

RAPPORT D'ENQUETE



Collision frontale entre deux trains

Le 03 juillet 2008 à Hermalle sous Huy

Table des matières

Chapitre I : Résumé

Chapitre II : Les faits

1. Exposé des faits :
2. Informations, Interventions, mesures prises pour rétablir le trafic
3. Conséquences de l'accident
4. Conditions atmosphériques

Chapitre III : Ouverture de l'enquête par l'organisme d'Enquête Accidents ferroviaires

1. La décision d'enquêter et sa motivation.
2. Composition de la cellule d'enquête.

Chapitre IV: le contexte de l'accident

1. La ligne ferroviaire 125
2. L'infrastructure ferroviaire à Hermalle s/Huy
3. Le matériel roulant

Chapitre V : L'enquête

1. Eléments à la base de l'enquête

- A. Résumé des déclarations :
- B. Enregistrement de vitesse du train de voyageurs E2405
 1. Généralités
 2. Bande de vitesse
- C. Vérification technique après l'accident
- D. Essais effectués
- E. Effondrement de tension chez TECTEO

2. Succession des évènements

3. Analyse du signal K10

4. Conséquences de l'effondrement de tension
 1. Influence de l'effondrement de tension chez TECTEO sur les installations Infrabel.
 1. Scénario 1
 2. Scénario 2
 2. Schéma électrique du signal K10
 3. Influence de la chute de tension 110V et de son retour sur les relais
 4. Evolution de l'alimentation 110V sur le crocodile pendant la commutation
 5. Monocinétisme
 6. Evolution du signal K10 lors de l'approche du train
 1. Hypothèse 1
 2. Hypothèse 2

5 - Distance de visibilité du signal K10

6 - Influence de la rupture d'alimentation sur la conduite

7 - Modification du tracé permanent

8 - Occurrence d'évènements semblables

1. Effondrements de tension chez TECTEO
2. Remises intempestives de signaux à l'arrêt

9 - Connaissance de ligne du conducteur

1. Réglementation en vigueur
2. Le conducteur de train de voyageurs

10 - Comportement de l'accompagnateur de train

1. Extrait du manuel de l'accompagnateur de train
2. Extrait de la consigne Personnel Accompagnement des Trains
3. L'accompagnateur du train de voyageurs

Chapitre VI : Conclusions

1. cause directe
2. cause sous-jacente

Chapitre VII : Recommandations

ANNEXE 1 Fiche signalétique Automotrice Type AM83

ANNEXE 2 Fiche signalétique machine Diesel Type 77

ANNEXE 3 Eléments de signalisation

1. Le circuit de voie
2. Le block system à voie ouverte
3. Le crocodile
4. Le système « MEMOR »
5. Le tracé permanent

Chapitre I : Résumé

Le jeudi 03-07-2008 à 6h48, ligne 125 (Namur- Liège) le train de voyageurs E2405 entre en collision frontale avec le train de marchandises Z74070 à la borne kilométrique 19.215 située sur la commune de Hermalle s/Huy.

Le train de marchandises Z74070 est arrêté sur la voie A, de Liège à Namur, devant le signal C10 qui est au rouge.

L'itinéraire pour mener ce train vers le raccordement privé de Dumont – Wauthier (aiguillages 1A et 1B, voie B en contre - voie, aiguillage 2A) a été tracé en cabine de signalisation de Flémalle vers 06 h 45 après que le tracé permanent à Hermalle ait été supprimé.

Le train de voyageurs E2405 circule en voie B vers Liège. Surpris de voir le signal E10 au rouge (en protection de l'itinéraire vers le raccordement pour le train de marchandises) le conducteur du train amorce un freinage d'urgence. Il ne peut éviter de franchir ce signal, de talonner l'aiguillage 2A et de terminer sa course par une collision frontale avec le train de marchandises en voie A.

L'enquête a permis de constater que le système de signalisation, aussi bien au niveau infrastructure qu'au niveau équipement de bord, ne présentait aucune défaillance technique et que la visibilité des signaux K10 et E10 était satisfaisante.

L'analyse de la bande de vitesse du train voyageur indique par contre que le signal K10, qui précédait un signal E10 avec le feu au rouge ne montrait pas un feu double jaune comme on pouvait s'y attendre.

Ce constat trouve son explication dans la chute de tension que l'alimentation électrique de la signalisation subit peu avant ou à l'instant de passage du train de voyageurs au signal K10. Cette chute de tension à ce moment est confirmée par TECTEO.

Le rapport démontre que dans de telles circonstances le signal K10 s'éteint brièvement ou se met au rouge. Son crocodile n'a par conséquent pas la tension positive d'un signal double jaune et le système mémor n'est pas activé par le frottement de la brosse sur le crocodile au passage du train.

La collision est donc la conséquence directe du fait que le conducteur du train de voyageurs a omis d'amorcer un freinage à l'approche du signal K10. Normalement ce signal aurait dû présenter un feu double jaune, mais suite à la chute de tension dans l'alimentation électrique, il est passé au rouge ou était éteint.

L'accident devenait inévitable par l'absence d'équipement technique pour contrôler la marche des trains et occasionner automatiquement un freinage d'urgence lorsque le train dépasse un signal qui impose son arrêt ou qui est éteint.

Une des recommandations concerne ainsi l'urgence de la mise en place d'un système de contrôle automatique de la marche des trains et la nécessité de poursuivre sans relâche le programme en cours d'exécution.

En tout état de cause, il reste important que les entreprises ferroviaires continuent à sensibiliser leurs conducteurs aux risques de dépassement des signaux imposant l'arrêt et qu'ils veillent à ce que ces conducteurs ne soient sujet à la distraction lors de l'exécution de leur tâche. Il est en plus nécessaire que ces entreprises ferroviaires et le gestionnaire de l'infrastructure fassent en commun des analyses de risques sur les points du réseau où la problématique des dépassements de signaux reste récurrente.

Une dernière recommandation fait suite au constat que lors de la commutation, l'alimentation de secours présentait les mêmes défaillances que l'alimentation normale. Il serait dès lors indiqué que toute commutation lors d'une chute de tension soit précédée par un contrôle de la qualité de l'alimentation de secours et qu'à défaut d'une qualité satisfaisante, il soit procédé à une coupure complète de toute alimentation électrique.

Chapitre II : Les faits

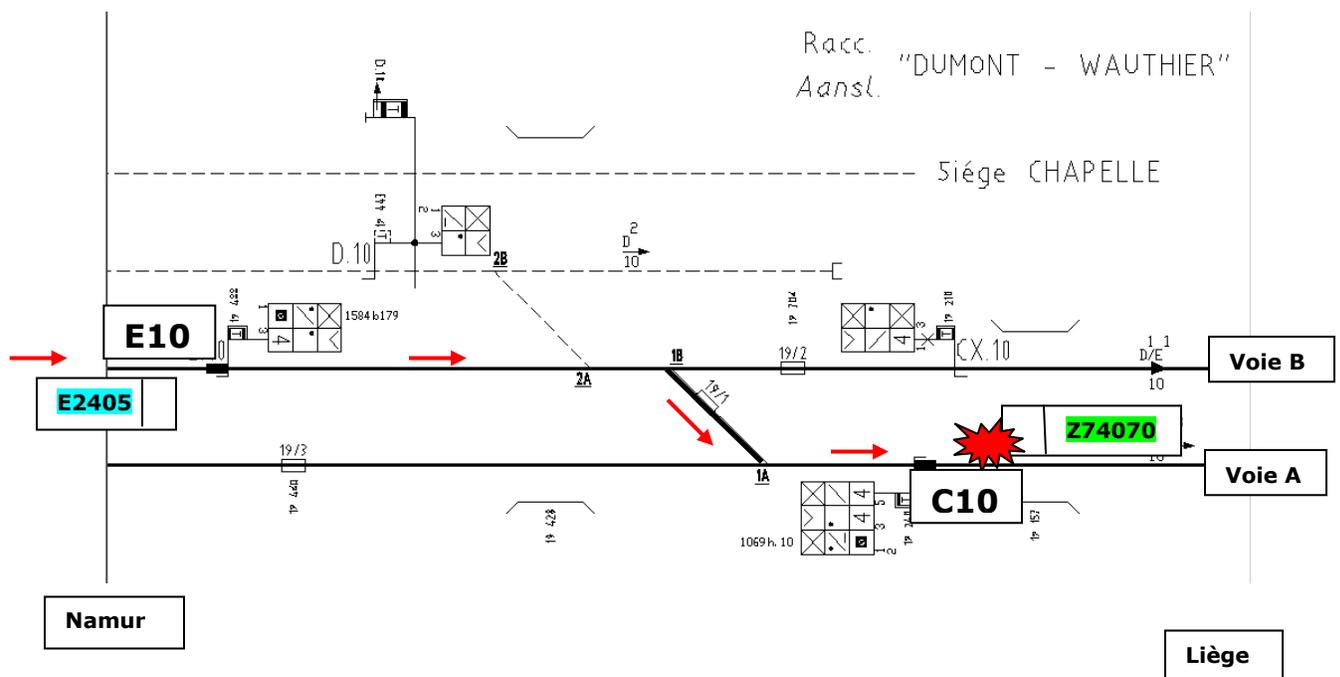
1. Exposé des faits :

A 6h48, le train E2405 composé d'une automotrice AM 429 circulant, voie B, de Namur à Liège, entre en collision frontale avec le train de marchandises Z74070 après avoir dépassé le signal E10 rouge (bk 19.488).

Il talonne l'aiguillage n°2 et franchit de ± 30 m les aiguillages 1A et 1B donnant accès à la contre-voie (voie A).

Le train de marchandises circulait de Liège à Hermalle s/Huy. Au moment de l'accident, il est à l'arrêt devant le signal C10 fermé (rouge).

Malgré le freinage d'urgence effectué par le conducteur du train de voyageurs, sa vitesse au moment de l'impact était encore de 50 km/h. Le choc fait reculer le train de marchandises d'environ 30 mètres.



2. Informations, Interventions, mesures prises pour rétablir le trafic

Jeudi 03/07/08

A 6h48, le train E2405 composé d'une automotrice AM 429 circulant, voie B, de Namur à Liège, entre en collision frontale avec le train de marchandises Z74070

A 6h49, l'accompagnateur du train E 2405 informe le Security Operation Center (SOC - centrale d'appel qui prend en charge les appels aux services de secours), des blessés graves seraient à déplorer.

A 6h51, Traffic Control (TC) informé par Security Operation Center.

A 6h52, vaine tentative d'appel du 100 par SOC.

A 6h53, TC informe BL45 et les gares L 125 (Namur, Huy, ...), le COC, les CTC et CPA.

Des API et Buddy sont envoyés sur place.

A 6h54, le SOC informe le service 100 et les services de police.

A 7h15, 4 bus sont commandés au TEC Liège pour assurer un service de navettes entre Flémalle-Haute et Huy.

A 9h30, la situation des blessés, communiquée par les services de secours sur place, est de :

2 blessés très graves, 13 graves, 23 légers, 20 très légers.

Les conducteurs et l'accompagnateur comptent parmi les blessés légers.

A 10h00, les services sur places informent TC que le parquet descend sur les lieux et que les voies ne peuvent être libérées.

A 15h05, le block 7 de Flémalle-Haute récupère le contrôle de la liaison 1 (A+B) dans les deux positions.

Les trains omnibus circulant entre Herstal et Statte sont supprimés entre Flémalle-Haute et Statte et remplacés par un service de bus et vice versa.

Certains trains sont supprimés entre Bruxelles- Huy, les rames sont acheminées à vide via ligne 144 et 130 pour Ronet.

A 17h22, le block 7 de Flémalle-Haute récupère le contrôle de l'aiguillage 2A à Hermalle-sous-Huy dans les deux positions suite à l'intervention des services d'Infrabel.

A 20h10, T.C. est informé que le Parquet n'autorise pas la reprise des circulations avant demain matin. Des tests seront effectués

dans la matinée du 4 courant avant de recevoir l'autorisation de reprendre les circulations.

