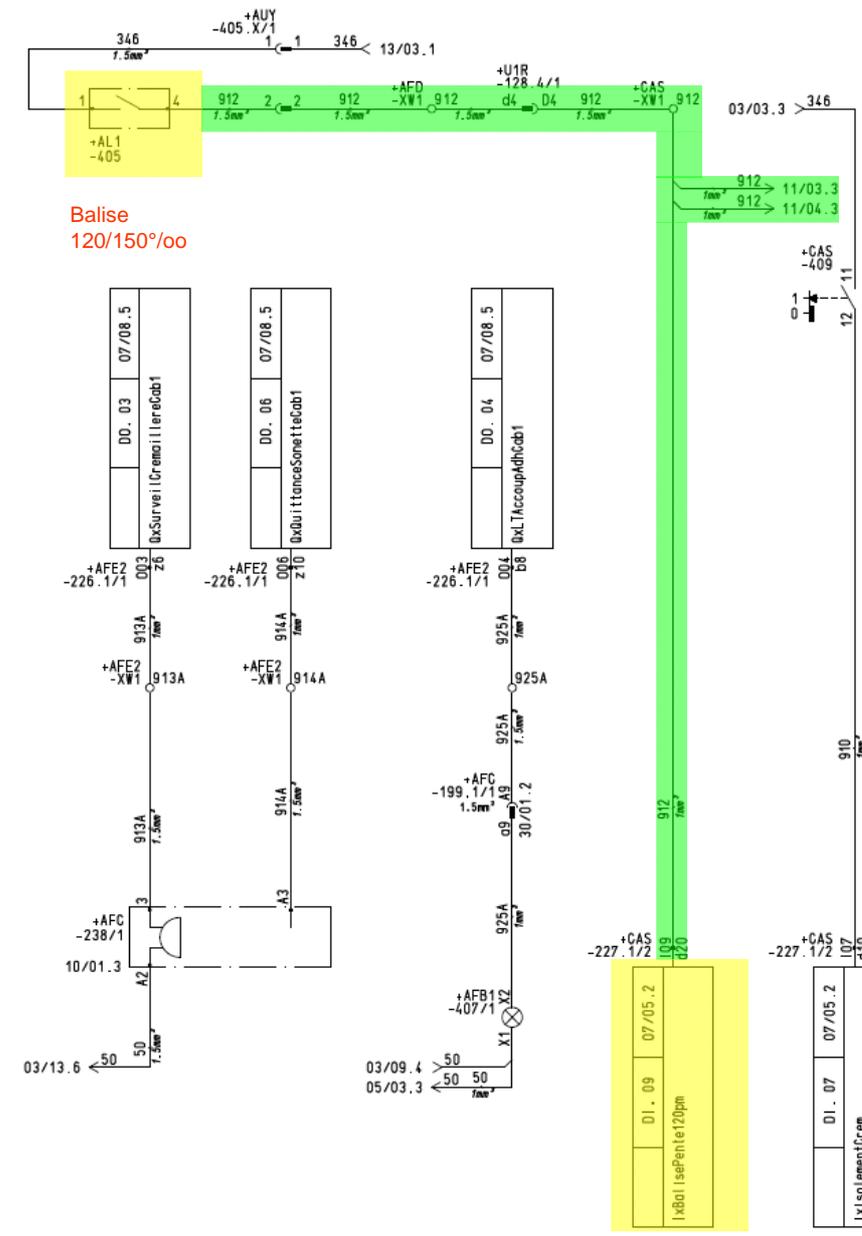


Dans la conception d'origine, l'état du récepteur est lu par le TRAS pour la surveillance de la vitesse maximale, ainsi que par l'électronique de commande pour la surveillance de régime et le réglage de la vitesse maximale.

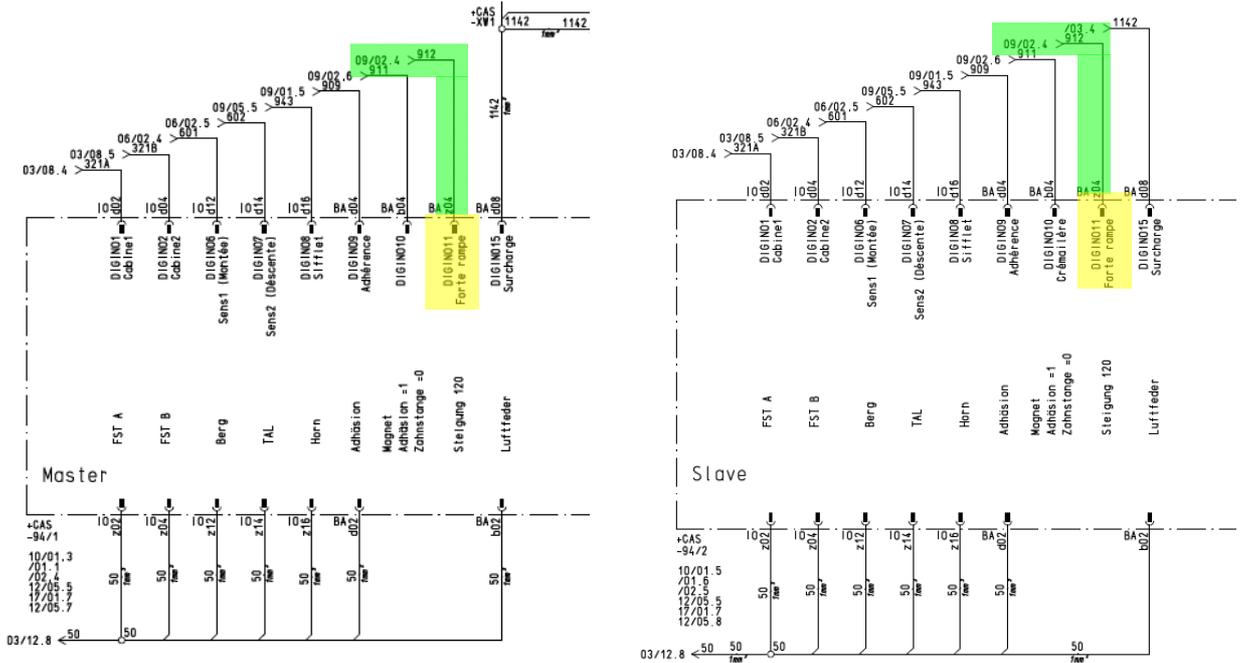
L'élément sécuritaire est la centrale tachymétrique TRAS qui déclenche un fu en cas de survitesse.

Aucune modification n'est apportée ni au câblage, ni à la centrale tachymétrique TRAS. La SAA ne change donc en rien les fonctions sécuritaires homologuées.

La SAA se base sur le signal de la balise fournit à l'électronique de commande.



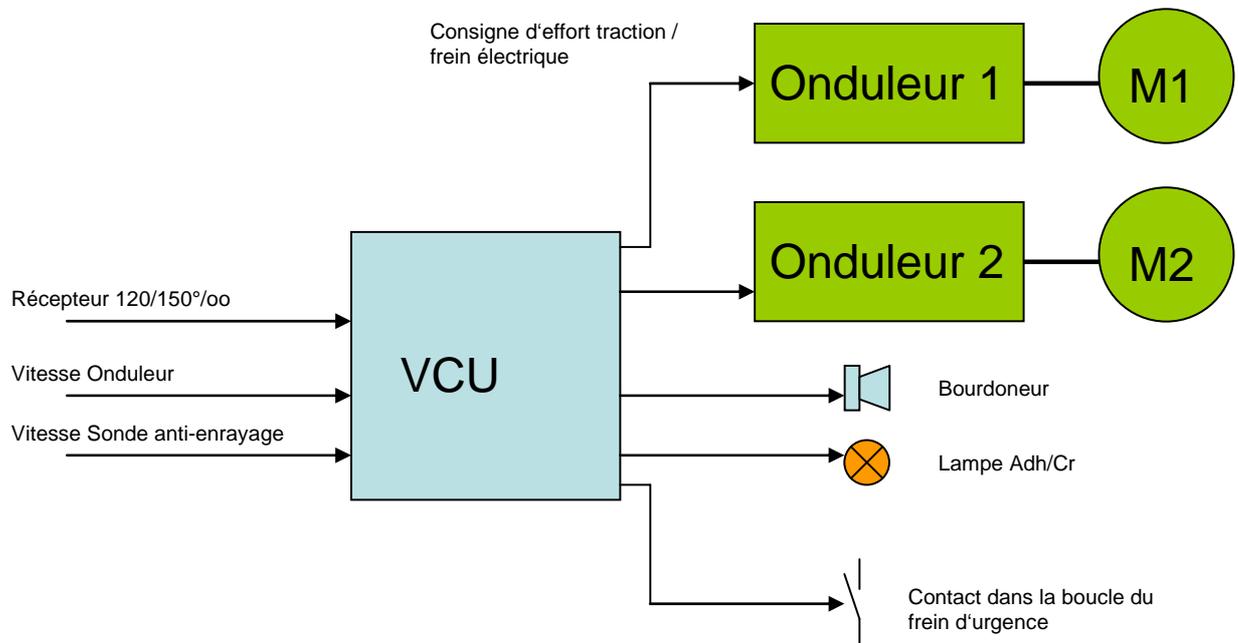
Entrée de l'électronique de commande SIL-0



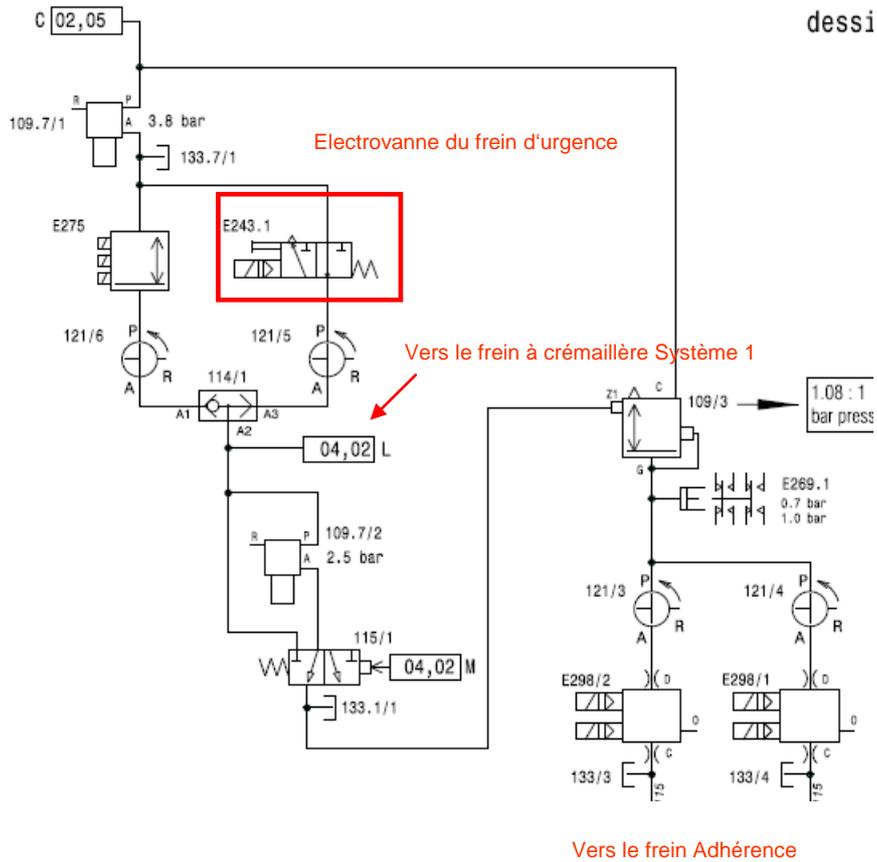
2.2. Mode d'action de la SAA

La SAA a pour rôle de limiter la vitesse maximale dans la zone de croisement. En cas de non respect de cette vitesse, un fu est appliqué.