Vendredi 04/07/08

A 21h28, la voie B est remise en service

Dimanche 06/07/08

A 5h58, la voie A est remise en service

3. Conséquences de l'accident

1. humaines :

2 blessés très graves, 13 blessés graves, 23 blessés légers, 20 blessés très légers.

Les conducteurs et l'accompagnateur comptent parmi les blessés légers.

2. matérielles :

Dégâts au matériel roulant : 50.000 € pour les réparations provisoires, les réparations définitives n'ayant pas encore été exécutées.

Trains de voyageurs supprimés : 24

Trains de voyageurs partiellement supprimés : 156

Nombre de trains avec retard / total cumulé du retard :

570 trains / 4382 minutes

Trains de marchandises supprimés : 40

Nombre de trains de marchandises avec retard / total cumulé du retard : 73 trains / 64.524 minutes

4. Conditions atmosphériques :

Elles étaient bonnes, il pluvait, les rails étaient mouillés. A cette heure, la clarté était bien présente.

La veille, intempéries et orages ont causé des inondations en de nombreux endroits.

Chapitre III : Ouverture de l'enquête par l'organisme d'Enquête Accidents ferroviaires

1. La décision d'enquêter et sa motivation.

Conformément à l'article 45 de la loi du 19 décembre 2006 relative à la sécurité d'exploitation ferroviaire l'Organisme d'enquête a pris, le 4 juillet 2008, la décision d'ouvrir une enquête sur la collision à Hermalle s/Huy. Cette décision est motivée par la gravité de l'accident : une collision frontale entre deux trains en voie principale avec un grand nombre de voyageurs blessés. De surcroît l'accident aurait dans des circonstances légèrement différentes pu être ` grave ` selon la définition de l'article 5, 10° de cette loi.

L'enquête diligentée indépendamment des enquêtes judiciaires vise à déterminer les causes de l'accident et non des responsabilités impliquées.

Elle a pour but de proposer des recommandations visant à prévenir la répétition de pareils accidents dans le futur.

2. Composition de la cellule d'enquête.

Conformément à l'article 4 de l'arrêté royal du 16 janvier 2007 portant la création d'un organisme d'enquête sur les accidents et incidents ferroviaires et déterminant sa composition, l'organisme d'enquête a décidé de faire appel à une expertise externe.

Dans le cas présent, l'Organisme d'enquête a fait appel à la SNCB-HOLDING et plus particulièrement à son service Sécurité et Environnement.

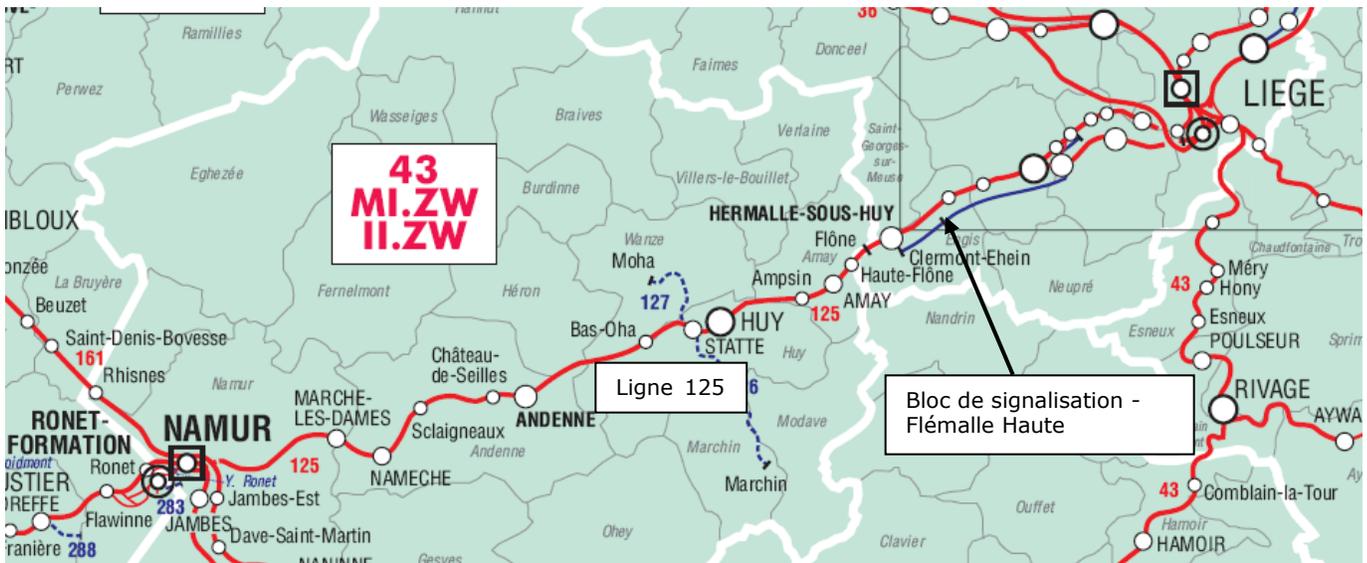
Les enquêteurs suivants ont participé à l'enquête :

- M Vansteenkiste Dirk, Ingénieur en Chef, Manager, SNCB Holding Sécurité Environnement.
- M Piette Claude, ingénieur industriel principal adjoint, responsable de la zone Charleroi.
- M Franche Thierry, ingénieur industriel, responsable de la zone Namur.

Chapitre IV: le contexte de l'accident

1. La ligne ferroviaire 125

L'accident s'est produit sur la ligne 125 Namur - Liège à la bk 19.215 sur la commune de Hermalle s/Huy.



La ligne 125 est une ligne qui constitue une partie de ce qu'on appelle « la dorsale wallonne ». Elle est à double voie et relie la gare de Namur à la gare de Liège. Elle est équipée d'une signalisation latérale à bloc automatique et la communication se fait par radio sol train.

2. L'infrastructure ferroviaire à Hermalle s/Huy .

La signalisation au niveau de Hermalle s/Huy est gérée par le bloc de signalisation de Flémalle Haute.

La distance de visibilité du signal K10 est d'environ 300m et de plus de 400m pour le signal E10. Ce qui est conforme à la réglementation.

L'alimentation électrique du poste haute tension de 15kV à Flémalle Haute se fait par une double liaison venant toutes deux du poste haute tension 70 kV de Ivoz.

La vitesse de référence sur la ligne 125 est de 120 km/h.

La ligne peut être considérée comme à trafic élevé puisqu'on dénombre :

162 Trains de voyageurs / jour

68 Trains de marchandises / jour

3. Le matériel roulant.

1. Train de voyageurs E2405 automotrice type Break série 83

La fiche signalétique de l'automotrice se trouve en annexe 1.



2. Train de marchandises Z74070 locomotive 77 + 4 wagons vides
charge réelle des wagons 94 tonnes.
La fiche signalétique de la locomotive se trouve en annexe 2.



Chapitre V : L'enquête

1. Eléments de base de l'enquête

L'enquête est basée sur les éléments suivants :

A. Les déclarations des personnes directement impliquées dans l'accident

Auditions :

A. Le conducteur de train de voyageurs est depuis plus de 6 ans attaché au dépôt de Liège.

B. L'accompagnateur de train à bord du train de voyageurs exerce cette fonction depuis 27 ans.

C. Le conducteur de train de marchandises exerce cette fonction depuis 5 ans.

D. Le sous-chef de gare dirigeant de la cabine de Flémalle Haute (service 6h00-14h00) exerce cette fonction depuis 9 ans.

E. Le sous-chef de gare dirigeant la cabine de Flémalle Haute (service 22h00-6h00) exerce cette fonction depuis 21 ans.

- Résumé de l'audition du conducteur du train de voyageurs

Il déclare qu'aux environs des quais de Haute Flone (\pm Bk 22.650), l'accompagnateur de train est entré dans le poste de conduite. Ce dernier s'est informé au sujet du ralentissement du train quelques instants auparavant.

Le conducteur répond à la question de l'accompagnateur.

Ce dernier s'assied sur le siège passager et se tait.

Le conducteur déclare être persuadé que les signaux sont au vert jusqu'au moment où il aperçoit le signal E 10 qui est au rouge, il effectue alors un freinage d'urgence.

Pendant le freinage, le conducteur vérifie l'état de la lampe de mémorisation. Celle-ci n'est pas allumée. Ce qui signifie que le train n'a pas rencontré de signal double jaune.

Lorsque le conducteur voit l'aiguillage tourné vers la voie voisine où il sait qu'il y a déjà un train sur un autre itinéraire cisailant, il se précipite avec l'accompagnateur hors du poste de conduite.

Le conducteur déclare que la visibilité était bonne, qu'il pluvait. Il n'était ni fatigué, ni malade. Il n'était ni sous influence d'alcool ni de produits stupéfiants.

- **Résumé de l'audition de l'accompagnateur du train de voyageurs**

Suite aux mauvaises conditions climatiques, les couloirs sous voies d'Amay et d'Ampsin sont inondés.

Pour des raisons de sécurité, le train de voyageurs ralentit à hauteur de ces deux gares.

L'accompagnateur s'informe auprès du conducteur des raisons de ces ralentissements.

A ce moment, il voit un signal à l'arrêt et aperçoit les feux blancs d'un train croiseur. il se précipite avec le conducteur hors du poste de conduite

- **Résumé de l'audition du conducteur du train de marchandises**

Depuis la gare de Flémalle Haute, le train de marchandises est précédé par un omnibus. Le train de marchandises ne peut donc rouler à une vitesse élevée. Le signal A180 en amont du signal C10 est double jaune lorsqu'il le franchit.

Le conducteur arrête son train au signal C10 qui est au rouge.

- **Résumé de l'audition du sous-chef cabine 06h00-14h00**

Il assure la prestation de 6h00 à 14h00

Au moment de l'accident, le sous-chef déclare qu'il était occupé à des tâches administratives. Il rédigeait des formulaires de réduction de vitesse pour les trains qui allaient passer par Ampsin et Amay. Suite aux mauvaises conditions climatiques, les couloirs sous voies étaient inondés.

Vers 6h48, il y a eu une interruption de courant (commutation) dans la cabine 15 kV de Flémalle Haute.

- Résumé de l'audition du sous-chef cabine 22h00-06h00

Il assure la prestation de 22h00 à 6h00.

Le sous-chef propose son aide pour les formalités administratives liées aux réductions de vitesse à appliquer aux trains. Ces réductions de vitesse sont imposées suite aux intempéries de la veille.

A 6h40, le train de marchandises Z74070 quitte la gare de Flémalle Haute en direction de Hermalle s/Huy.

Vers 6h45, suite à la marche prudente imposée au conducteur du E2405, l'itinéraire du C10 vers voie 3 à Hermalle s/Huy a été tracé pour le train de marchandises, d'autant que le Thalys se trouvait derrière lui.

L'itinéraire a été tracé pour permettre au E 2405 d'avancer jusqu'au signal E10.

Entre 6h45 et 6h50, l'éclairage en cabine de signalisation s'est éteint et rallumé 2 ou 3 fois, le personnel présent en cabine de signalisation a constaté une interruption de courant (commutation) dans la cabine 15 kV de Flémalle Haute. Rien d'anormal n'a été constaté dans les autres cabines de signalisation satellites.

A 6h51, le conducteur du E2405 s'est présenté au téléphone du signal C10 pour dire qu'il avait percuté frontalement un autre convoi.

B. Enregistrement de la vitesse du train E2405

1. Généralités

Chaque engin moteur qui assure un service de route doit être équipé d'un appareil enregistreur avec bande continue. Celui qui équipait le train E2405 était du type DEUTA ER 16.

La bande de vitesse se présente sous forme d'un rouleau de papier de 20 mètres de longueur qui permet l'enregistrement d'environ 4000km de parcours.

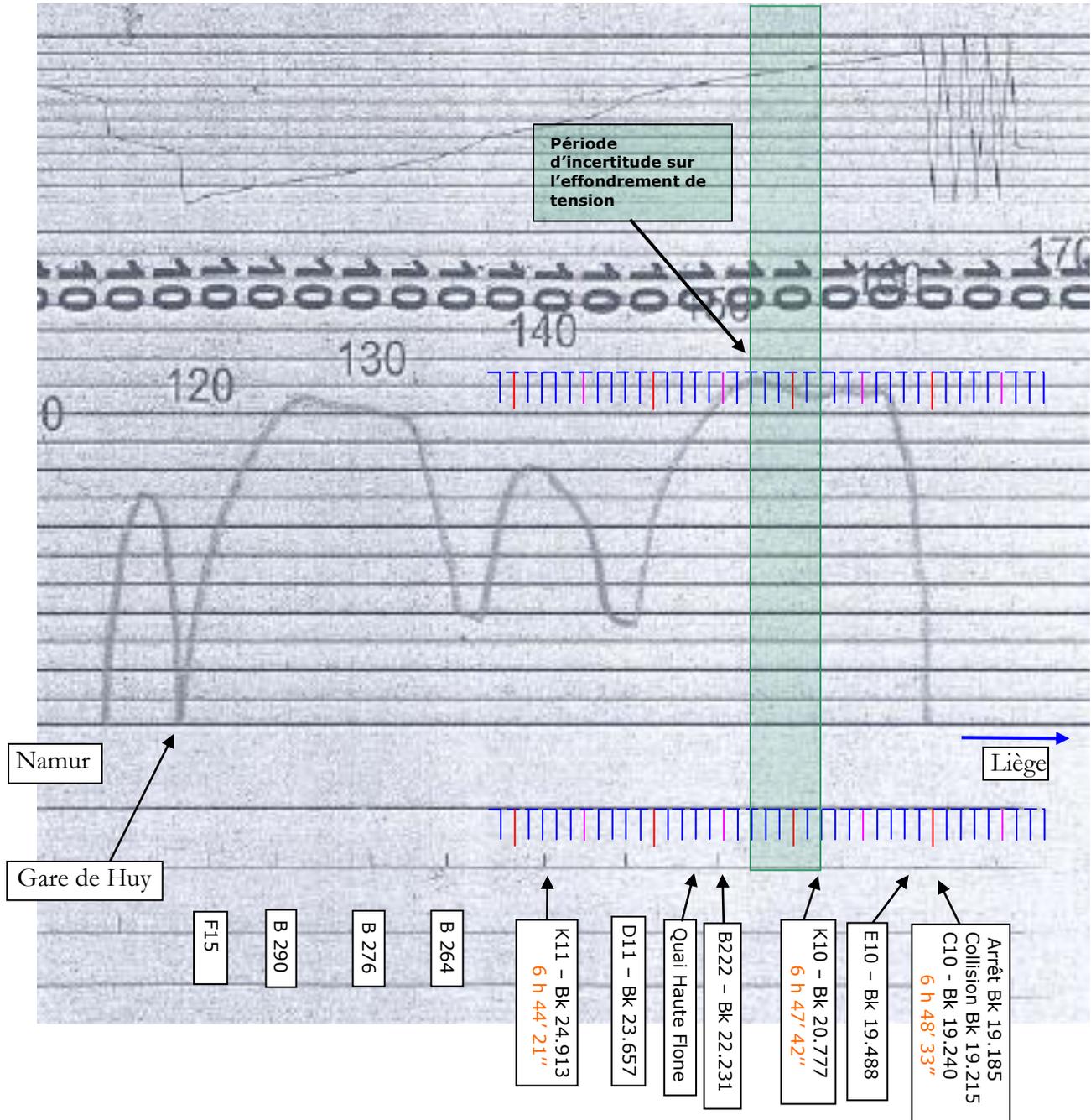
La bande se déplace de 5 mm :

- par heure pendant l'arrêt
- par kilomètre de distance pendant le parcours.

Sur la bande on distingue trois zones :

- la zone supérieure, réservée à l'enregistrement du temps ;
- la zone médiane, réservée à l'enregistrement de la vitesse ;
- la zone inférieure, réservée à l'enregistrement des données complémentaires et notamment sur l'aspect des signaux :
 - pas d'impulsion : signal rouge ;
 - impulsion positive : signal restrictif ;
 - impulsion négative : signal vert.

2. Bande de vitesse du train E2405



De l'analyse de la bande de vitesse, on peut constater que :

- il n'y a pas d'impulsion enregistrée pour les signaux K10 et E10 ;
- l'impulsion enregistrée avant le signal K10 est une impulsion négative (signal vert) ;
- du signal F15 au signal B222, le conducteur a eu des signaux verts ;
- la chute de vitesse avant l'immobilisation du convoi se produit à environ 600 mètres en amont de l'arrêt situé à la Bk 19.185. Elle se produit donc environ à la Bk 19.785 soit environ 300 mètres en amont du signal E10 ;
- la collision se produit à environ 50km/h.

C. Vérification technique après accident

1- L'infrastructure

Le fonctionnement correct du crocodile a été contrôlé au niveau de :

- ses caractéristiques électriques ;
- ses caractéristiques géométriques ;
- la logique câblée.

De plus, on sait que le crocodile a fonctionné parfaitement lors des passages des convois précédents.

Le signal en lui-même est contrôlé lors de chaque entretien périodique :

- vérification de la logique câblée du signal ;
- intensité suffisante de la luminosité du signal ;
- orientation de la lentille.

Aucune anomalie n'a été détectée.

L'aiguillage 2A a été talonné par le train de voyageurs. On sait donc que l'itinéraire pour faire entrer le train de marchandises chez DUMONT WAUTHIER était tracé. Dans ce contexte, on est certain que le signal E10 est obligatoirement à l'arrêt, c'est-à-dire rouge.

2- Le matériel roulant

Le fonctionnement du système mémor est vérifié à chaque passage sur un signal vert.

Le système émet un son caractéristique lors du passage sur un signal vert ce qui constitue pour le conducteur l'assurance que son système de réception de l'information dans le poste de conduite fonctionne correctement.

Les vérifications nécessaires ont été faites sur la bande vitesse et ont conclu au bon fonctionnement du système.

D – Essais effectués

Le 27 septembre, des essais ont été effectués en vue de déterminer si des modifications du tracé permanent (voir explications en annexe) effectué en cabine aurait pu induire en erreur le conducteur.

Selon la déclaration du conducteur, avant l'arrivée devant le signal E10 au rouge, les signaux étaient verts, ce qui suppose que le signal K10 avertisseur du E10 était vert lui aussi.

D'autre part, on sait que pour permettre le passage du train de marchandises, il faut qu'il emprunte une partie de la voie qui aurait du être empruntée par le train de voyageurs.

L'itinéraire initialement prévu en automatique pour le train de voyageurs, c'est-à-dire le tracé permanent doit être annulé et remplacé par un tracé spécifique pour le train de marchandises.

Sur le terrain, l'aspect des signaux en est modifié pour laisser passer le train de marchandises via le signal C10 mis au passage et donc stopper le train de voyageurs via le signal E10 mis au rouge et le signal K10 au double jaune.

Les essais et investigations sur place, ont permis de constater :

- qu'il est impossible de supprimer le tracé permanent lorsque le train est trop proche du signal K10 (distance de minimum 800m) sans utiliser une clé de sécurité couplée à un compteur.
- que si on supprime le tracé permanent et qu'on trace un itinéraire pour faire entrer un train de

marchandises (voie A) vers Dumont Wauthier, le signal E10 passe au rouge et K10 passe au double jaune pour le train de voyageurs (voie B).

E - Effondrement de tension

TECTEO (ex ALE) confirme que le jour de l'accident à 6h47'56'', leur système de télé-contrôle d'enregistrement des défauts d'alimentation a enregistré un défaut de câble et le fonctionnement des protections.

La sous-station dans laquelle les protections ont fonctionné pour isoler ce défaut est inscrite dans un cycle d'interrogation. Le système de télé-contrôle ne reçoit donc l'information que lorsque le cycle d'interrogation arrive à cette sous-station. Le cycle complet dure au total 45 secondes.

On peut donc déduire que ce défaut de câble a pu conduire à des perturbations sur l'alimentation de la signalisation Infrabel entre 6h47'11'' et 6h47'56'' et que la durée approximative de l'effondrement de la tension est de 600 ms.

De plus, on sait que selon les enregistrements fournis par Infrabel, le train E 2405 est passé à hauteur du signal K10 à 6h47'42''.

Soit dans l'intervalle de temps, où se situe la rupture d'alimentation.

Par expérience, TECTEO peut dire que l'effondrement de tension se situe entre 40 et 90 % de la tension nominale du réseau.

Les effondrements de tension consécutifs à un défaut sont uniques. Chaque défaut a ses propres caractéristiques conduisant à des phénomènes différents et à des effondrements de tension différents. L'estimation de la variation de tension sur ce court intervalle de temps est donc quasi impossible à déterminer.

C'est du poste de transformation d'Ivoz 70kV/15kV que sont alimentées les 2 arrivées du poste haute tension de Flémalle Haute.

Aucun enregistreur de tension n'était en place au poste d'Ivoz à l'époque de l'accident.

2. Succession des évènements

A **6h39**, le train de voyageurs E2405 quitte la gare de Huy en direction de Hermalle s/Huy, voie B. Il rencontre des signaux verts jusqu'au signal B222 (Bk 22.231) situé après les quais de Haute Flone.

A **6h40**, le train de marchandises Z74070 quitte la gare de Flémalle Haute en direction de Hermalle s/Huy, voie A.

Vers **6h45** dans le poste de signalisation à Flémalle : suppression du tracé permanent et la fixation de l'itinéraire pour le train de marchandises vers le raccordement ; c'est-à-dire l'itinéraire du C10 voie A vers la voie 3 est tracé pour ce train.

Une fois les conditions de sécurité nécessaires vérifiées le signal C10 vient au passage.

Vers **6h46**, l'accompagnateur de train rentre dans le poste de conduite du train de voyageurs.

Entre **6h47'11"** et **6h47'56"**, zone d'incertitude quant à l'heure précise de l'effondrement de tension générant une commutation dans la cabine 15 kV de Flémalle Haute.

A **6h47'42"**, le train de voyageurs passe au niveau du signal K10.

Vers **6h48**, le conducteur voit le signal E10 et entame un freinage d'urgence environ à hauteur de la Bk 19.800.

Le train de marchandises est à l'arrêt, voie A, devant le signal C10.

A **6h48'33"**, le train de voyageurs entre en collision frontale avec le train de marchandises.