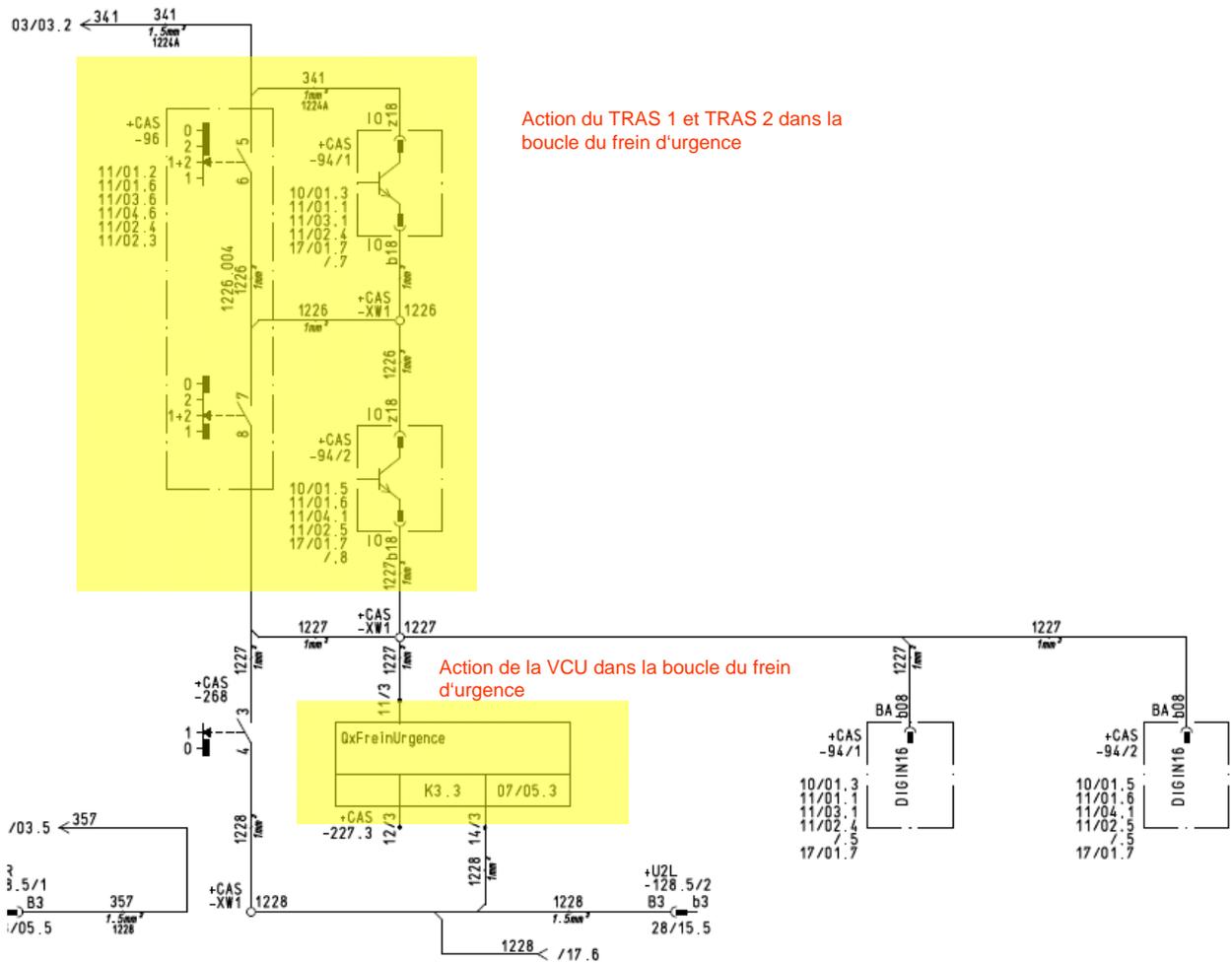
La SAA étant implantée dans l'automate de bord, c'est au travers de l'interface existante que la SAA agit sur la vitesse.



L'action sur le frein a lieu au travers de la boucle du frein d'urgence. Dans cette boucle, le courant traverse les contacts des différents éléments pouvant mener à un freinage d'urgence. Si cette boucle est interrompue, l'électrovanne 243.1 est désexcitée et provoque un freinage d'urgence.



Tant les deux systèmes TRAS que la VCU possèdent un contact dans la boucle du frein d'urgence.

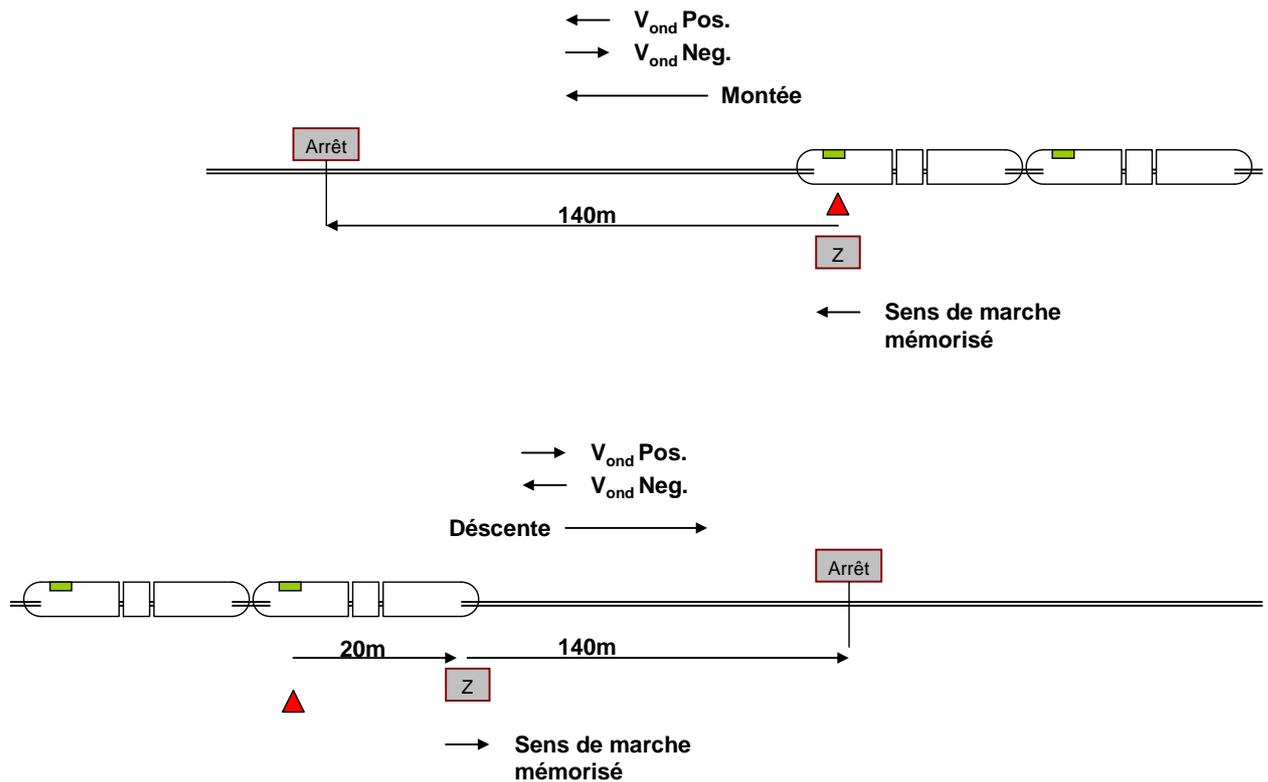


2.3. Calcul de la distance

La mesure de distance est basée sur les vitesses fournies par les convertisseurs de traction. Cette vitesse est transmise à la VCU avec un signe positif si le sens effectif de marche correspond au sens sélectionné. La vitesse est négative si le sens de marche effectif s'inverse par rapport à la sélection.

La vitesse est mesurée par des capteurs placés sur l'arbre de la roue dentée. En crémaillère, la vitesse de rotation de la roue dentée est directement liée à la vitesse. En effet, le rapport entre la vitesse de la rame et la vitesse de rotation de la roue dentée n'est dépendante que du pas de la crémaillère et non pas de l'usure.

Des que la SAA est activée, soit à partir de la seconde balise d'un groupe de balises, la distance est mesurée par intégration de la vitesse :



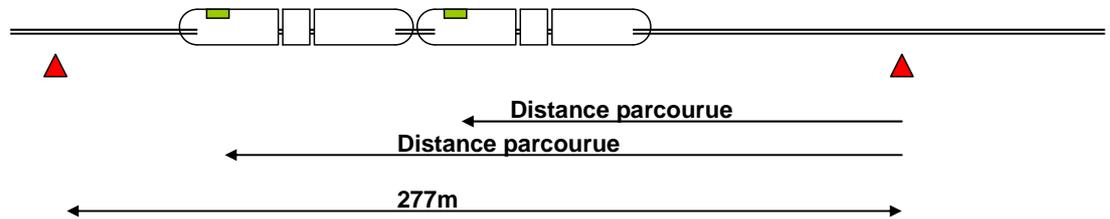
Pour tenir compte des changements de direction, du rebroussement ou encore d'un éventuel recul du véhicule, toutes les vitesses sont signées. La vitesse est toujours positive si le sens de marche correspond au sens sélectionné par le mécanicien. Le sens de marche au moment de l'activation de la SAA est mémorisé. Le signe de la vitesse servant au calcul de la distance est donné par le tableau suivant :

Sens de marche	Sens de marche mémorisé par la SAA	
	1 (Montée)	2 (descente)
1 (montée) la rame avance	+	-
2 (descente) la rame avance	-	+
1 (montée) la rame recule	-	+
2 (descente) la rame recule	+	-

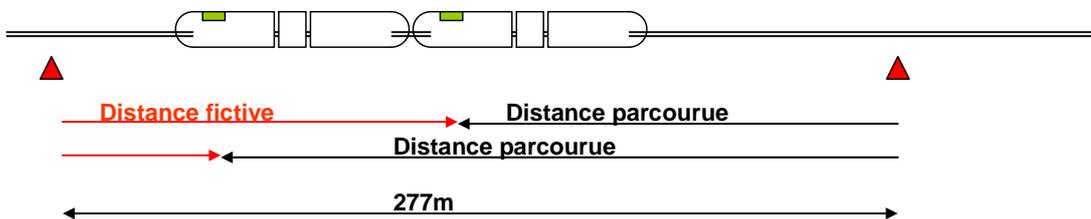
Si le sens de marche sélectionné ne correspond pas au sens de marche mémorisé au moment de l'activation de la SAA, il est créé une distance fictive. Cette distance correspond à la différence entre la longueur totale de la zone SAA et la distance parcourue.

Si le sens de marche est inversé, la distance parcourue décroît de par le signe qui est appliqué à la vitesse. La distance fictive croît et correspond donc bien à la distance que le convoi aurait parcouru si il avait abordé la zone SAA par la balise opposée.

← Sense de marche à l'activation de la SAA

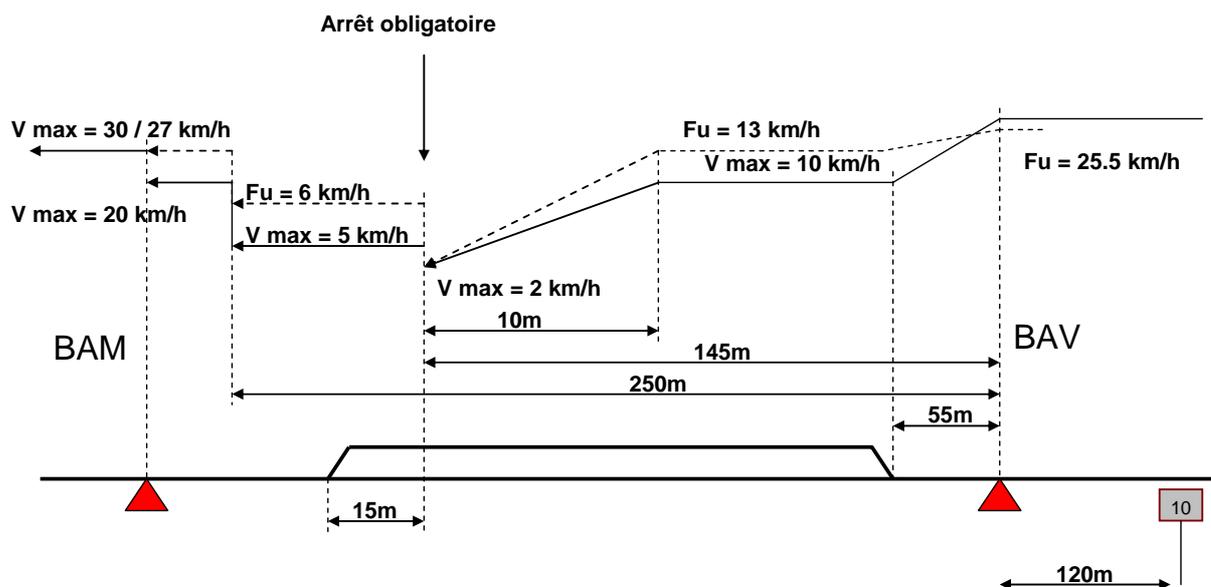


→ Sense de marche après rebroussement



2.4. Limitations de vitesse et fu

Les limitations de vitesse définies pour la SAA sont appliquées en fonction de la distance parcourue dans la zone SAA. Le graphique suivant illustre ces limitations :



Les limitations de vitesse sont valables dans les deux sens de marche. Seule la distance parcourue définit la vitesse maximale et le seuil menant au fu.

La valeur de vitesse maximale résultant de la SAA agit directement sur le régulateur de vitesse intégré dans la VCU. Cette valeur limite la consigne maximale de vitesse.

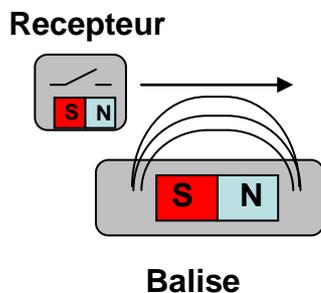
Si la vitesse dépasse le seuil du feu, la sortie de l'automate interrompt immédiatement la boucle du frein d'urgence et provoque un feu. Le feu n'est annulé que lorsque le mécanicien place son robinet de frein sur le cran maximum de freinage (cran 7). Cette fonction est commune à tous les feux, elle fait partie de la conception de base du véhicule.

3. Balises

3.1. Principe de fonctionnement

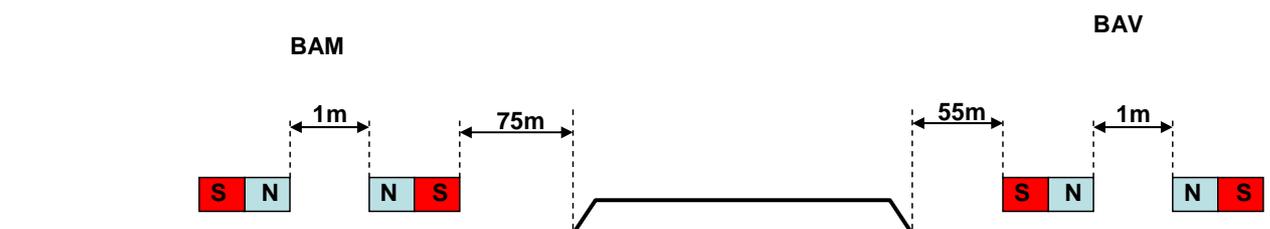
Les balises Siemens sont conçues pour des applications de sécurité ferroviaire. La balise implantée au niveau de la voie est constituée d'un aimant permanent dont le champ magnétique est parallèle à la voie.