3. Analyse du signal K10.

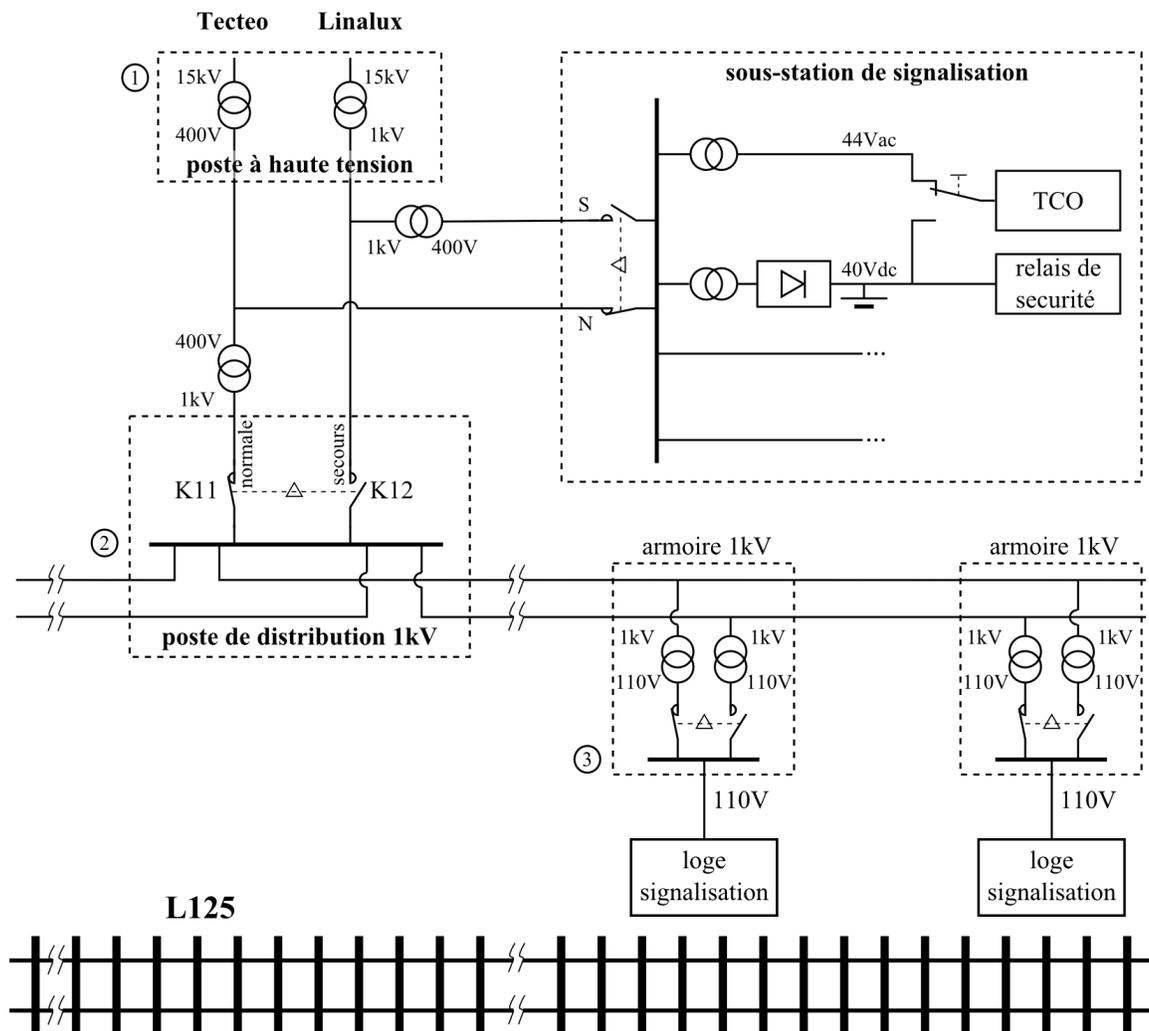
Le signal E10 étant fermé, le signal K10 aurait logiquement du montrer un aspect double jaune et son crocodile une tension positive ; la bande de vitesse du train E2405 devrait présenter une impulsion positive à l'endroit du signal K10.

Vu que cette impulsion manque, le signal K10 ne pouvait pas montrer le double jaune.

4. Conséquences de l'effondrement de tension

1. Influence de l'effondrement de tension chez TECTEO sur les installations Infrabel.

TECTEO a confirmé que pour un défaut similaire à celui qui a eu lieu le 03/07, on assiste à un effondrement de tension sur l'ensemble du réseau dépendant de la même alimentation en l'occurrence en aval de l'alimentation 70 kV de Ivoz.



Selon TECTEO, la tension lors de cet effondrement, est située entre 40 et 90 % de la tension nominale de 15kV.

L'effondrement dure 0,6 sec (600ms), le temps nécessaire de fonctionnement des protections TECTEO, et se répercute sur les installations Infrabel.

TECTEO précise également que les câbles d'alimentation normale et secours qui arrivent au poste 15kV de Flémalle Haute sont tous les deux issus du même jeu de barres de la sous-station 70kV d'Ivoz.

Ce qui signifie que si l'alimentation « Normale » est défectueuse en amont des installations Infrabel, l'alimentation « Secours » ne sera pas meilleure.

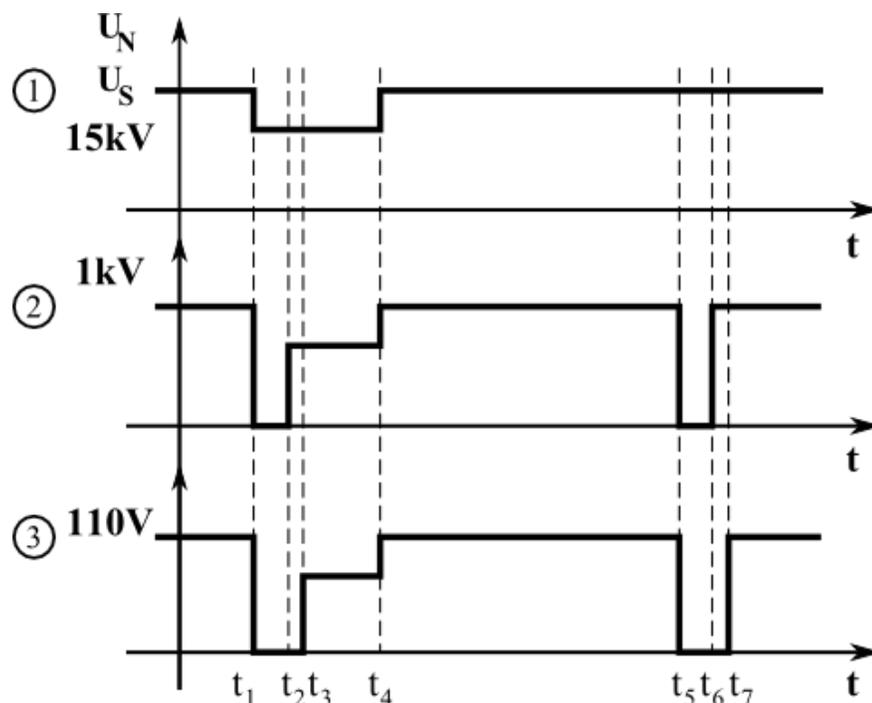
Devant l'importance de l'incertitude quant à l'effondrement de tension, on peut distinguer deux scénarios possibles :

Scénario 1 : tension entre 70 et 90 % de la tension nominale (U_N) lors de l'effondrement.

Scénario 2 : tension entre 40 et 70 % de la tension nominale (U_N) lors de l'effondrement.

La signalisation est directement alimentée par le réseau 110V.

1.1 Scénario 1 - tension entre 70 et 90 % de la tension nominale



Dans les postes de distribution 1000V, un relais voltmétrique contrôle continuellement l'amplitude de l'alimentation normale U_N . Dès que la chute de tension de l'alimentation normale dépasse 10% (moins que $90\%U_N$), le relais voltmétrique commande la commutation vers l'alimentation de secours.

Les commutations de l'alimentation normale vers l'alimentation secours sont prévues pour que lorsque la première fait défaut, la seconde puisse palier cette défaillance.

Le 03/07/2008, au niveau des installations de Flémalle Haute, l'effondrement est apparu sur l'ensemble de l'alimentation en aval du 70kV d'Ivoz et par conséquent aussi bien sur l'alimentation normale et l'alimentation secours 15kV d'Infrabel.

Dans le scénario 1, la tension 15kV d'Infrabel atteint une valeur entre 70 et 90 % de 15 kV lors de l'effondrement soit entre 10.500 V et 13.500 V.

Sur la figure, l'effondrement sur les alimentations 15kV commence à l'instant t_1 et disparaît à l'instant t_4 (l'intervalle t_1-t_4 dure 600ms).

Au moment de la chute de tension importante, le relais voltométrique dans le poste 1kV (1000V) commande l'ouverture de l'alimentation normale (contacteur K11 s'ouvre) et ensuite ferme le contacteur K12 de l'alimentation secours. Le temps entre l'ouverture de K11 et la fermeture de K12 (le temps de commutation) est représenté par l'intervalle de temps entre t_1 et t_2 .

Durant la commutation, la tension 1000V tombe à 0 ; le passage par 0 dure de 100 à 150ms (le temps entre t_1 et t_2).

La chute de tension de l'alimentation 1000V se transmet intégralement à l'alimentation 110V ; si l'alimentation 1000V tombe à 0, l'alimentation 110V aussi.

Comme on peut le voir sur le graphique, la tension 1000V et la tension 110V chutent jusqu'à 0V entre les instants t_1 et t_2 .

A l'instant t_2 , la commutation est finie et le poste 1kV est alimenté par l'alimentation secours dégradée.

Dans les armoires situées en ligne, alimentées par 2 câbles 1kV les contacteurs s'ouvrent pendant la commutation parce qu'il n'y a pas de tension.

La tension revient en même temps sur les 2 câbles et le contacteur de l'alimentation normale dans les armoires enclenche directement. Le temps d'enclenchement du contacteur dure environ 50ms. C'est pourquoi sur le graphique, on voit que l'alimentation 110V reprend un peu plus tard que l'alimentation 1kV.

A partir de t_3 jusqu'à t_5 , il n'y a pas de commutation ni dans le poste, ni dans les armoires et toutes les tensions dans le réseau ont la même forme.

A l'instant t_4 , le court-circuit dans le réseau de TECTEO est isolé et les tensions reprennent leurs valeurs nominales.

Le relais voltmétrique dans le poste 1kV mesure que la tension normale reprend sa valeur nominale. En effet, lorsque la tension se maintient à sa valeur nominale pendant 14s (entre 13s et 15s), le relais voltmétrique commande un rebasculé dans le poste 1kV vers l'alimentation normale et ouvre le contacteur K12 à l'instant t_5 . Entre 100ms et 150ms plus tard (instant t_6) le contacteur K11 est enclenché et la situation normale est rétablie dans le poste 1kV.

Pendant la commutation dans le poste (entre t_5 et t_6) il n'y a pas d'alimentation sur les 2 câbles qui fournissent les armoires. Par conséquent, les contacteurs dans les armoires s'ouvrent et le 110V disparaît aussi.

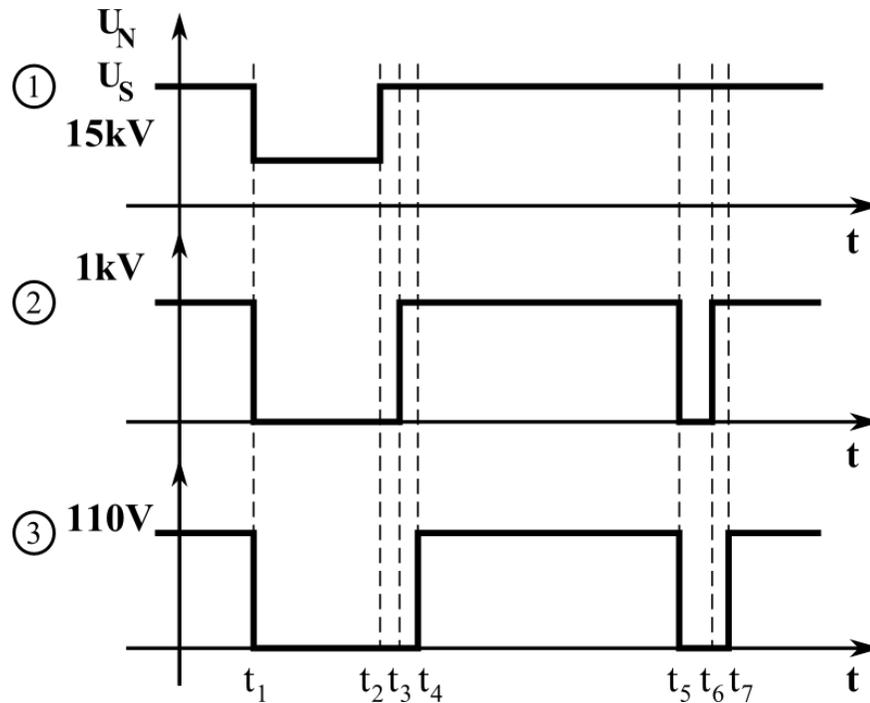
A partir de t_6 l'alimentation 1kV se rétablie sur les câbles, mais il faut encore 50ms avant que les contacteurs dans les armoires soient attirés et que donc l'alimentation 110V revienne après un délai t_7 .

Après l'instant t_7 , il n'y a plus de commutation.

On constate, dès lors, que dans le scénario 1, au niveau de l'alimentation 110V, il y a deux chutes de tension :

- la première dure 600ms et est composée :
 - d'une chute à 0V qui dure entre 150 à 200ms
100 à 150ms temps de commutation de
L'alimentation 1000V et 50ms temps de
Commutation dans les armoires 110V.
 - d'une chute à 70 à 90 % de U_N et qui dure entre
350 à 400ms. Ce qui représente le reste de
Temps de l'effondrement de tension de
l'alimentation 15kV.
- la seconde dure entre 150 et 200ms à un niveau de 0V.
Il s'agit du rétablissement de l'alimentation de
« Secours » 1000V vers l'alimentation normale
après un délai de 14 s.
100 à 150ms de temps de commutation de
l'alimentation 1000V et 50ms temps de
commutation dans les armoires 110V.

1.2 Scénario 2 - chute de tension entre 40 et 70 % de la tension nominale



Dans ce scénario, la tension 15kV d'Infrabel atteint donc une amplitude entre 40 et 70 % de 15 kV soit entre 6.kV et 10,5 kV.

Au niveau des alimentations normale et secours U_N et U_S , les tensions chutent dans le même rapport.

L'alimentation 1000V ne commute d'une alimentation normale vers une alimentation de secours, qu'à condition que s'il existe une tension d'alimentation qui permette cette commutation via des éléments électriques alimentés par cette même tension.

Autrement dit, lors des 600 ms de l'effondrement de tension de l'alimentation 15kV entre 6.000 et 10.500V, le commutateur 1000V n'a probablement pas pu basculer vers l'alimentation secours. Dans ce cas, les deux contacteurs K11 et K12 se trouvant en état de repos (ouvert). ni l'alimentation normale ni secours n'est enclenchée.

Ce qui signifie que pendant 600ms (entre t_1 et t_2) aussi bien l'alimentation 1000V que l'alimentation 110V sont tombées à 0V.

Il faut en plus rajouter 50 ms de temps de réenclenchement du contacteur K12 sur l'alimentation secours (l'instant t_3) et encore 50ms pour le réenclenchement des contacteurs dans les armoires (t_4).

Au total 650ms, ont été nécessaires pour retrouver les tensions d'alimentation 1000V et 700ms, pour l'alimentation 110V.

La phase retour de l'alimentation secours vers l'alimentation normale se déroule comme dans le scénario 1.

On constate, dès lors, que dans le scénario 2, il y a :

- 2 chutes de tension au niveau de l'alimentation qui passe de 110V à 0V:

- la première dure 700ms

- Ce qui s'explique par les 600 ms du fonctionnement des protections chez TECTEO auxquels s'ajoutent les 50ms du temps de réenclenchement du commutateur de l'alimentation secours au tableau 1000V et 50ms de l'enclenchement du contacteur dans l'armoire 110V.

- la seconde dure entre 150 et 200ms

- Il s'agit du rétablissement de l'alimentation secours 1000V vers l'alimentation normale après un délai de 14 s.

2. Schéma électrique du signal K10

A la lecture du schéma électrique du signal K10, et dans la situation d'un tracé permanent hors service (voir le point 7) l'aspect du signal, c'est à dire la couleur de son feu lumineux est directement déterminé par la position (haute ou basse) de deux relais, notamment le relais CSA3 et le relais CZ.

Les deux relais en position basse mettent le signal K10 au rouge. Le relais CSA3, en position haute, donne au signal un caractère restrictif et si le relais CZ est également en position haute, le signal devient vert.

- le relais CSA3 :

CSA3 est en position haute à condition que :

- le desservant du bloc de signalisation commande le signal K10 au passage.
- les conditions de sécurité pour l'itinéraire sélectionné (aiguillages contrôlés, etc.) sont remplies.
- les circuits de voie (CV) sont libres (relais de voie haut) sur l'itinéraire sélectionné

CSA3 est en position basse si l'une de ces conditions n'est pas rencontrée.

- le relais CZ : relais dont la position reflète la répétition provenant du signal aval (signal E10 dans ce cas)

CZ est en position haute (avec comme condition préliminaire : le CSA3 du K10 en position haute) :

si le signal E10 est au vert

ou

si le signal E10 est au passage restrictif, par exemple double jaune.

On constate donc que la chute d'un relais circuit de voie fait chuter le CSA3 et que cette chute conditionne la position du CZ qui sera bas.

Le tableau ci-dessous reprend d'une façon systématique l'aspect des signaux selon les positions hautes et basses des relais CZ et CSA3.

CSA3	bas	haut	haut
CZ	bas	bas	haut
Signal K10	Rouge	Restrictif	Vert

Le fonctionnement de ces relais, notamment leur position haute et basse est basé sur la présence ou l'absence d'un courant électrique dans la bobine, élément essentiel du relais.

Si un courant (I) suffisant traverse la bobine ou qu'une tension (U) suffisante est appliquée à ses bornes, la partie mobile du relais est attirée vers le haut, dans ce cas, le relais est en position haute.

Dans le cas contraire, la partie mobile du relais ne peut être attirée vers le haut, le relais est en position basse.

Le passage d'une position à l'autre demande un certain temps, même s'il est parfois très court. Ce temps peut volontairement être augmenté avec un équipement de temporisation.

Relais de voie :

temps de chute 100 ms.

Temporisation à l'attraction 1,2 s après retour de la tension nominale dans le cas où l'effondrement de tension est suffisamment long (>100 à 200ms) sinon la temporisation n'est pas complètement activée et l'attraction peut s'effectuer en moins de 1,2s.

Lors de la commutation, les relais de voies chutent donc quasi instantanément.

CSA3: temps de chute de 50ms à 200ms
 U attraction de 65 à 85 V
 U chute entre 50V et 65 V
 Soumis au retour en position haute des CV qui sont eux soumis à leur temporisation.

CZ : soumis à la position du CSA3 et à l'ouverture du signal E10

KL : temporisation à la chute de 500 à 750ms
I attraction 1,8A maxi, pas de valeur mini
I chute entre 0,45A et 0,7A.

Ce relais KL fait également partie du circuit électrique du signal, dans le but de vérifier le bon fonctionnement des ampoules des feux lumineux.

Il n'a pas d'impact sur l'aspect du signal.

Le relais KL a par contre un impact sur le crocodile (et sur la répétition du signal en amont). En absence de courant électrique pendant une période suffisamment longue, le relais KL chute et fait en sorte qu'une tension positive apparaît au crocodile.

Du fait que la bande enregistreuse indique que le crocodile ne présentait pas de tension électrique, on peut déduire que le KL n'a pas chuté. On peut donc conclure que la tension lors de l'effondrement n'est pas descendue à 0 Volt suffisamment longtemps pour faire chuter le relais KL (voir plus haut : caractéristiques électriques du relais KL).

3. Influence de la chute de tension 110V et de son retour sur les relais.

De ce qui précède on constate qu'une rupture de l'alimentation électrique et un effondrement de tension perturbent le fonctionnement habituel de la signalisation.

Les relais peuvent alors soit rester dans leur position (si la diminution de la tension n'est pas suffisante en terme d'intensité ou de durée), soit chuter.

Dans ce dernier cas, tous les relais, ceux des circuits de voie et par conséquent le relais CSA3 et CZ, qui en plus sont privés de leur propre alimentation 110 V, passent en position basse et le signal devient rouge.

Au retour de la tension après commutation, les circuits de voie sont réalimentés, après 150ms minimum dans le scénario 1 et 700ms maximum dans le scénario 2.

Comme mentionné plus haut, les relais des circuits de voie ont une temporisation à l'attraction de 1,2 seconde, du moins si l'effondrement de tension est suffisamment important (>100 à 200ms).

Ceci signifie que si un relais de voie chute suite à une rupture d'alimentation d'une importance suffisante, celui-ci ne passera en position haute qu'une fois la tension revenue et la temporisation terminée soit :

Scénario 1 : après 150ms + 1,2 seconde = 1,35 s au minimum.

Scénario 2 : après 700ms + 1,2 seconde = 1,9 s au maximum.

Le temps d'établissement du circuit CSA3 est de 100ms.

4. Evolution de l'alimentation 110V sur le crocodile pendant la commutation

De ce qui a été décrit dans le paragraphe « principes de signalisation » de l'annexe 3, on peut déduire que si les positions des relais conduisent à ce que le signal présente un feu double jaune, les positions de ces relais conduiront le crocodile à présenter une tension positive. Si le signal présente un feu rouge, le crocodile sera à une tension nulle, tandis qu'un feu vert correspond à un crocodile avec une tension négative.

Il existe donc un lien univoque entre l'aspect présenté par le signal et la tension au crocodile.

Suite à la commutation de l'alimentation 1000V et à la chute des relais de circuits de voie, le CSA3 du signal K10 chute également.

Le passage par 0V au niveau de l'alimentation 110V a duré selon les scénarios entre 150 et 700ms.

La temporisation des CV étant de 1200ms (si l'effondrement de tension est suffisamment important).

Le temps d'établissement du circuit du CSA3 et du circuit du croco est de ± 100 ms.

Lorsqu'on cumule ces différents temps, on constate que le croco n'a pas été alimenté pendant une période allant de 1,45 à 2 s.

5. Monocinétisme

Le monocinétisme signifie que si ce système équipe un signal, ce signal ne peut être ouvert qu'une seule fois pour un mouvement.

Pour que le monocinétisme soit enclenché (passage du signal au rouge et maintien dans cette position),

L'une ou l'autre condition doit être présente :

- chute d'un ou plusieurs CV relatif à ce signal et d'une durée supérieure à 500ms (monocinétisme du signal)
- premier contact rail foulé.

Lors d'une rupture d'alimentation, les CV chutent, ils sont considérés comme occupés et font, par conséquent, passer les signaux concernés au « rouge ».

Lors du retour de l'alimentation, et après temporisation de 1,2 seconde des relais de CV, le signal repasse dans sa position initiale.

Si un signal est équipé d'un système monocinétique, cela signifie que si ce signal passe au « rouge » suite à une rupture d'alimentation par exemple et que celle-ci soit suffisamment longue que pour que la temporisation du monocinétisme soit dépassée, le signal restera au rouge après le retour de l'alimentation.

Le schéma électrique du monocinétisme est constitué entre autres d'un relais électrique temporisé à la chute qu'on appelle KV. Celui-ci influence la position du CSA3 du signal.

Si le relais KV chute, le signal ne peut plus revenir au passage pour ce mouvement.

La temporisation du monocinétisme est réglée pour que ce dernier ne s'enclenche pas en cas de commutation normale (= disparition de la tension pendant 500 ms au maximum).

La temporisation de 1,82s est déterminée en simulant une commutation en cabine de signalisation dans le but d'éviter que le monocinétisme ne maintienne le signal au rouge suite à ce type de commutation.

Si cette temporisation est dépassée lors d'un effondrement de tension, le monocinétisme est susceptible de s'enclencher. Le signal maintient son aspect rouge.

6. Evolution du signal K10 lors de l'approche du train

La brosse du train n'ayant enregistré aucune impulsion au niveau du signal K10, le crocodile lors du passage de celle-ci était bien hors tension.

Selon les informations de TECTEO, l'effondrement de tension aurait duré 600ms avec une tension variant entre 40 et 90% de la tension nominale.

Les conditions ce jour là et celles selon lesquelles Infrabel effectue le réglage de la temporisation de monocinétisme ne sont donc pas identiques.

Le 03/07 et selon Infrabel, les différents éléments de l'installation électriques ont réagi d'une manière difficilement déterminable en particulier les circuits de voies et le monocinétisme du signal.

Etant donné l'incertitude entourant la réaction des différents éléments électriques, on ne peut définir exactement quelle fut la séquence suivie par le signal lors de l'approche du convoi. On peut cependant émettre 2 hypothèses :

6.1. Hypothèse 1

La commutation se fait au moment ou juste avant (2 secondes maximum) le passage du train sur le crocodile. Le signal est au double jaune durant l'approche par le convoi.

Comme mentionné au point 4.4, on peut définir une période temps 't' couvrant la rupture d'alimentation accompagnée par une chute de CV + temporisation soit au total, un crocodile qui n'émet pas d'impulsion pendant maximum 2 secondes.