Lorsque le récepteur fixé au véhicule passe au travers du champ magnétique de la balise, le récepteur se place dans le sens du champ magnétique et reste dans cette dernière position.



3.2. Implantation des balises

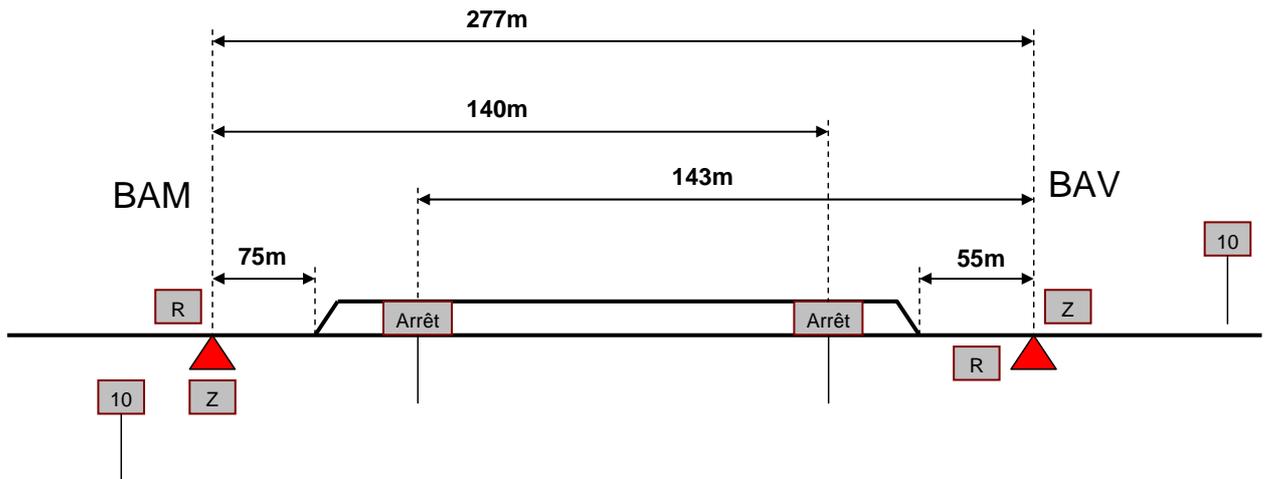
Les balises sont implantées à droite de la voie vue vers la gare du sommet (GDS)



3.3. Equipement du croisement des Muletiers

L'installation de croisement se compose dans chaque sens de marche de:

- un panneau 10 km/h
- un panneau d'exécution 10 km/h « Z »
- un groupe de balises
- un aiguillage abordé par la pointe
- un panneau arrêt obligatoire
- un aiguillage abordé par le talon
- un panneau de fin de ralentissement « R »
- un groupe de balises



3.4. Groupe de balises

Pour les besoins des essais, les balises sont fixées provisoirement sur du bois. Cette fixation permet une adaptation relativement simple de la position en fonction des résultats obtenus.

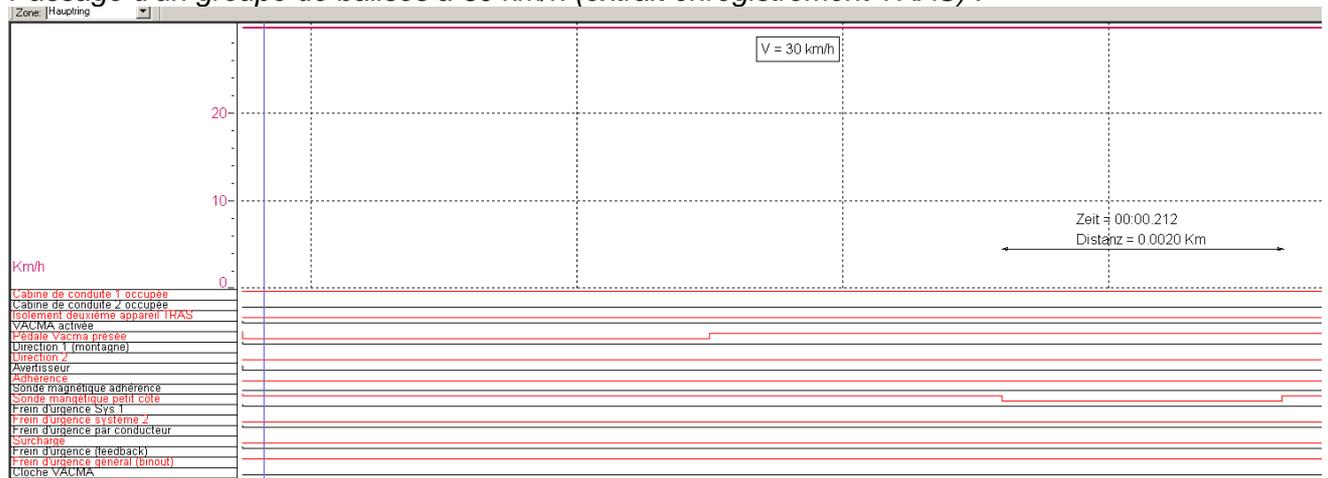


4. Détection du groupe de balises

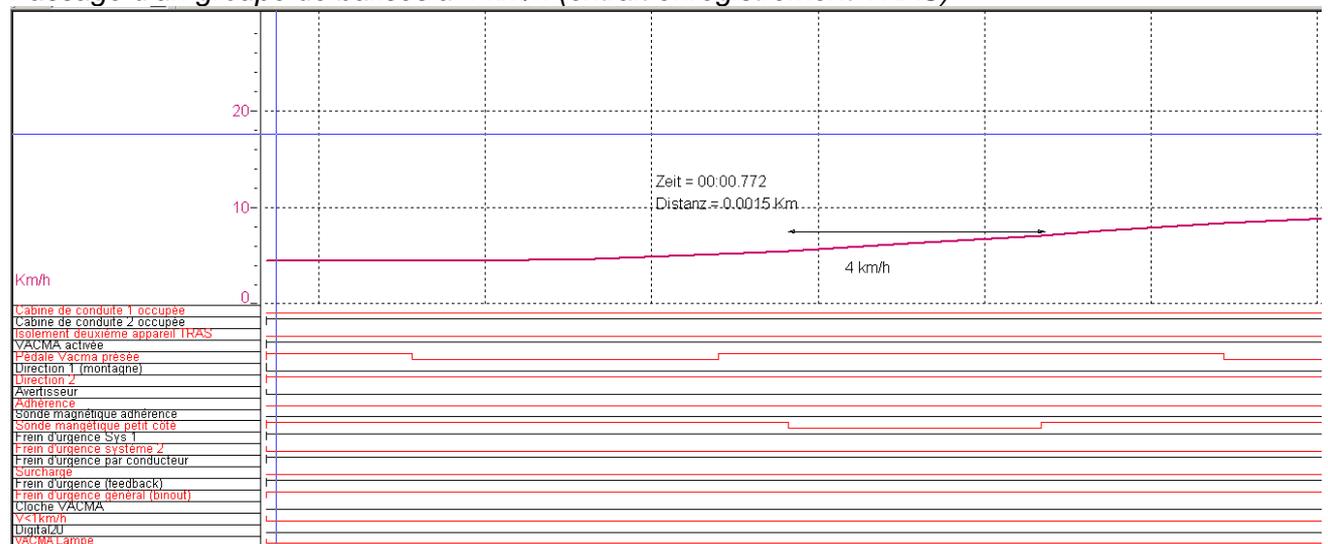
Le passage sur un groupe de balises provoque la commutation de 120 à 150 ‰ et inversement.

Les essais de détection sont réalisés avec diverses vitesses comprises entre 4 et 30 km/h.

Passage d'un groupe de balises à 30 km/h (extrait enregistrement TRAS) :



Passage d'un groupe de balises à 4 km/h (extrait enregistrement TRAS)



Les balises furent systématiquement détectées dans les deux sens de marche. Pour la SAA, seul un groupe de balises distantes de moins de 2m est pris en compte. Cette distance maximale est paramétrée. En diminuant ce paramètre à 0,5m, le groupe de balises n'a plus été détecté pour la SAA.

La zone des Muletiers est située dans une rampe maximale de 120‰. La non détection d'une balise conduit au pire à la commutation dans le régime 150‰, ce qui, sans quittance de la part du mécanicien, se traduira par un Fu.

5. Entrée dans la zone de croisement

Sans action de la SAA, le mécanicien est tenu de ralentir à 10 km/h avant l'arrivée dans la zone de croisement. Si tel n'est pas le cas, le rôle de la SAA est de garantir que le convoi sera au maximum à 10 km/h au niveau de l'aiguillage d'entrée.

Si le groupe de balises correspondant à l'entrée dans la zone de croisement est franchit à plus de 24,5 km/h un fu est déclenché.

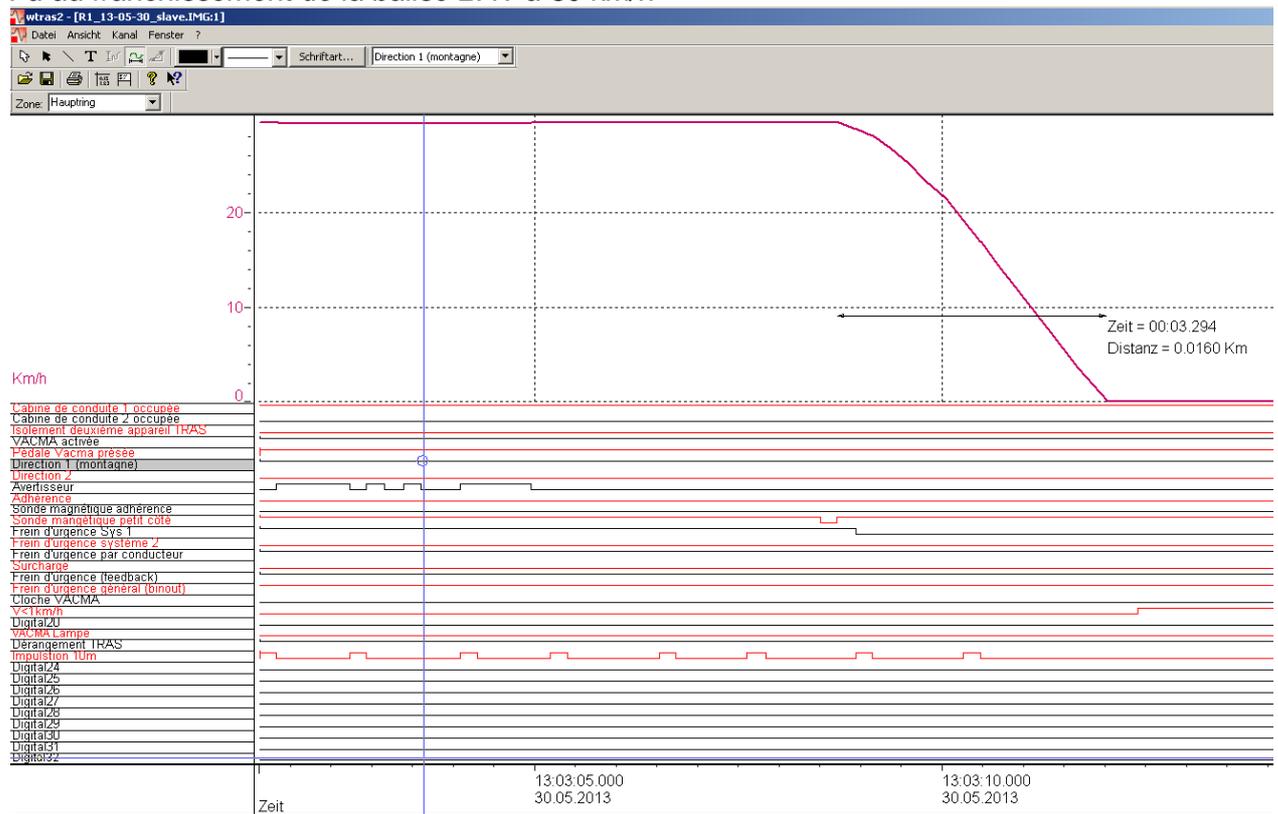
Ce Fu est déclenché par deux appareils distincts :

- La centrale tachymétrique (TRAS) qui de par la brève commutation en surveillance de 150°/oo déclenche un Fu par survitesse
- L'électronique de commande qui surveille également la vitesse maximale lors de l'entrée dans la zone de croisement.

5.1. Fu Balise aval

Le groupe de balise aval est franchissable avec une vitesse maximale de 30 km/h. Dans cette situation, le mécanicien n'a pas respecté la signalisation et se trouve en situation d'excès de vitesse. Au passage des balises, un fu est immédiatement déclenché.