Dès lors, il est fort probable que le train E2405 soit passé à hauteur du signal K10 et en particulier sur le crocodile associé à celui-ci au cours de cette période de temps 't'. Ce qui expliquerait qu'au moment du passage sur le crocodile, ce dernier n'ait transmis aucune impulsion.

Tenant compte de la vitesse du train qui était d'environ 125 km/h soit 34,7m/s, le train a parcouru une distance de 70 m pendant la

durée de la rupture d'alimentation qui a pu durer jusqu'à 2 secondes.

La longueur de contact entre la brosse du train et le crocodile se situant entre 2 et 3 mètres, on comprend que le train ait pu passer sur le crocodile pendant le temps où il était sans tension.

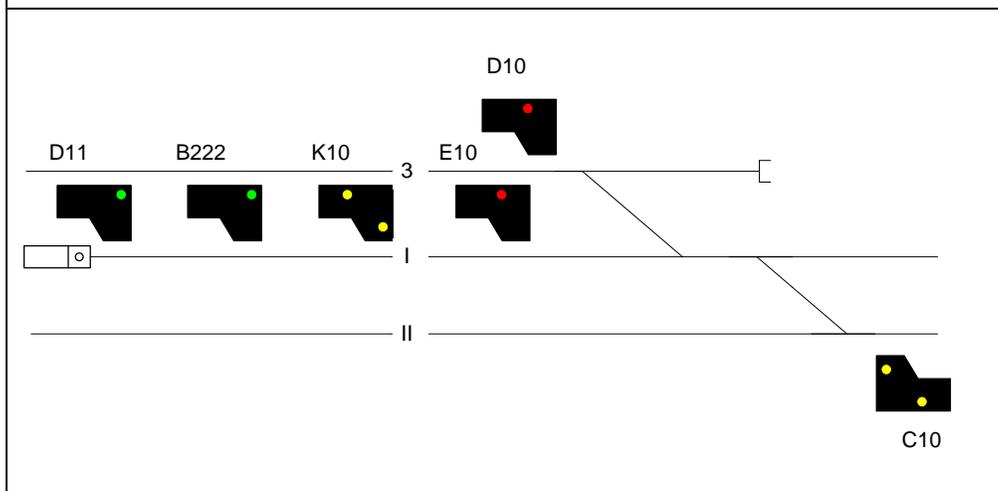
6.2. Hypothèse 2

La commutation se produit avant le passage du train (quelques secondes) sur le crocodile. Le conducteur aurait du voir durant l'approche du signal K10, ce signal au double jaune, puis passer au rouge et rester au rouge suite au déclenchement du monocinétisme.

Dans ces 2 hypothèses, le signal a pu présenter un aspect éteint pendant une fraction de seconde soit au maximum 700ms.

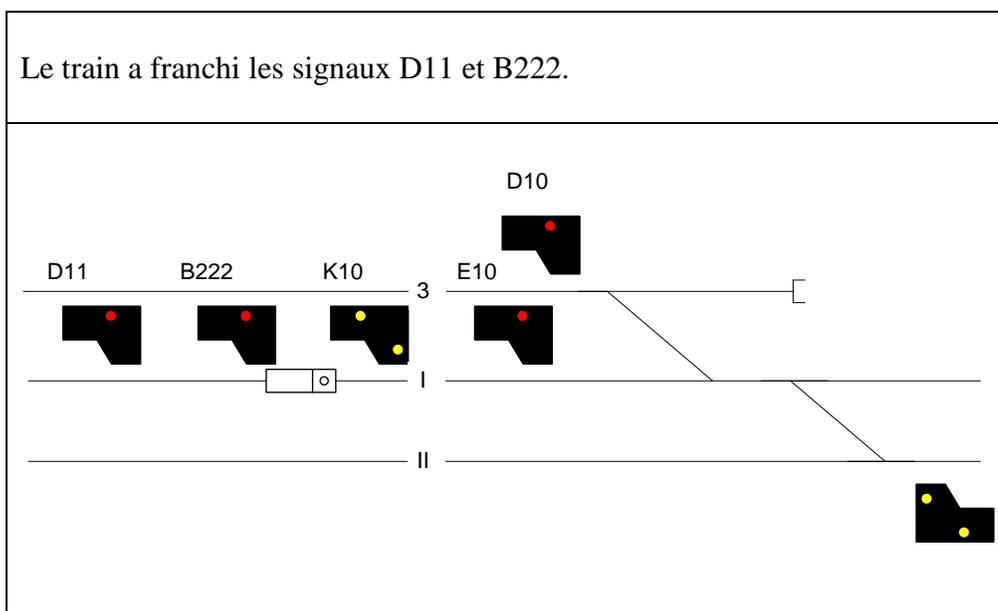
Signaux K10 et C10 commandés à l'ouverture par le desservant

L'itinéraire est tracé et sélectionné de C10 vers voie 3 ;
le signal K10 est commandé à l'ouverture.



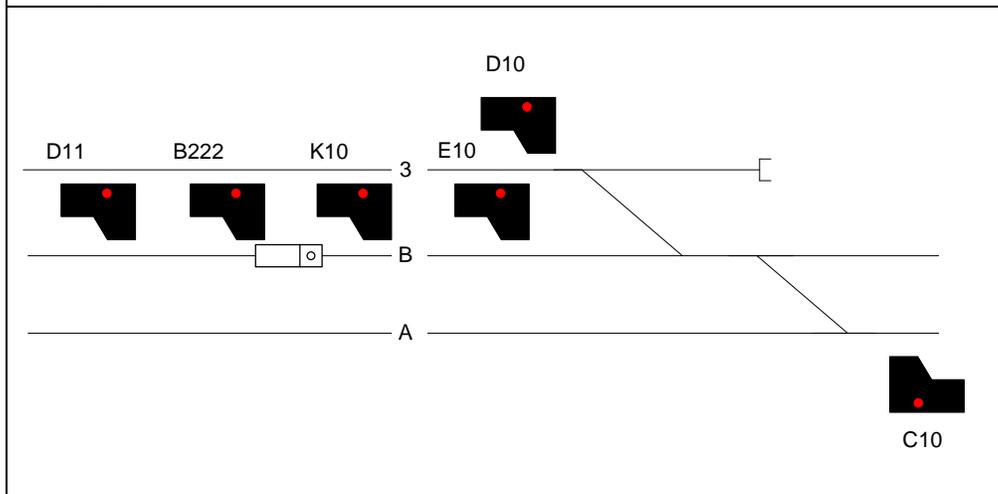
Situation avant commutation

Le train a franchi les signaux D11 et B222.

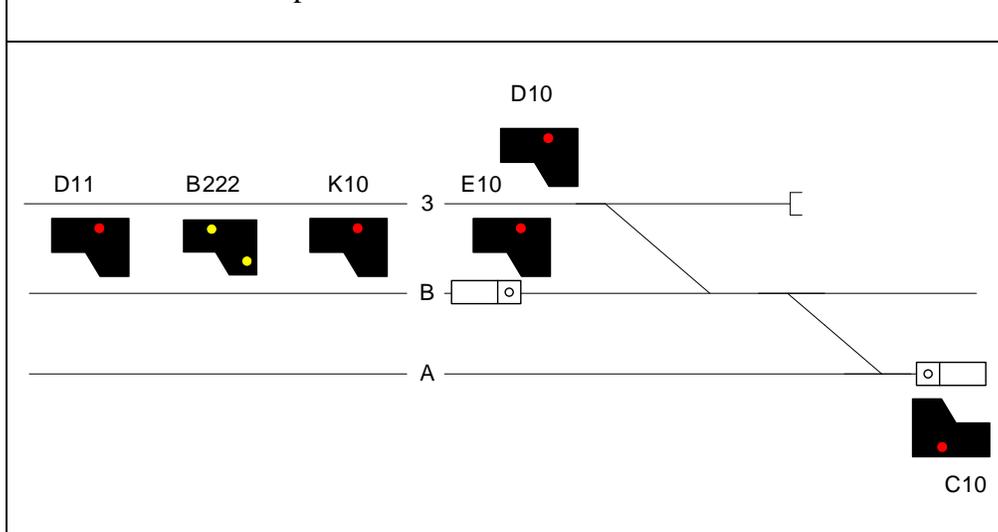


Situation résultant de la commutation

Le train franchit le signal K10 lorsqu'il est à l'arrêt. Conséquemment, le crocodile associé est sans tension.



Le signal E10 étant à l'arrêt, son crocodile n'est pas non plus alimenté. Le train le franchit et va percuter la machine voie A.



5. Distance de visibilité du signal K10

La distance de visibilité du signal K10 est d'environ 310 m. Ce qui est conforme à la réglementation.

A une vitesse de 120 km/h, le conducteur a un temps pour réagir au signal d'un peu plus de 9 secondes.

6. Influence de la rupture d'alimentation sur la conduite

En fonctionnement normal, le signal K10 aurait du présenté un signal double jaune, et son crocodile aurait du transmettre une impulsion positive.

Pour une impulsion positive, un avertissement lumineux apparait dans le poste de conduite.

Si aucune impulsion n'est transmise au crocodile (signal rouge), pas de génération d'avertissement en cabine.

Etant donné que le conducteur avait eu un aspect vert au signal B222, il pouvait s'attendre à avoir un double jaune au signal suivant si le E10 avait été rouge (voir principes de signalisation en annexe 3).

Comme le K10 était rouge au lieu de double jaune, le conducteur n'a donc pas eu l'attention attirée par l'avertisseur lumineux en cabine lorsqu'il passait à hauteur du signal.

7. Modification du tracé permanent (voir Eléments de signalisation en annexe 3)

Pour permettre au train de marchandises de passer de la voie A à la voie 3, en croisant la voie B, le tracé permanent d'application par défaut, doit être supprimé.

Cette suppression ne peut se faire que si le train sur la voie B est distant d'au moins 800m du signal K10, comme confirmé par les essais du 27 septembre.

Il n'est pas possible de retirer le tracé permanent lorsque le train pour lequel ce tracé a été établi se trouve déjà sur le circuit de

voie « d'annonce du tracé permanent » sauf en intervenant sur les clés de sécurité en cabine de signalisation.
Ces clés de sécurité sont équipées de compteurs.
Chaque actionnement de ces clés doit être rigoureusement inscrit dans un registre.

Le 03/07, le registre des compteurs a été relevé et aucune de ces clés de sécurité n'a été actionnée en cabine avant l'accident.
On peut donc en déduire que le tracé permanent a été retiré avant que le train ne passe sur le CV qui empêche le retrait de ce tracé permanent.

8. Occurrence d'évènements semblables

1. Effondrements de tension chez TECTEO

Il faut savoir que la société TECTEO fournit l'électricité à environ les 2/3 de la province de Liège.

Le 03/07, on sait que l'effondrement de tension est dû à un défaut de câble.

Mais des effondrements de tension comme ceux-là peuvent se produire suite à d'autres types d'incidents.

Selon les chiffres fournis par TECTEO, pour la zone qui le concerne :

En 2006, 556 incidents auraient pu conduire à des ruptures d'alimentation dans les installations Infrabel.

En 2007, 585 incidents auraient pu conduire à des ruptures d'alimentation dans les installations Infrabel.

En 2008, 590 incidents auraient pu conduire à des ruptures d'alimentation dans les installations Infrabel.

Ces chiffres restent bien en dessous de la limite admise selon la norme européenne EN 50160 « Caractéristiques de la tension fournie par les réseaux publics de distribution » introduite en droit belge dans l'arrêté royal du 24/07/2007.

En cas d'incident sur son réseau, TECTEO ne peut préciser son incidence sur les installations Infrabel.

Toutefois, un effondrement de tension comme celui du 03/07 n'est pas sans conséquence et peut provoquer une remise à l'arrêt intempestive d'un signal.

2. Remises intempestives de signaux à l'arrêt

Selon les données issues de la base de données du service sécurité d'exploitation de la SNCB Holding, on dénombre pour l'année 2008, 259 remises à l'arrêt intempestives de signaux.

Ces remises à l'arrêt intempestives obligent les conducteurs de train à des freinages d'urgence avec dépassement éventuel du signal en question.