Fu au franchissement de la balise BAV à 30 km/h

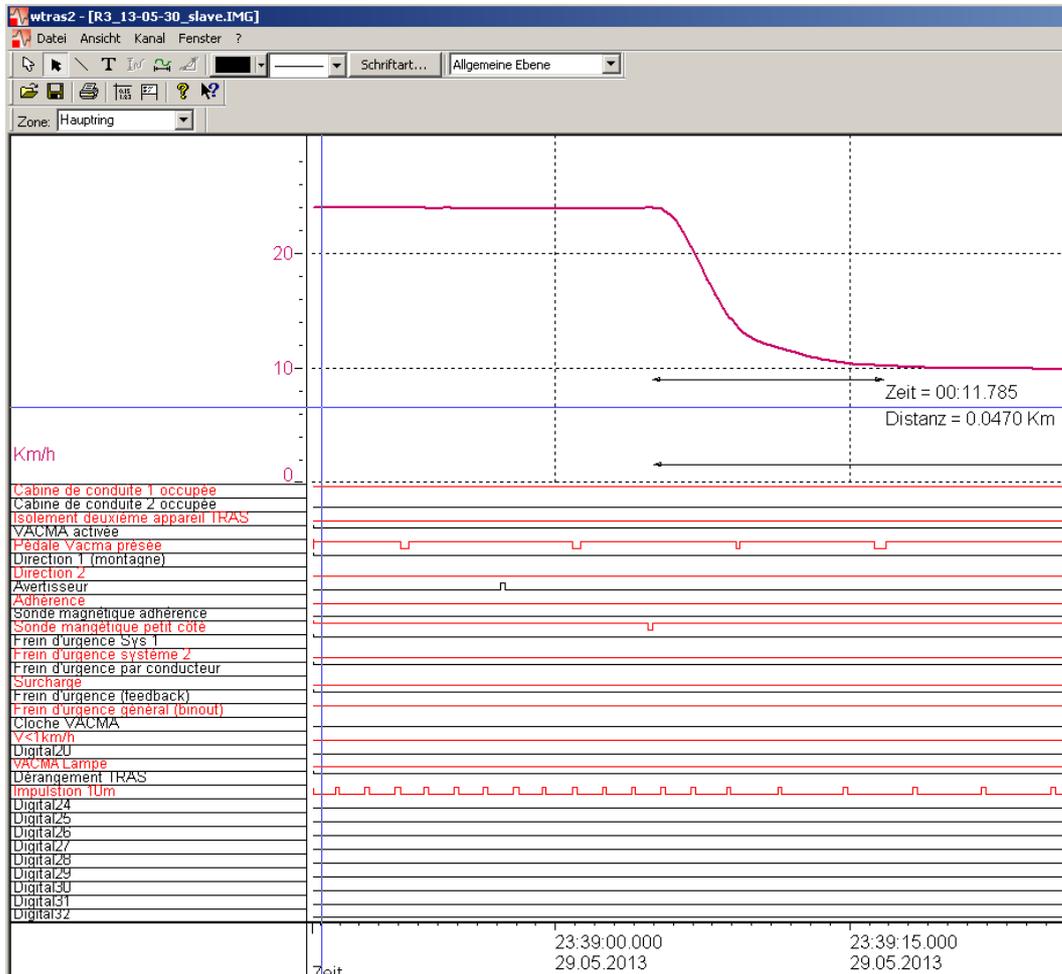


Avec un fu déclenché à 30 km/h au niveau de la balise BAV, la distance nécessaire à l'arrêt est de 16m. Avec une balise placée 55m en aval du croisement, le convoi sera donc à l'arrêt avant la pointe de l'aiguillage.

5.2. Réduction de vitesse balise aval

Si le mécanicien ne respecte pas la réduction de vitesse et franchit le groupe de balises aval à la vitesse de 24 km/h, la vitesse de consigne maximale est immédiatement réduite à 10 km/h.

Réduction à 10 km/h au franchissement de la balise BAV

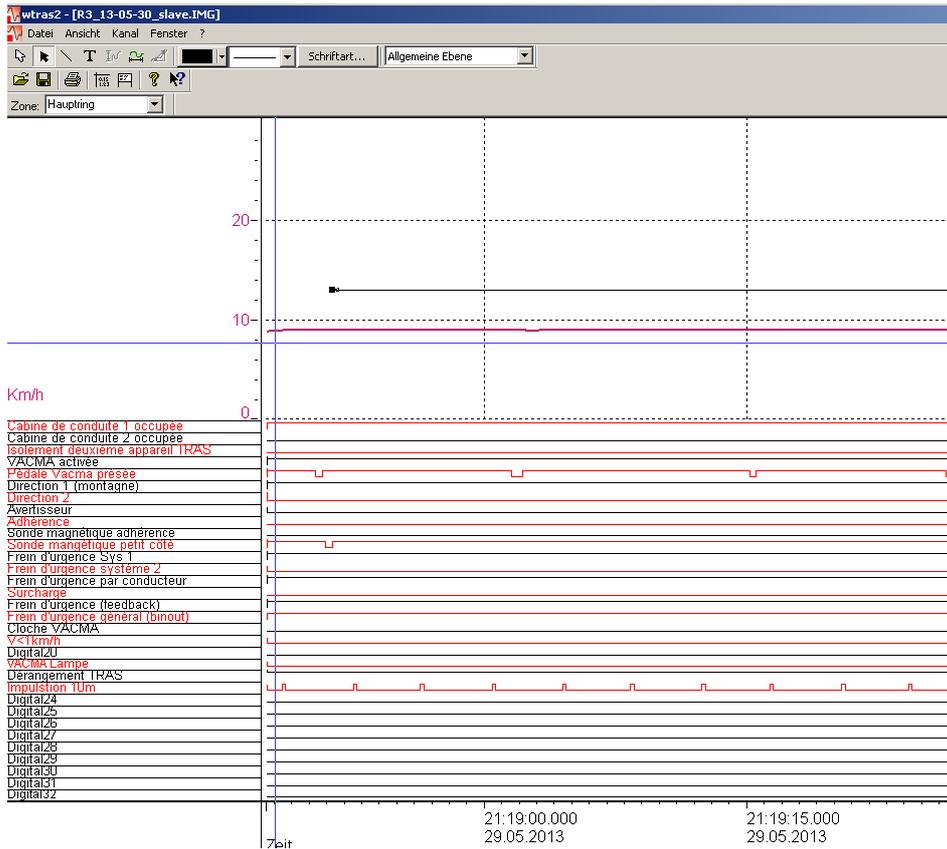


Sur une distance de 47m, le convoi passe à la vitesse maximale de 10 km/h. La balise étant placée à 55m de la pointe de l'aiguillage, le ralentissement a donc lieu avant l'entrée dans le croisement.

5.3. Passage normal de la balise aval

Si toutes les consignes sont respectées, le mécanicien franchira la balise aval à la vitesse maximale de 10 km/h. Au-delà de la balise il ne pourra plus accélérer à une vitesse supérieure à 10 km/h.

Passage de la balise BAV à 10 km/h

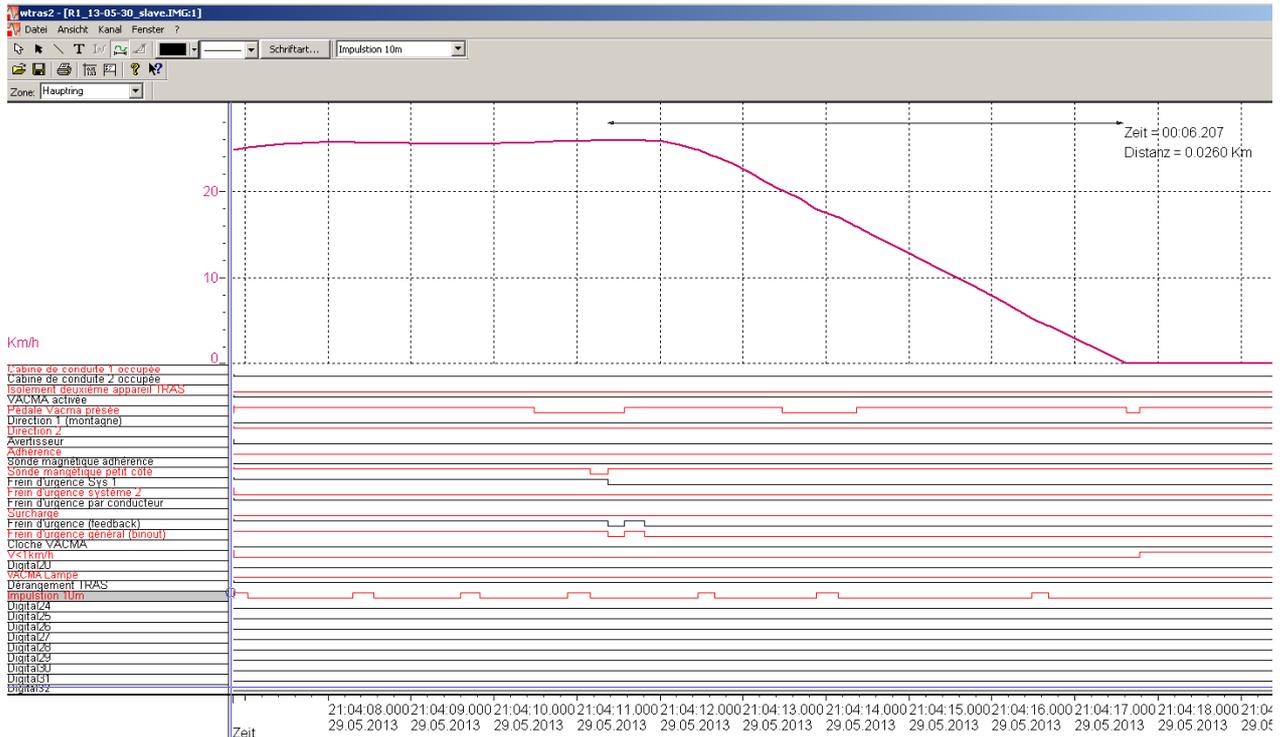


La vitesse maximale est limitée à 10 km/h, il n'est plus possible d'accélérer.

5.4. Fu Balise amont

Le groupe de balise amont est franchissable avec une vitesse maximale de 27 km/h. Dans cette situation, le mécanicien n'a pas respecté la signalisation et se trouve en situation d'excès de vitesse. Au passage des balises, un fu est immédiatement déclenché.

Fu au franchissement de la balise BAM à 27 km/h



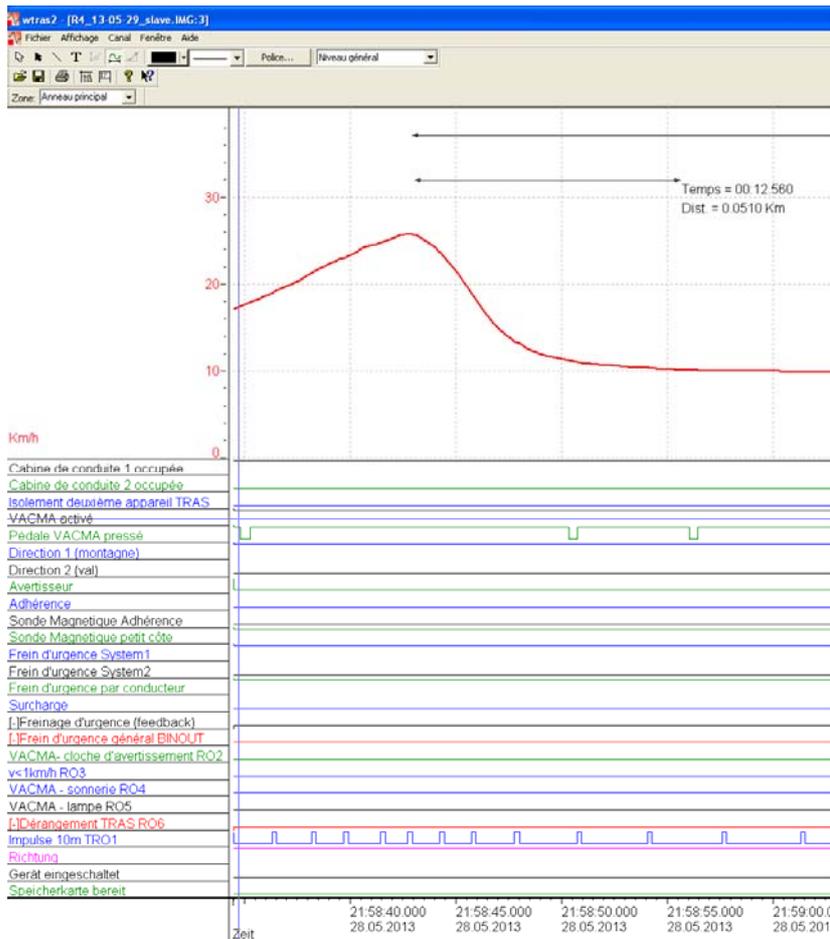
La distance nécessaire à l'arrêt est de 26m. La balise est placée à 75m du croisement. De cette distance, il faut déduire la longueur d'une rame, étant donné que la sonde magnétique est placée sous la cabine amont. Au moment du passage sur la balise ils restent donc 55m entre l'avant de la rame et la pointe de l'aiguillage.

Le fu par survitesse garantit l'arrêt avant l'aiguillage.

5.5. Réduction de vitesse balise amont

Si le mécanicien ne respecte pas la réduction de vitesse et franchit le groupe de balises amont à la vitesse de 24 km/h, la vitesse de consigne maximale est immédiatement réduite à 10 km/h.

Réduction à 10 km/h au franchissement de la balise BAM



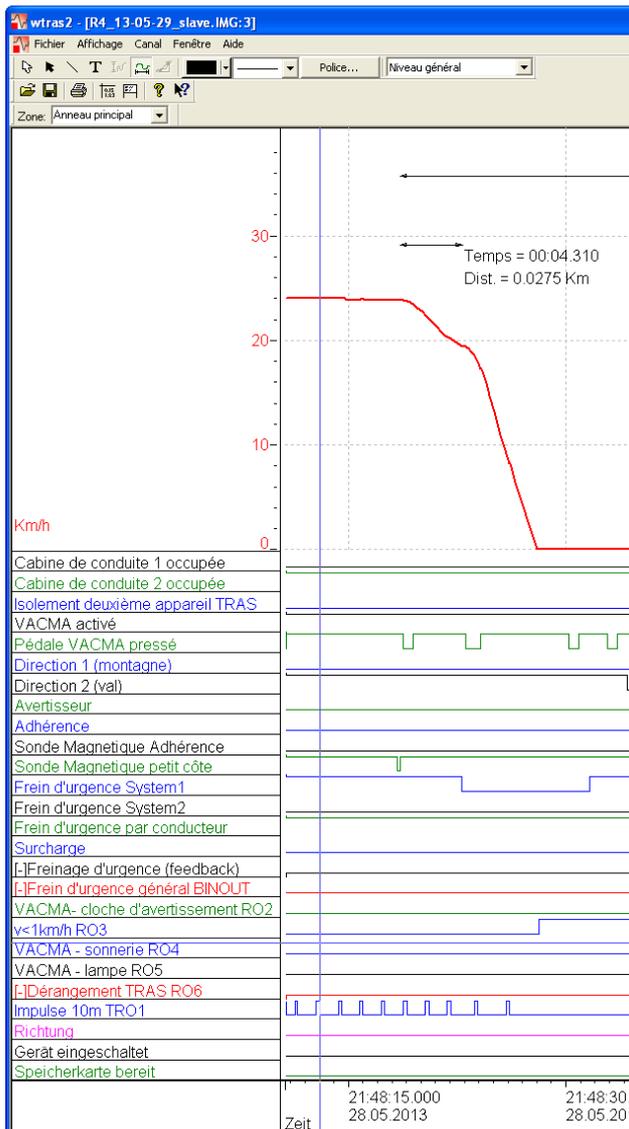
Il faut au régulateur de vitesse 51m pour stabiliser la vitesse à 10 km/h. L'aiguillage sera donc franchit à cette vitesse maximale.

5.6. Fu par décélération insuffisante

Depuis le groupe de balises à l'entrée de la zone de croisement et jusqu'à l'aiguillage, la surveillance de survitesse passe linéairement de 24,5 à 13 km/h en 55m. Si la décélération à l'entrée dans le croisement n'est pas suffisante, un fu est déclenché.

Ce fu est testé à la décente en annulant l'effort du frein électrique.

Fu suite à une décélération insuffisante

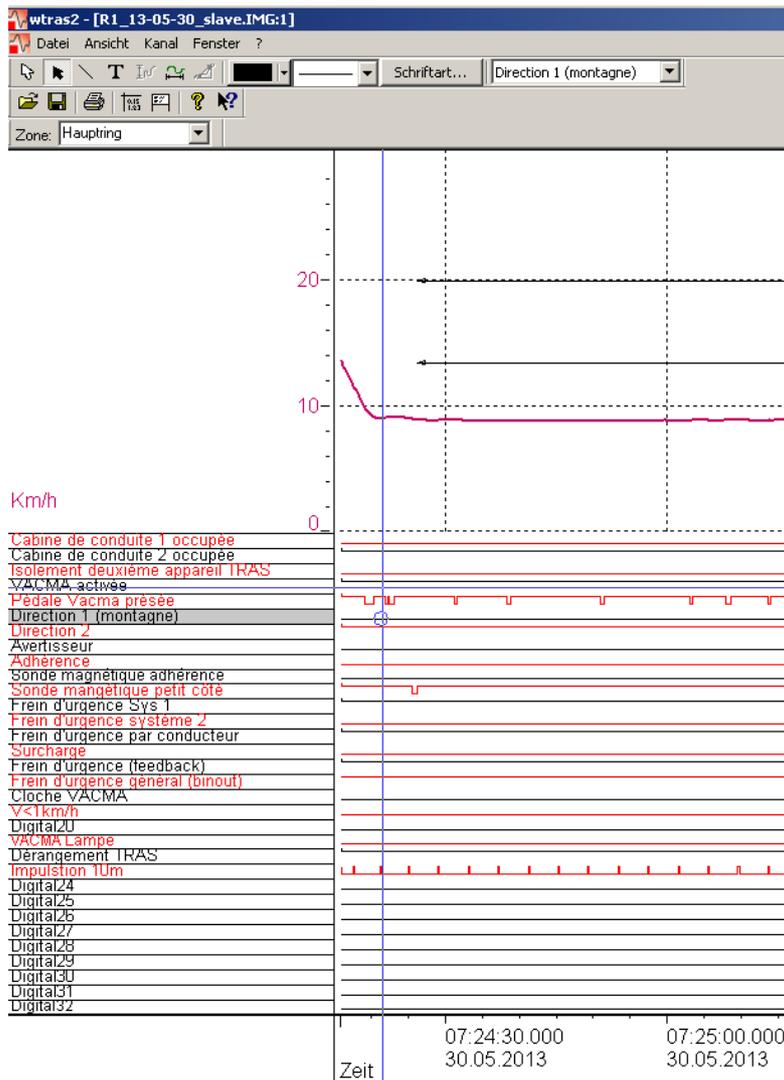


Le fu garantit que l'aiguillage n'est pas abordé par la pointe à plus de 10 km/h.

5.7. Passage normal de la balise amont

Si toutes les consignes sont respectées, le mécanicien franchira la balise amont à la vitesse maximale de 10 km/h. Au-delà de la balise il ne pourra plus accélérer à une vitesse supérieure à 10 km/h.

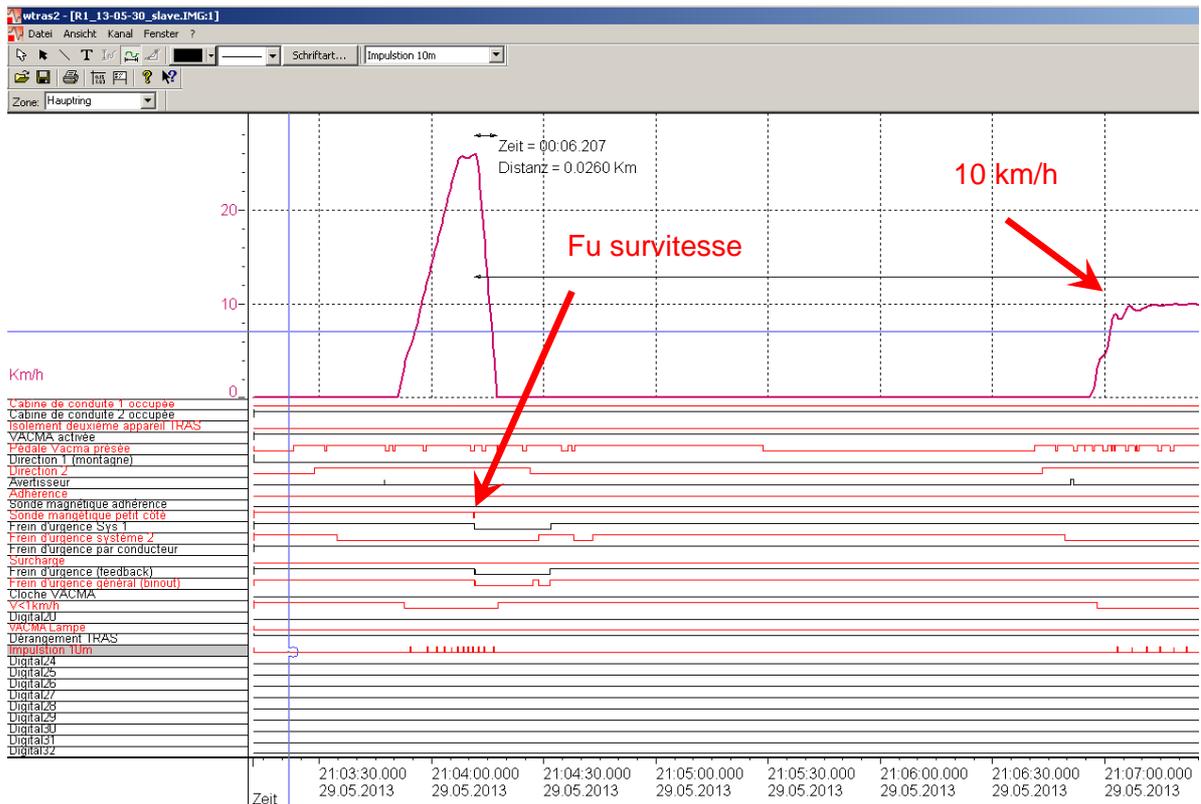
Passage de la balise BAM à 10 km/h



Après le franchissement de la balise BAM, la vitesse est limitée à 10 km/h, le mécanicien ne peut plus accélérer.

5.8. Comportement suite à un fu

Un fu doit dans tout les cas être quittancé par un serrage maximum du frein système 1. La vitesse maximale est ensuite limitée en fonction de la distance parcourue dans la zone de croisement.



6. Arrêt obligatoire avant le signal de sortie

Le mécanicien doit arrêter son convoi avant le signal de sortie. A cet effet, un panneau « arrêt obligatoire » a été installé. Lorsque le signal est mis à voie libre et avant de mettre le convoi en marche, le mécanicien doit s'assurer que la position de l'aiguillage de sortie correspond bien à son itinéraire.

145m après le franchissement du groupe de balises (il est tenu compte des 20m de la rame à la descente) un fu est déclenché si l'arrêt n'a pas été respecté.

Pour des raisons de confort, la vitesse est au préalable réduite. Entre 125m et 135m celle-ci passe linéairement de 10 à 2 km/h (en traction 2 km/h possibles, en freinage électrique environ 4 km/h). Cette réduction s'accompagne également d'une surveillance de décélération, menant au fu si elle n'est pas suffisante.

6.1. Montée

Arrivée dans la zone de croisement avec vitesse gérée par la SAA



La vitesse maximale est d'abord abaissée à 10 km/h. Cette vitesse est atteinte 52m après le passage du groupe de balises. A l'approche du panneau « arrêt obligatoire » la vitesse est abaissée à environ 2 km/h. Finalement, un fu est déclenché à 145m.

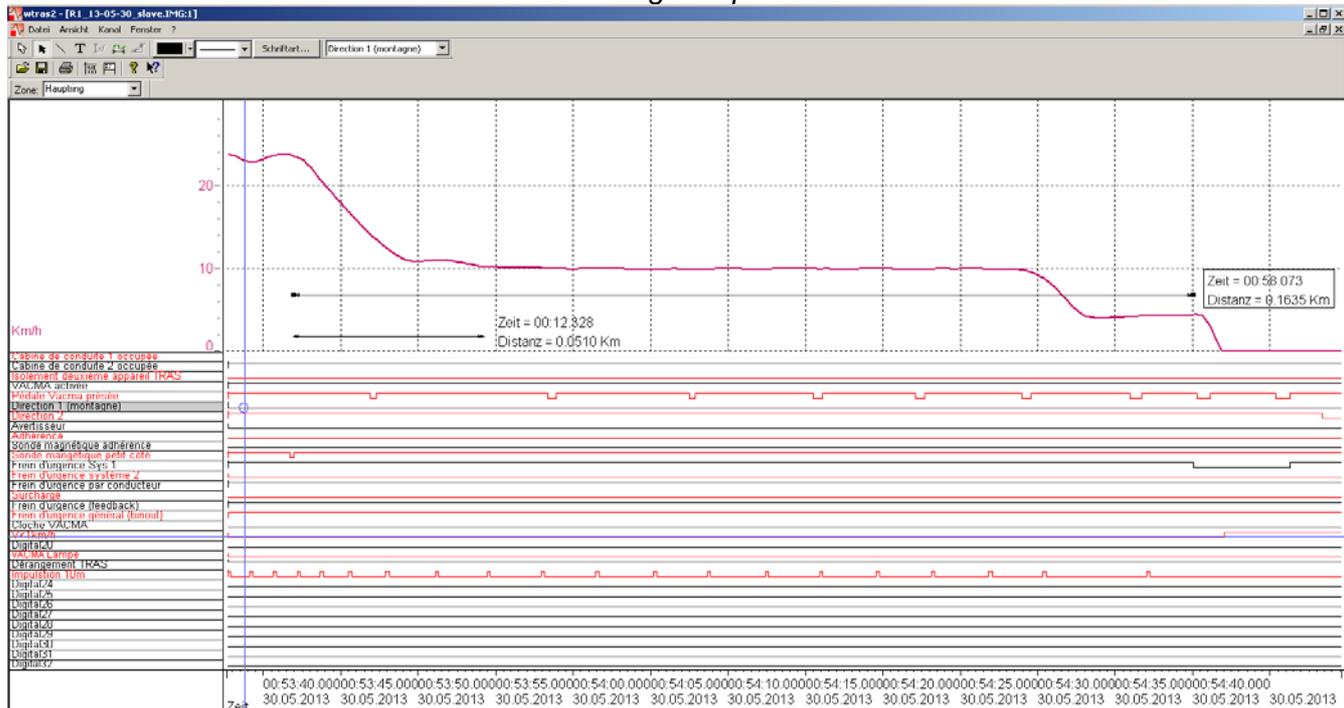
Point d'arrêt après fu à la montée



L'implantation des panneaux par rapport aux balises n'est pas exactement symétrique. Les distances programmées dans la SAA sont ajustée pour garantir l'arrêt avant le panneau aval, ou les conséquences d'un talonnage sont plus importantes.