Elles sont principalement imputables à des causes techniques. Selon les informations que nous avons reçues, 7 d'entre elles ont pu être imputées au fournisseur d'électricité.

9. Connaissance de ligne du conducteur

1. Réglementation en vigueur

Extrait du HLT – manuel du conducteur de train

*Pour assurer seul la desserte d'un engin moteur, le conducteur acquiert au préalable la connaissance des installations à parcourir. Quant il s'agit d'assurer des trains en ligne, on parle de **connaissance de ligne**.*

La connaissance de ligne porte sur :

- *en pleine voie : les voies principales et les voies de garage ;*
- *dans les gares et les grands complexes :*
 - *les itinéraires d'accès, de sortie et de circulation en relations avec les voies principales directes, les voies principales de réception et les voies de circulation ;*
 - *les voies accessoires en relation avec les opérations à effectuer.*
- *les itinéraires de déviation afférents à la ligne.*

La connaissance de ligne est suffisante lorsqu'elle permet, pour chaque sens de circulation, de respecter l'horaire dans des conditions normales.

Etude de ligne

L'étude de ligne permet au conducteur de prendre connaissance notamment :

- de l'ordre de succession des gares, des points d'arrêt, des bifurcations, des tunnels, ... ;
- des possibilités de changement de voie en voie principale ;
- de la vitesse de référence de la ligne, des zones à vitesse réduite,

Le conducteur utilise la fiche de ligne comme document de travail. Il y apporte les renseignements qu'il juge utiles. Avant d'effectuer un parcours d'étude en ligne, le conducteur prend connaissance des avis publiés aux livres d'ordres et des autres avis temporaires distribués à titre individuel.

On peut donc conclure que tout conducteur qui roule sur une ligne, en a repéré ses particularités et sait comment les appréhender.

2. Le conducteur du train de voyageurs

L'attestation de connaissance de ligne du conducteur du train voyageurs confirme qu'il est apte à circuler entre autres sur la ligne 125. Il en a donc repéré les particularités et sait comment les appréhender.

10 - Comportement de l'accompagnateur de train

1. Extrait du manuel de l'accompagnateur de train

5.9.2 ACCÈS AUX CABINES DE CONDUITE OCCUPÉES

Certaines personnes sont autorisées à prendre place dans la cabine de conduite d'un engin moteur soit en raison de leur fonction soit en raison de la mission qui leur est assignée.

Par contre, l'accès à la cabine de conduite desservie d'un train de voyageurs en marche est **interdit** au personnel d'escorte des trains de voyageurs sauf pour un motif urgent relatif à la sécurité du trafic ou à celle des voyageurs.

Le contrôle de l'autorisation d'accéder à une cabine de conduite incombe au conducteur.

5.9.3 ATTITUDE À ADOPTER DANS UNE CABINE DE CONDUITE

Le personnel d'accompagnement :

- se limite strictement à la mission à accomplir et s'abstient de manipuler tout poussoir ou dispositif ;
- y séjourne le temps strictement nécessaire ;
- ne distrait pas le conducteur.

2. Extrait de la consigne Personnel Accompagnement des Trains 3.5.4 – Rapport sur le flux d’information en trafic ferroviaire perturbé

RAPPORT SUR LE FLUX D’INFORMATION EN TRAFIC FERROVIAIRE PERTURBÉ – RÉDACTION, TRANSMISSION ET SUIVI DU E792

INTRODUCTION

Lors d’une situation perturbée après avoir effectué les mesures de sécurité nécessaires, le premier souci de l’accompagnateur est l’information à la clientèle.

Le chef de bord doit rechercher la cause de la situation perturbée si l’information ne lui est pas spontanément donnée.

Pour s’informer, il contacte:

- le conducteur et/ou,
- l’agent de liaison auprès de la Gestion Régionale du Trafic (ou l’agent R du GRT) et/ou,
- le régulateur de gare.

En tant qu’entreprise de transport, moderne, nous avons le devoir d’informer le plus rapidement possible notre clientèle de tout ce qui pourrait allonger le temps de voyage

3. l’accompagnateur du train de voyageurs

La réglementation en vigueur prescrit que l’accompagnateur du train ne peut entrer dans le poste de conduite que si sa présence est vraiment nécessaire.

Les ralentissements importants effectués par le train dus aux inondations de la veille ont engendré des retards.

Afin d’anticiper une information ultérieure aux voyageurs, l’accompagnateur s’informe auprès du conducteur. Il justifie ainsi sa présence dans le poste de conduite.

Chapitre VI : Conclusions

1. Cause directe

La collision est, en premier, lieu la conséquence du fait que le conducteur du train voyageurs E 2405 n'a pas immédiatement amorcé un freinage d'urgence à l'approche du signal K10.

En raison d'une interruption dans l'alimentation électrique au moment où le train passait ce signal K10, l'aspect de ce signal ne pouvait être que rouge ou éteint.

2. Cause sous-jacente

La cause sous-jacente de l'accident est l'absence d'un équipement technique permettant le contrôle de la marche des trains et qui occasionne automatiquement un freinage d'urgence lorsque le train dépasse un signal qui impose l'arrêt ou qui est dérangé.

Chapitre VII : Recommandations

L'enquête mène aux recommandations suivantes :

1. Il est indispensable d'équiper l'infrastructure ferroviaire belge d'un système automatisé pour contrôler la vitesse des trains et d'obliger les entreprises ferroviaires à conformer leur matériel roulant à cet équipement.

Les programmes en cours notamment l'équipement du réseau d'un système TBL1+ doivent continuer avec la plus grande diligence. Tout doit être mis en œuvre pour éviter le moindre retard dans l'exécution du programme.

2. Les entreprises ferroviaires ont à poursuivre leurs programmes d'action pour éviter les dépassements de signaux à l'arrêt. Il est en particulier nécessaire de continuer les actions pour augmenter la vigilance des conducteurs de train. En outre, il est important d'éviter, autant que possible, en poste de conduite toute chose qui peut distraire les conducteurs entre autre la présence d'autres personnes.

Il est en particulier recommandé qu'Infrabel et les entreprises ferroviaires fassent en concertation des analyses de risques sur les dépassements des signaux placés à des endroits critiques afin de mener des actions coordonnées pour éviter ces dépassements de signaux.

3. Il est essentiel de garantir les critères de qualité de l'alimentation électrique.

L'enquête a mis en évidence que la commutation de l'alimentation normale s'est faite vers l'alimentation de secours. Cette dernière étant tout aussi dégradée que l'alimentation normale.

Il est recommandé que préalablement à une commutation électrique un dispositif technique vérifie la qualité de l'alimentation de secours et que l'alimentation électrique soit complètement coupée dès qu'une même déficience est constatée au niveau des alimentations normales et de secours.

ANNEXE 1
Fiche signalétique Automotrice Type AM83



Fiche descriptive des automotrices triples
Type 80-82-83

250.00.04

2

Supplément 1

Automotrice triple, série 03, types 80-82-83																									
<p style="text-align: center;">Ponto marcadore: 4382</p>	<p>HVB</p> <p>HVABD</p>																								
<p>Généralités</p> <p>Effectif série (03) : 140</p> <p>Type : triple</p> <p>Numérotation série (03) : - 80 : 301/335 - 82 : 336/370 - 83 : 371/440</p> <p>Masse A vide : 152 tonnes En charge : 177 tonnes</p> <p>Puissance unihor. total : 1400 kW</p> <p>Puiss. unihor. spécif. : 7,9 kW/t</p> <p>Vitesse maximum : 160 km/h</p> <p>Accélération max. en palier entre 0 et 50 km/h, roue mi-usée : cm/sec²</p> <p>Tare par voyageur : 54 kg</p> <p>Diamètre roues motrices : 450 mm</p> <p>Diamètre roues porteuses : 1010 mm</p> <p>Rayon min. de courbe chargé vide : 950 m</p> <p>140 : 18200 25273</p> <p>16 30 15 31 15,5 10,8 21,25 10,75</p> <p>175 2600 3450 2600 2500 350 3425 2600 2500 3425 1810 2490 78180</p> <p>11 22 11 23,8 11,6 12 23,7 11,7 12</p>	<p>Partie mécanique</p> <p>Constructeurs : - Constructions Ferroviaires et Métalliques - Voiture interméd. : BN-Bombardier - Garnissage : Atelier Central Malines</p> <p>Année de construction : Breaks double 1980 - 82 - 83 Voit. interméd. 1991 - 1992 - 1993</p> <p>Capacité :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1ère cl.</th> <th>2ème cl.</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Assis - NF</td> <td>16</td> <td>151 + 1</td> <td>167 + 1</td> </tr> <tr> <td>- F</td> <td>16</td> <td>70</td> <td>86</td> </tr> <tr> <td>Debout - NF</td> <td>9</td> <td>75</td> <td>84</td> </tr> <tr> <td>- F</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>41</td> <td>296(+1)</td> <td>337(+1)</td> </tr> </tbody> </table> <p>Freinage : Frein automat. réglé par centrale - EP, laquelle est commandée électr. depuis les postes de cond. Frein pneumat. combiné avec frein à récup. sur la motrice.</p> <p>Chauffage : A air puisé</p>		1ère cl.	2ème cl.	Total	Assis - NF	16	151 + 1	167 + 1	- F	16	70	86	Debout - NF	9	75	84	- F	0	0	0	Total	41	296(+1)	337(+1)
	1ère cl.	2ème cl.	Total																						
Assis - NF	16	151 + 1	167 + 1																						
- F	16	70	86																						
Debout - NF	9	75	84																						
- F	0	0	0																						
Total	41	296(+1)	337(+1)																						
<p>Partie électrique</p> <p><u>Appareillages auxiliaires</u></p> <p>1. Groupe moteur-compresseur - Moteur ~AVK-GMR 180.5.B8 - 7,32 kW - Compr. : 241 VB, 2 cylindres, 2 étages - Pression de refoulement : 9 bar - Débit : 770 l/min</p> <p>2. Convertiss. statique dans HVABD - 36 kW - entrée : 3 kV= - sortie : 110 V= pr. batterie 2 x 30 V= frein récup.</p> <p>Convertiss. statique voit. interméd. - 11 kW - entrée : 3 kV= - sortie : 110 V= pr. batterie - 220 V 50 Hz ~</p> <p>3. Batteries d'accumulateurs - HVABD : - Cadmium-Nikkel - 75 éléments - 140 Ah, 110 V - Voit. interméd. : - Cadmium-Ni - 75 éléments - 70 Ah, 110 V - Safta FC7</p>	<p><u>Equipement de traction</u></p> <p>Constructeur : ACEC Charleroi</p> <p>Type de commande : 2 hacheurs à thyristors à commande électronique</p> <p>Moteurs de traction</p> <p>Nombre : 4 Puissance unihoraire : 350 kW Puissance continue : 310 kW Type : AE 231S, autoventilé Suspension : complètement suspendu sur 3 points</p> <p>Transmission : élastique, type sécheron de BBC. Le carter est monté sur roulements à rouleaux</p> <p>Paliers de l'arbre : du mot. de traction : roulements à billes et à rouleaux</p> <p>Rapport d'engrenages : 3,172 (92/29).</p>																								

ANNEXE 2
Fiche signalétique machine Diesel Type 77



Fiche descriptive de la locomotive de manoeuvre diesel-hydraulique série 77

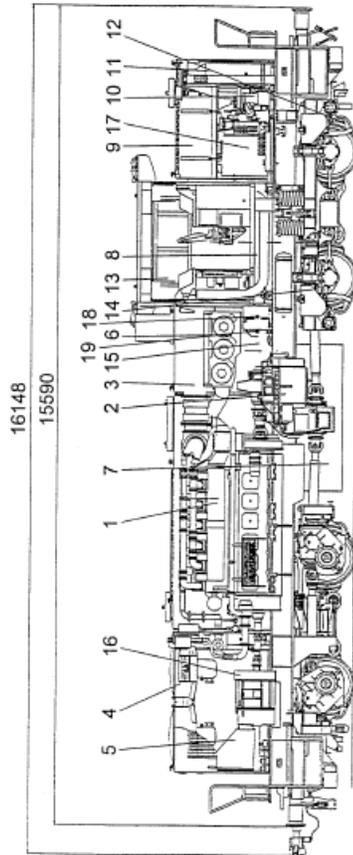
610.01.24

2

Supplément 3

Locomotive Diesel - Hydraulique série 77

1. Moteur diesel
2. Transmission hydraulique Voith
3. Silencieux
4. Ventilateur groupe de refroidissement
5. Radiateurs
6. Filtre à air moteur diesel
7. Réservoir à gasoil
8. Batterie
9. Réservoir à air (1000 l)
10. Compresseur
11. Pupitre de freinage
12. Unité de frein
13. Poste de conduite
14. Bogie
15. Transmission du refroidisseur
16. Générateur
17. Convertisseur pour services de secours
18. Réservoir d'eau (sanitaire)
19. Réservoir de lave-glace