6.2. Descente

Arrivée dans la zone de croisement avec vitesse gérée par la SAA



La vitesse maximale est d'abord abaissée à 10 km/h. Cette vitesse est atteinte 51m après le passage du groupe de balises. A l'approche du panneau « arrêt obligatoire » la vitesse est abaissée à environ 4 km/h. Finalement, un fu est déclenché à 165m, ce qui correspond à 145m depuis la cabine aval du véhicule.

7. Limitation de vitesse sur l'aiguillage de sortie

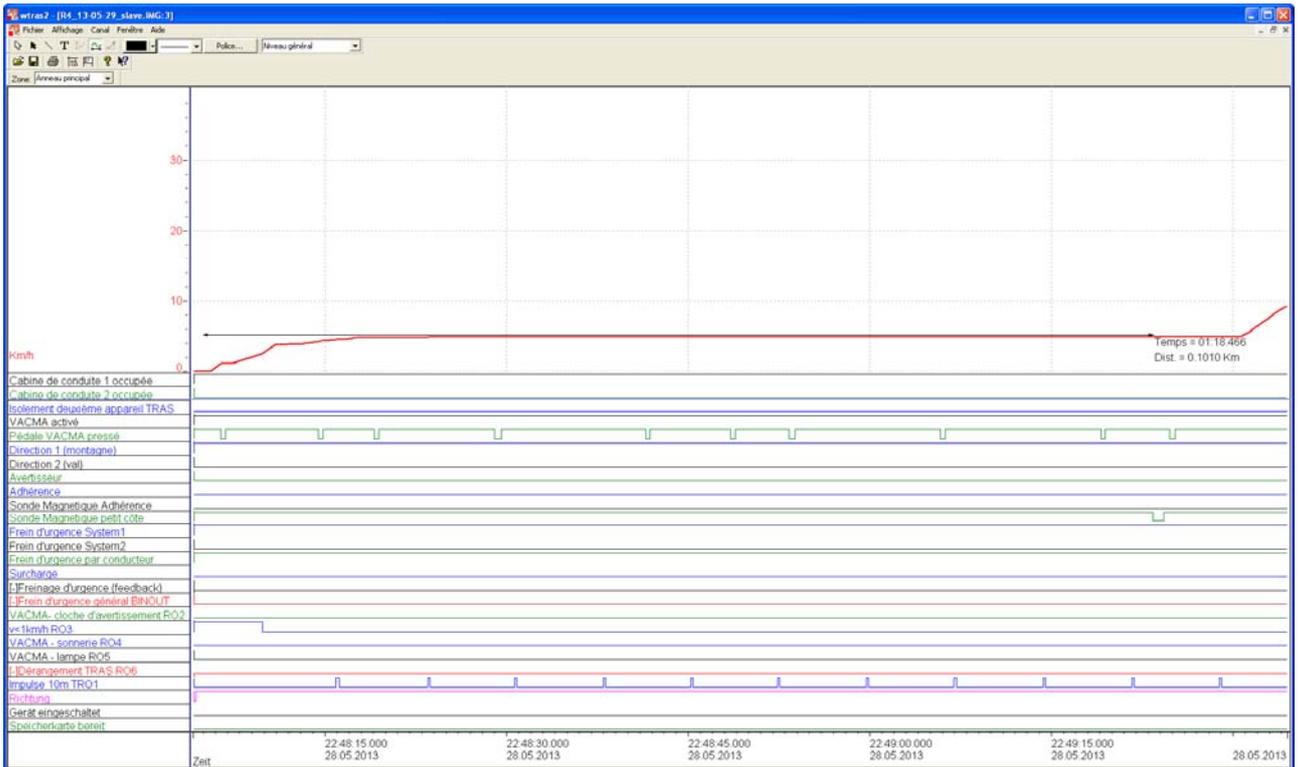
Lorsque l'arrêt avant le panneau « arrêt obligatoire » est respecté, la marche peut se poursuivre à la vitesse maximale de 5 km/h. Un fu est déclenché à 6 km/h.

La vitesse maximale de 5 km/h est maintenue jusqu'à ce que l'aiguillage soit dégagé. Cette distance est fixée à 250m depuis la balise d'entrée.

Cette fonction n'était pas prévue dans le cahier des charges original. Elle a été rajoutée, car la circulation à 5 km/h jusqu'à la balise de sortie crée un retard non négligeable sur l'horaire.

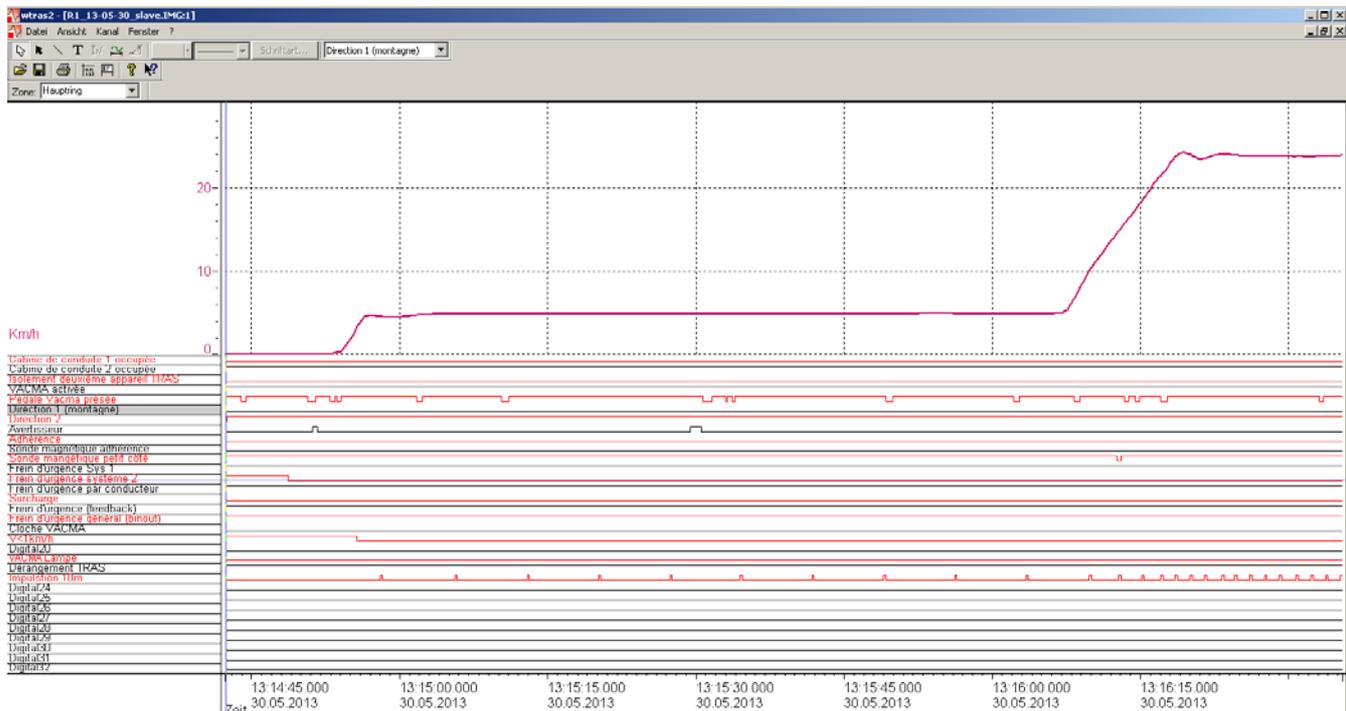
7.1. Limitation de vitesse

Limitation de la vitesse à 5 km/h, pas de réaction jusqu'à la balise



Lorsque l'aiguillage est dégagé ou lorsque la zone de croisement se termine, la vitesse maximale est à nouveau augmentée. Il n'y a pas d'accélération automatique, le mécanicien doit accélérer lui-même son convoit.

Accélération avant la balise de sortie

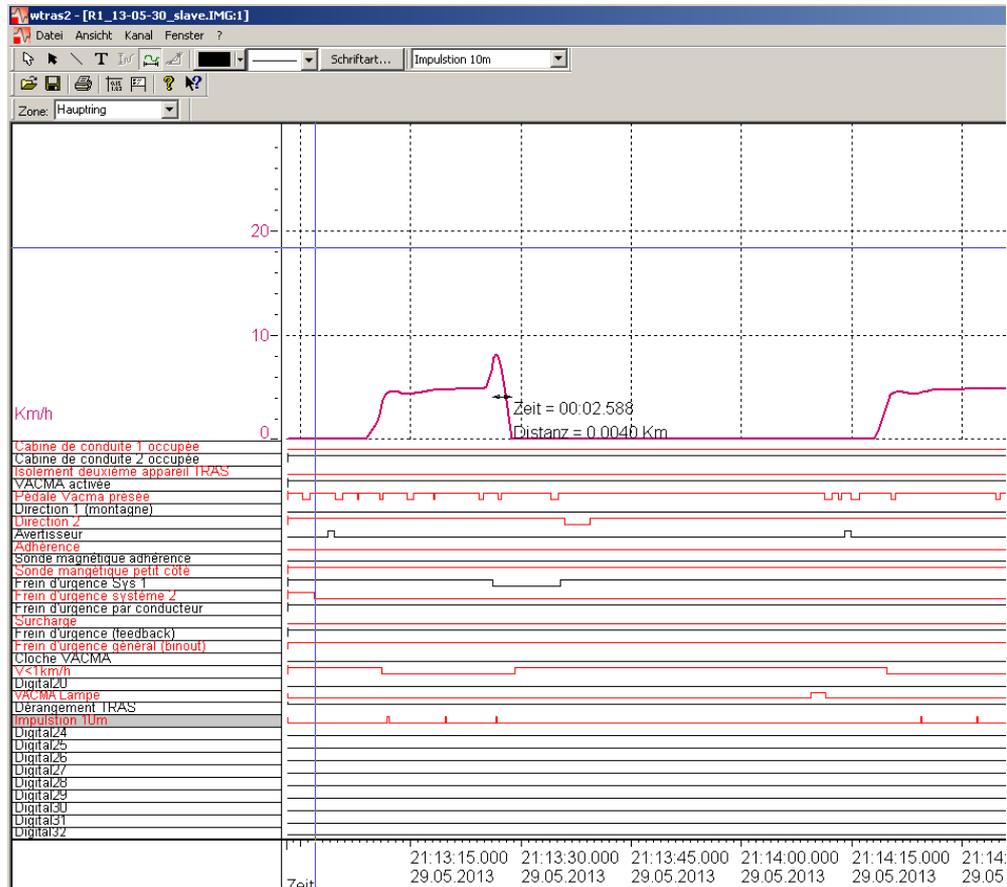


Dès que l'aiguillage est dégagé, le bourdonneur retentit et le mécanicien peut à nouveau accélérer.

7.2. Fu par survitesse

Si la vitesse de 5 km/h n'est pas respectée, un fu est déclenché à 6 km/h.

Fu à 6 km/h



A 6 km/h, la distance nécessaire pour l'arrêt est de 4m. Après le fu, la vitesse est toujours limitée à 5 km/h.

8. Cas particuliers d'exploitation

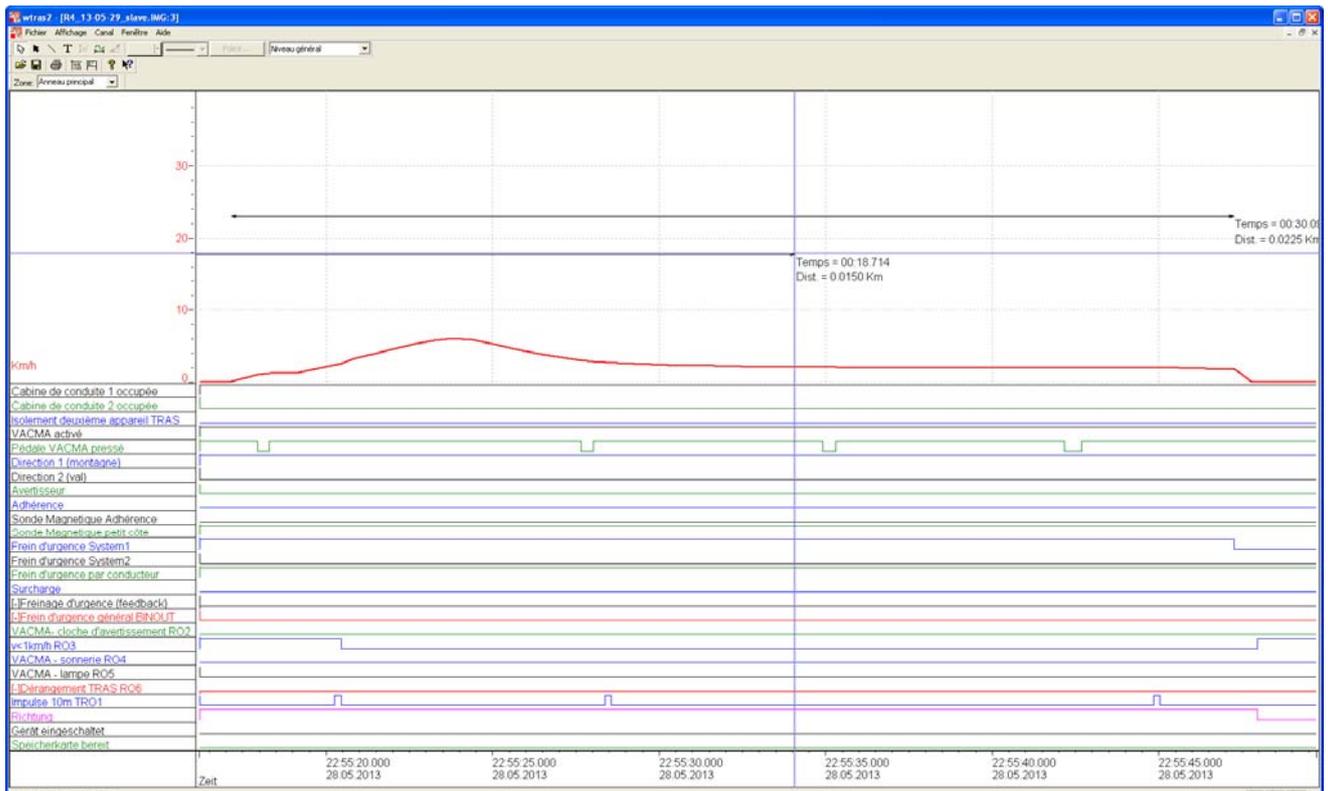
8.1. Rebroussement en us

Une rame arrive dans la zone de croisement et s'arrête. Le mécanicien change de poste de conduite et repart dans la direction opposée.

Dans ce cas, l'arrêt avant le panneau reste obligatoire. Pour ce faire, la distance entre les deux groupes de balises a été mesurée. Il est paramétré à 277m.

A l'aide de cette distance, l'électronique peut évaluer la distance qui aurait été parcourue si la balise opposée avait été franchie, et applique les mêmes restrictions de vitesse et fu.

Rebroussement en US



Dans le cas présent, la rame est entrée dans la zone de croisement par le groupe de balise amont et s'est immobilisée avant le panneau aval. Le mécanicien a ensuite changé de poste de conduite. Il a redémarré en direction du panneau arrêt obligatoire amont. La vitesse maximale au démarrage était de 10 km/h. Elle est ensuite ramenée à 2 km/h avec un fu au niveau du panneau d'arrêt amont.

Ces essais ont été effectués dans les deux sens de marche.

8.2. Rebroussement en um

La procédure pour le rebroussement en um est identique au rebroussement en us. Chaque rame mesure la distance à partir de son propre passage sur le groupe de balises.

Lorsque le mécanicien change de rame et de cabine de conduite, chaque rame connaît sa distance fictive parcourue depuis la balise opposée.

Les essais de rebroussement en um ont été effectués dans les deux sens de marche

8.3. Mise hors service du véhicule dans la zone SAA

Lorsque le ou les véhicules sont déclenchés, l'électronique de commande n'est plus alimentée. La majorité des informations est perdu.

Dès que le véhicule n'est plus occupé, les informations suivantes sont mémorisées dans la mémoire non volatile :

- Distance parcourue
- Sens de marche au moment de l'entrée dans la zone de croisement
- Zone de croisement active

Au redémarrage, le système SAA est initialisé par les valeurs présentes en mémoire non volatile.

Cet essai a été réalisé tant en us que en um. La SAA a systématiquement été initialisée avec les données enregistrées au moment où le mécanicien a déclenché son poste de conduite. Les réactions de la SAA qui s'en suivent sont conformes aux points précédents.

8.4. Annulation de la SAA

Lorsqu'un groupe de balises est détecté, la SAA devient active et applique les limitations vues aux points précédents.

Tant que le second groupe de balises n'est pas détecté, la SAA reste active. Cependant, la SAA s'annule automatiquement au plus tard 350m après son activation. Le bourdonneur retentit.

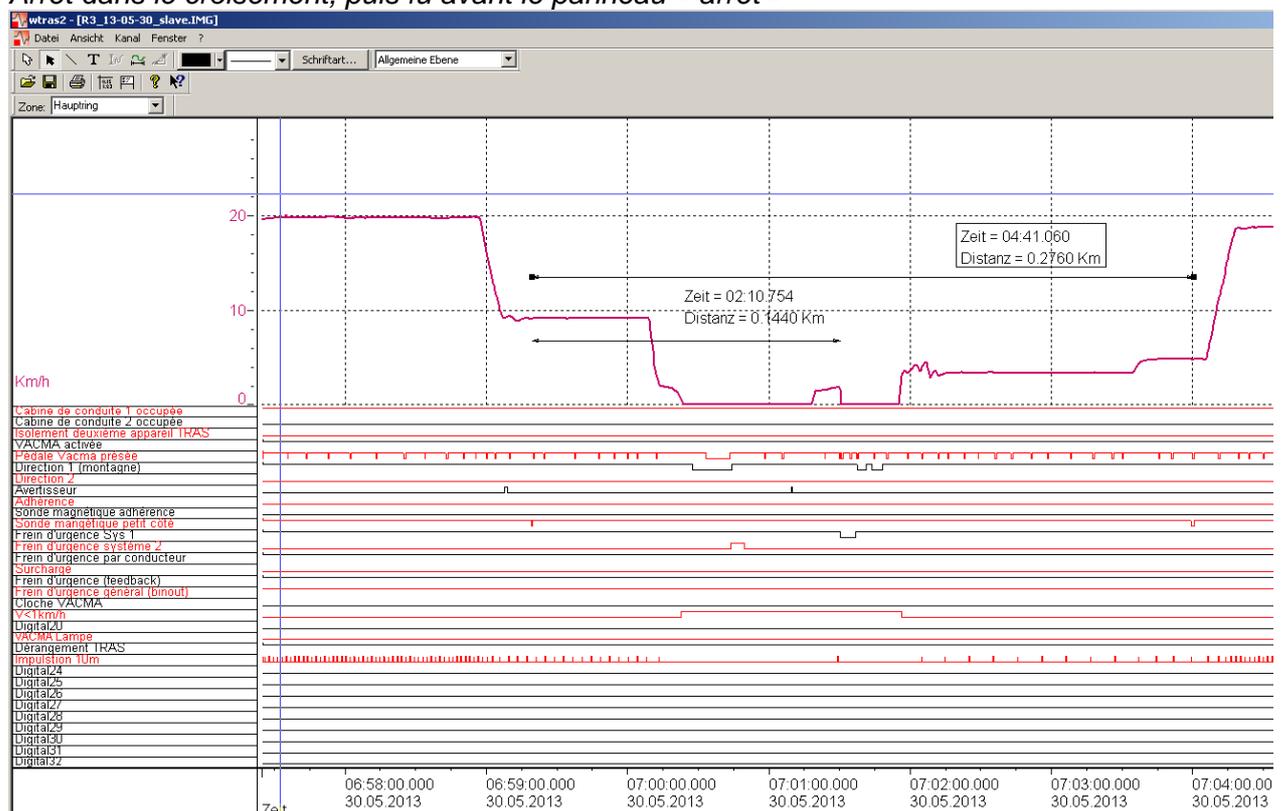
Pour réaliser cet essai, le paramètre fixant la distance maximale entre deux balises a été placé à 0,5 m avant le passage du second groupe de balises.

8.5. Arrêt dans la zone de croisement

L'arrêt avant le panneau « arrêt » est impératif. Il n'est pris en compte que si le mécanicien s'arrête dans une distance comprise entre 120 et 145m depuis l'entrée dans la zone de croisement.

S'il s'arrête dans le croisement mais pas immédiatement devant le panneau, cet arrêt n'est pas pris en compte. Un ralentissement suivi d'un fu sera appliqué au niveau du panneau « arrêt »

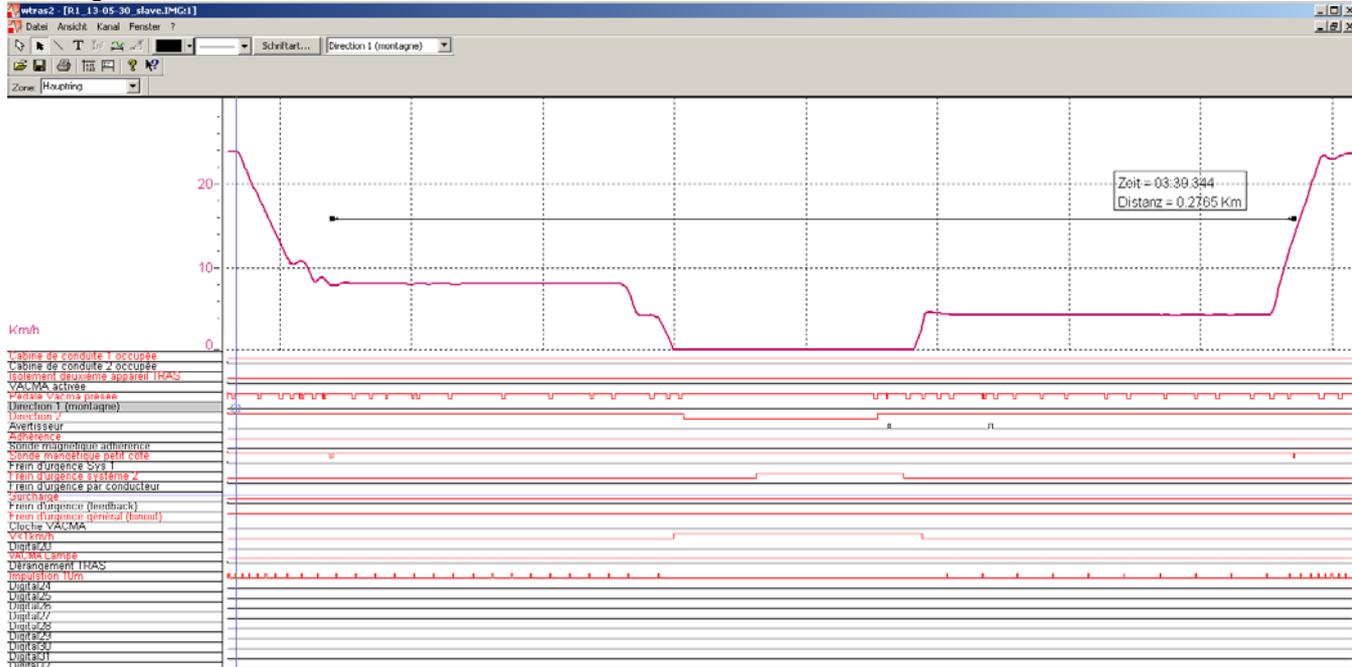
Arrêt dans le croisement, puis fu avant le panneau « arrêt »



9. Utilisation normale du croisement

Si toutes les consignes de vitesse et d'arrêt sont respectées, la SAA n'entre pas en action.

Passage normal de la zone des muletiers



La SAA ne déclenche aucun fu et applique les limitations de vitesse.

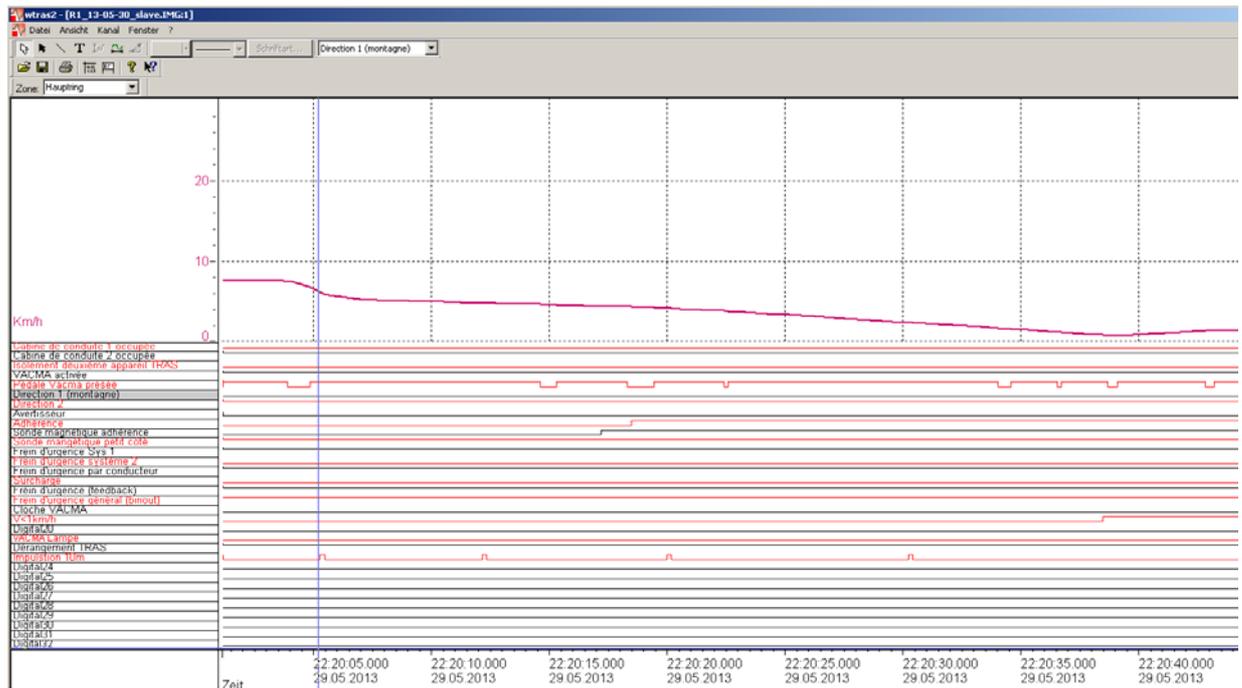
10. Autres fonctions des balises

Les fonctions de base des balises sont la surveillance des commutations adhérence/crémaillère ainsi que la surveillance de la rampe.

Ces fonctions n'ont connue aucune modification. Il fut cependant procédé à un essai de ces fonctions suite aux essais de la SAA.

10.1. Balise Adhérence / Crémaillère

Commutation normale de crémaillère à adhérence au passage de la balise.

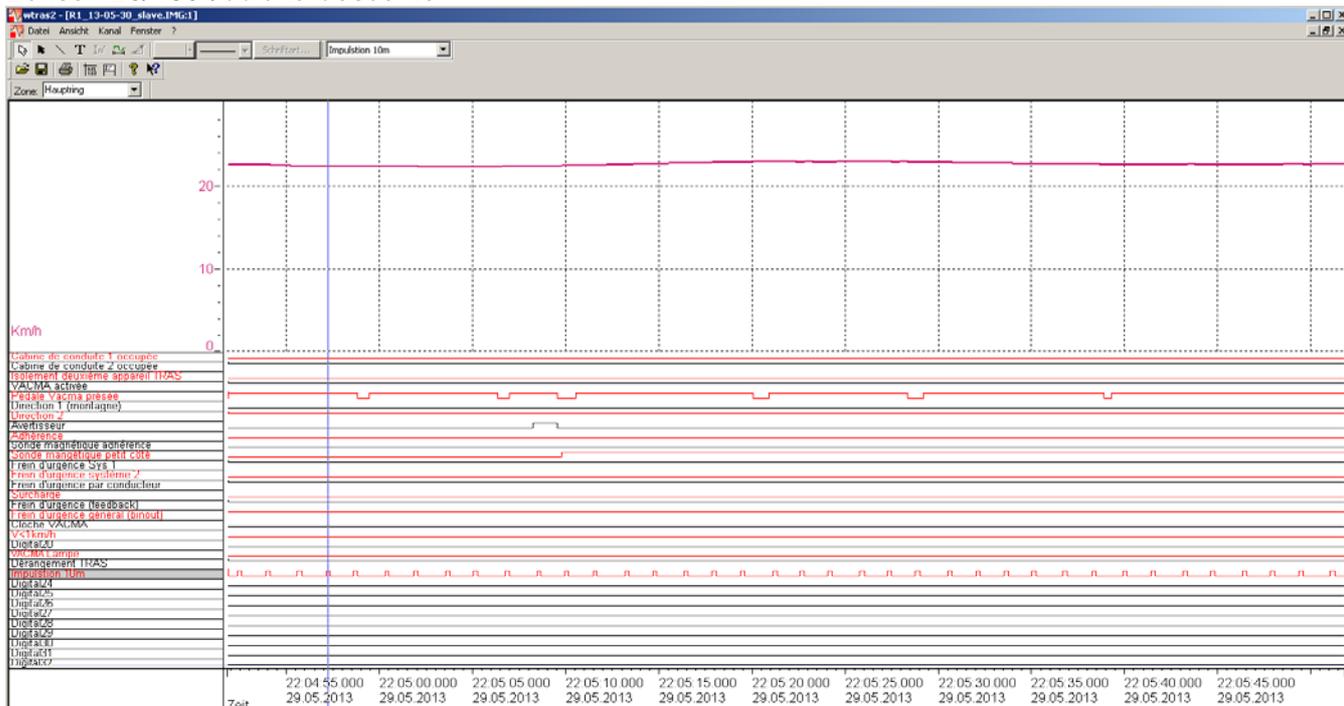


Au passage de la balise, et si le mécanicien a placé le commutateur sur adhérence, l'embrayage est commuté en adhérence.

Sans réaction de sa part, la surveillance de régime active le bourdonneur et la lampe témoin. Après 10s un fu est déclenché.

10.2. Balise 120°/oo 150°/oo

Balise 120/150°/oo à la descente



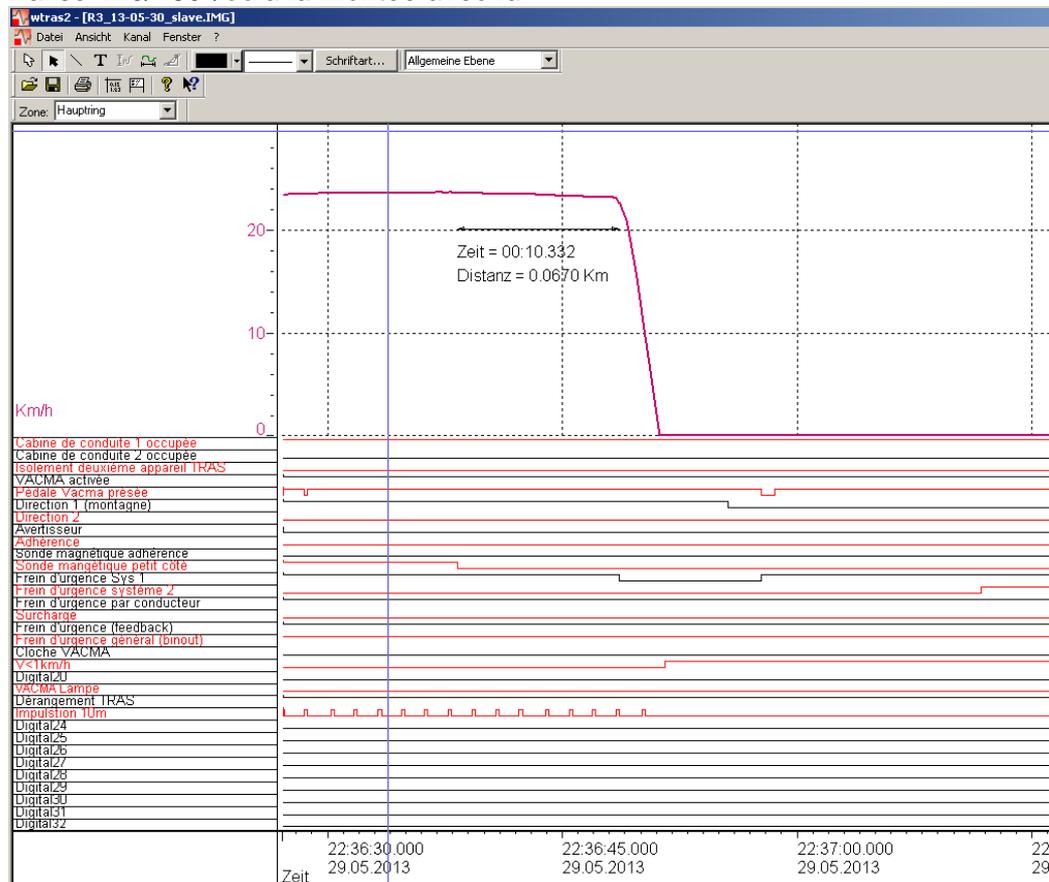
Le mécanicien commute sur 120°/00, le bourdonneur retentit brièvement. Le convoi poursuit normalement sa marche.

Balise 120/150°oo à la montée



Le mécanicien commute sur 150°oo, le bourdonneur retentit brièvement, le convoi poursuit normalement sa marche.

Balise 120/150°oo à la montée avec fu



Au passage de la balise, le bourdonneur retentit. Le mécanicien ne réagit pas et le commutateur reste en position 120°/oo.

Après 10s, la surveillance de régime déclenche un fu.

11. Implantation de la SAA

11.1.Support

La SAA est implantée dans l'électronique de commande du véhicule. Cette solution offre l'avantage de ne nécessiter aucune modification hardware aux véhicules.

L'électronique de commande est conçue avec un niveau SIL-0. Toutes les fonctions de sécurité (Commande des freins, survitesse, anti-recul, ...) sont réalisées en technologie à relais ou par la centrale tachymétrique TRAS.

Ces équipements n'ont connue aucune modification. Les essais effectués ont montré que ces fonctions restent opérationnelles, tel que lors de l'homologation par l'OFT.

11.2.Disfonctionnement de la SAA

Un disfonctionnement de la SAA mène à la non application de réductions de vitesse et de fu dans la zone de croisement. Un tel comportement fait suite à un non respect des consignes par le mécanicien.

Les surveillances de vitesse maximale à la montée comme à la descente restent active au niveau de la centrale tachymétrique TRAS.

Un disfonctionnement de la SAA est lié à un disfonctionnement de l'automate de bord. En cas de disfonctionnement de l'automate de bord, il n'est plus possible d'exercer d'effort de traction / freinage électrique. Le premier cas mène à l'arrêt, le second à un fu par survitesse déclenché par la centrale tachymétrique.

Lorsque l'alimentation de l'automate est interrompue, le relais de l'automate inséré dans la boucle du frein d'urgence chute et provoque un fu.

11.3.Manque des balises

Si des balises sont absentes, différents cas peuvent se présenter :

A l'entrée dans la zone de croisement

Si la seconde balise est manquante, la surveillance commute en rampe de 150°/oo. Sans réaction de la part du mécanicien, cette situation se traduit par un fu par la surveillance de régime. Le bourdonneur retentit en cabine.

Si la première balise est manquante, la surveillance de régime reste en rampe de 120°/oo. Le mécanicien remarquera l'absence de signal sonore au passage du panneau « Z »

Il est possible que le récepteur commute brièvement à 150°/oo à l'approche de la balise. En effet, celui-ci réagit au champ magnétique de la balise. Cette commutation ne peut être garantie.

A la sortie de la zone de croisement

Si la première balise est manquante, la surveillance de régime reste en rampe de 120°/oo. Le mécanicien remarquera l'absence de signal sonore au passage du panneau « R ». La SAA reste active. Elle s'annule automatiquement 350m après la balise signalant l'entrée dans la zone de croisement. Le véhicule peut donc à nouveau rouler normalement sur le reste du parcours.

Il est possible que le récepteur commute brièvement à 150°/oo à l'approche de la balise. En effet, celui-ci réagit au champ magnétique de la balise. Cette commutation ne peut être garantie.

Si la seconde balise est manquante, la surveillance de régime commute en rampe de 150°/oo. Sans réaction de la part du mécanicien, cette situation se traduit par un fu par la surveillance de régime. Le bourdonneur retentit en cabine.

12. Conclusion

La SAA constitue une solution relativement simple bien adaptée à la situation particulière du chemin de fer du Puy-de-Dôme.

Ce système augmente sensiblement la sécurité au niveau du croisement des Muletiers, conçu à l'origine pour une marche à vue.

Les essais effectués ont montrés que la SAA a dans tout les cas corrigé les erreurs de conduite du mécanicien en appliquant au besoin une réduction de la vitesse ou un fu. Durant les essais, il ne fut plus possible de franchir l'aiguillage d'entrée à plus de 10 km/h ni l'aiguillage de sortie à plus de 5 km/h.

Le conducteur est forcé à respecter un arrêt de sécurité avant le signal de sortie lui permettant le franchissement de l'aiguillage.

Les essais de régression effectuée sur les fonctions d'origine du système de surveillance de régime ont montrés que la SAA ne les affectait pas.

La séparation des fonctions sécuritaires du véhicule de l'automate de bord permettent également une nette séparation entre les fonctions sécuritaires homologuées à l'origine par l'OFT et cette nouvelle fonction.

Le but de la SAA n'est pas d'offrir une conduite automatisée mais uniquement de palier aux éventuelles erreurs de conduite du mécanicien.

Bussnang, le 13.06.2013
Pascal Wilhelm

1. Annexe 1 Caractéristiques de l'automate de bord



Selectron Systems AG

MTBF MAS-T Modules (MAS 73x-T, CPU 854-T)

MTBF calculations were done or reviewed by:

Schneider Electric Industries SAS
P&E Center / Technique & Innovation 7 SIS
38MM4 Meylan
22 Chemin du vieux Chêne

F-38240 Meylan

According to IEC 62380 first edition 2004-08, 40°C constant without cycle, continuous operation.

$$MTBF = \frac{1}{\text{Failure rate}}$$

This is a confidential information.

Results of the calculations:

Modules	Failure rate	MTBF in hours	MTBF in years	Product life cycle in years
AAT 732-TG/16B	641.5 fit	1'558'919	178	127
AAT 731-TG/12B	381.1 fit	2'623'794	299	138
AIT 731-TG/12B	343.1 fit	2'914'612	332	n.a.
CDT 731-TG (Rev. -)	631.18 fit	1'584'334	180	20** / 100*
CPU 854-T	1'304.7 fit	766'467	87.5	
CPU 831-TG	833.61 fit	1'199'601	137	20
CPU 731-TG	669.7 fit	1'493'121	170	149
CPU 733-TG/EMD	948.5 fit	1'054'316	120	149
CPU 733-TG/ESD	1'067.8 fit	936'507	107	149
CPU 733-TG/OGF	1'031.3 fit	969'697	111	149
DDC 732-TG	669.7 fit	1'493'121	170	149
DDT 732-TG/0.5A	651.7 fit	1'534'265	175	
DDT 732-TF/2A	595.0 fit	1'680'797	192	n.a.
DIT 733-TF	346.7 fit	2'884'433	329	n.a.



Selectron Systems AG

Modules	Failurerate	MTBF in hours	MTBF in years	Product life cycle in years
DOT 733-TR	253.9 fit	3'938'958	450	131
DOT 733-TR/S01	266.1 fit	3'757'586	429	131

* Limited because of life cycle of components

** Limited due to safety reasons

n.a. = not applicable

The technical data released in this document correspond to the latest known conditions at the time of publication, and this to the best of our knowledge. Remaining misprints and mistakes unfortunately cannot be excluded.

Lyss, 12.01.2009