16148
15590

Généralités

Effectif : 90 à la construction + 80
 Type: B-B
 Masse: t 87,4
 - entièrement en ordre de marche
 Approvisionnements:
 - gasoil l 4300
 - huile de graissage moteur diesel l 350
 - transmission l 280
 - eau de refroidissement du diesel l 700
 - sable kg 600
 Masse max. par essieu t 22,07
 Effort de traction continu: ($\mu = 0,30$) kN 210
 - régime ligne kN 240
 - régime manoeuvre kN 264
 Puissance au démarrage: ($\mu = 0,25$)
 Vitesse max: km/h 100
 - voyageurs km/h 60
 - marchandises m 75
 Rayon minimal pour courbes: m 250
 Rayon min. de courbe en plan vert: m 1000
 Diamètre des roues: mm
 Numérotation: 7701 - 7790, 7791 - 7870

Partie caisse

Constructeur: SIEMENS-VOSSLOH à Kiel (A)
 Année de construction: 1999-2002
 2003-2005
 Freinage:
 Frein électropneumatique Knorr à freinage direct et robot de frein automatique.
 Un compresseur à vis Knorr SL20-5-57 est commandé électriquement; l'air est séché dans un sécheur d'air.
 Dispositif de commande:
 L'unité électrique de commande SIBAS 32 agit sur le réglage de vitesse du moteur diesel et sur la commande de la transmission.
 HL 7701 - 7708: commande à distance de la cabine de signalisation AAR + BSI
 HL 7709 - 7718: commande à distance via l'émetteur portatif MAR + BSI
 HL 7719 - 7770: commande à distance via l'émetteur portatif MAR/radio de ligne
 HL 7771 - 7790: fonctionnem. normal + ATBL-NL et PZB/radio de ligne
 HL 7791 - 7870: fonctionnem. normal

Moteur diesel

Constructeur: A.B.C.
 Type de fabrication: 6DZC-1000
 Mode de fonctionnement:
 4 temps, suralimenté par turbocompresseur.
 Méthode d'injection: directe
 Réglage de la puissance: par réglage électronique de la vitesse.
 Démarrage du moteur: via un starter électrique Bosch.
 Puissance nominale kW 1150
 Vitesse de rotation l/m 400 -1000
 Cylindres
 - nombre 6
 - disposition en ligne
 - alésage mm 256
 - course mm 310
 Masse complète: ton 10,2
 Pression de l'injection: bar
 Pression moy. effect. bar 14,42
 Vitesse moy. de piston m/s 10,32
 Couple max. daNm -

Transmission

Transmission:
 Transmission hydraulique Voith L4r4 avec deux convertisseurs de couple pour chaque sens de marche.
 Commutation en mode voie ou manoeuvre en immobilité.
 Freinage hydro-dynamique possible.
 Arbres moteurs:
 Ponts Vossloh 1.25 et cardans.
 Disposition des locomotives:
 - accouplement en traction multiple jusqu'à 3 unités;
 - HL 7701 - 7870: peuvent circuler en traction multiple avec HL 7701 - 7870.
 Services de secours:
 Entraînement 3 x 400 V avec alternateur-convertisseur; ventilateurs de refroidissement et compresseur

ANNEXE 3
Éléments de signalisation

1. Le circuit de voie

Le circuit de voie est un équipement électrique qui permet de constater la présence d'engins ferroviaires lourds sur une partie bien déterminée d'une section de voie. Par engins ferroviaires lourds on entend les véhicules ferroviaires capables, par leur construction (poids, conductivité électrique), de faire fonctionner à coup sûr des circuits de voie, des rails isolés et des contacts de rail.

D'un point de vue électrique, un circuit de voie peut être comparé à une ligne de transmission, où le court-circuit provoqué par les essieux fait chuter la tension sur le récepteur en deçà d'un seuil minimum, à la suite de quoi ce récepteur détecte une occupation, c'est le relais de voie. La longueur de la partie de voie dans laquelle un véhicule est détecté, est appelée **zone de détection**. Cette zone de détection peut être délimitée de manière très précise (par exemple, joints physiques isolés dans la voie), mais peut aussi présenter des limites moins précises (quelques mètres) dans le cas de joints électriques (par exemple, circuits de voie sans joint physique).

Le circuit de voie constitue un élément important pour la fiabilité des installations de signalisation et la sécurité du trafic ferroviaire. C'est pourquoi il doit satisfaire à des exigences élevées de fiabilité.

2. Block system à voie ouverte

Principe

Les sections sont normalement débloquées et le signal de block s'ouvre dès que la section est libre.

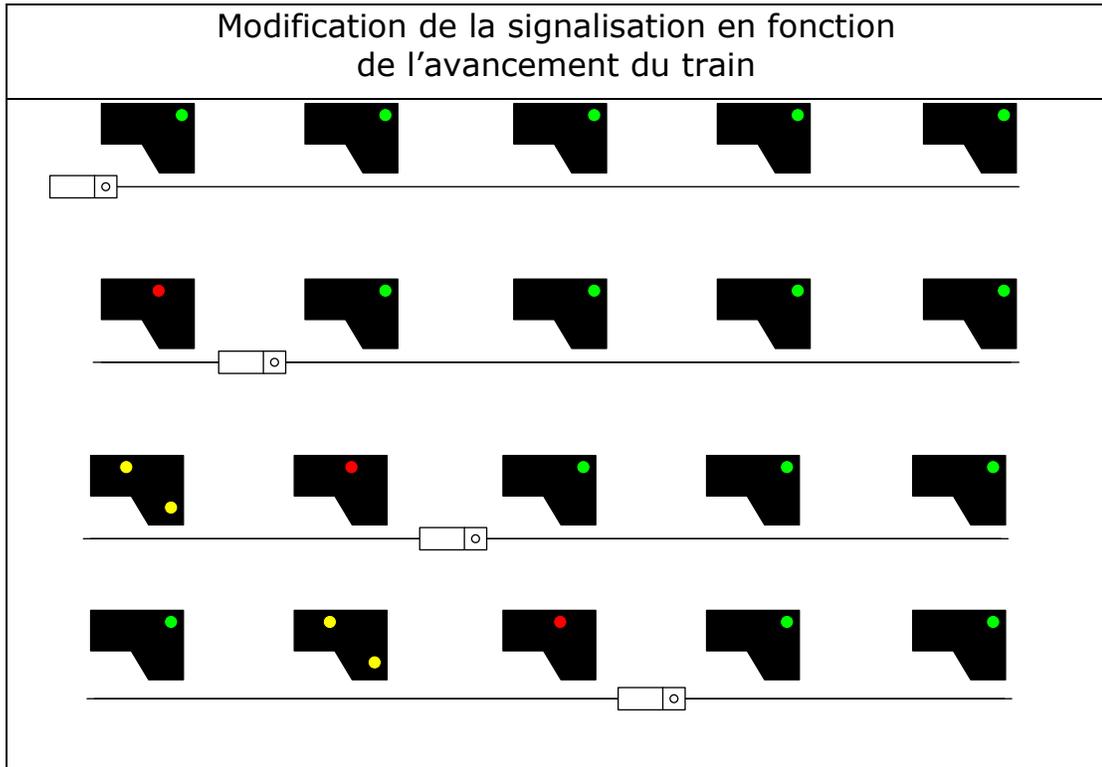
Ouverture du signal de block

Le signal de block ne reste fermé que durant l'occupation de la section.

Dénomination

Ce système est appelé block automatique.

Exemple



3. Le Crocodile



Le crocodile est un appareil situé entre les deux rails de la voie qui aide le conducteur à respecter les indications fournies par un signal ou un panneau.

Il y a, entre le crocodile et le rail le plus proche, une différence de tension dont la polarité dépend de l'aspect affiché par le signal concerné :

- différence de tension négative : signal vert;
- différence de tension positive : signal restrictif (le signal n'est pas vert).
- tension nulle : signal rouge

Cette différence de tension actionne un appareil installé à bord des engins de traction, qui permet de contrôler la vigilance du conducteur : le **système « MEMOR »**.

4. Le système « MEMOR »

Répétition des signaux

Le **système « MEMOR »** réalise, à partir de l'impulsion électrique fournie par les crocodiles, la répétition de l'aspect des signaux au poste de conduite à l'aide d'un signal acoustique émis par un gong ou par l'allumage d'une lampe :

- l'impulsion électrique négative provoque l'allumage d'une lampe bleue ou le fonctionnement bref d'un gong, ce qui constitue la répétition au poste de conduite de l'aspect « feu vert » d'un grand signal ;
- l'impulsion électrique positive provoque l'allumage d'une lampe jaune, ce qui constitue la répétition au poste de conduite du panneau ou de l'aspect du grand signal indiquant une mission restrictive. La mémorisation reste enregistrée jusqu'à la rencontre d'un croco avec tension négative.

Vigilance et arrêt automatique

Le conducteur manifeste sa vigilance en appuyant sur le bouton-poussoir « Vigilance » avant le passage au droit du signal que l'on suppose « double jaune » ; cette action provoque l'allumage de la lampe jaune dans le poste de conduite. Lorsque l'impulsion est captée, la lampe jaune s'éteint. Le conducteur libère alors le bouton-poussoir ; la lampe jaune se rallume.

Si par manque de vigilance, le bouton-poussoir n'a pas été enfoncé, la lampe jaune se met à clignoter dès la transmission de l'impulsion. Le conducteur dispose alors d'un délai de 4 secondes pour enfoncer et lâcher le bouton-poussoir « Vigilance » (vigilance tardive). Dans ce cas, une impulsion de pointage tardif est enregistrée sur la bande de vitesse. A défaut, la lampe jaune continue à clignoter, le ronfleur du dispositif de veille automatique fonctionne et la valve d'urgence s'ouvre, ce qui provoque l'arrêt automatique du convoi.

Mémorisation de la mission restrictive imposée par le signal

La lampe jaune allumée aide le conducteur à mémoriser la mission restrictive imposée par le signal rencontré. Elle s'éteint lors du passage au droit du prochain signal provoquant l'allumage de la lampe bleue ou le fonctionnement bref du gong.

Le conducteur éteint la lampe jaune de mémorisation en appuyant sur son cabochon lorsque l'allumage de la lampe ne se justifie plus.

Le système « MEMOR » est donc actif si le crocodile lui transmet une impulsion positive.

Dans le cas d'un signal rouge, aucune impulsion n'est transmise par le crocodile et par conséquent la vigilance du conducteur n'est pas testée. Si le signal présente un tel aspect, il n'y a donc pas d'arrêt automatique.

5. Tracé permanent

Le tracé permanent permet au desservant de laisser fonctionner la cabine de signalisation en « mode automatique ».

Dans ce mode de fonctionnement de la cabine, aucune action humaine en cabine n'est nécessaire pour faire circuler les trains. Le tracé permanent ne permet pas de faire passer un train de la voie A vers la voie B (voir plus haut le PSS).

Le tracé permanent permet uniquement le passage en voie directe, c'est-à-dire pour les trains venant de voie A de continuer voie A et pour les trains venant de voie B de continuer voie B.

Le jour de l'accident, le desservant du poste doit supprimer le tracé permanent pour permettre le passage du train de marchandises de la voie A vers la voie 3 dans le domaine privé de l'entreprise DUMONT-WAUTHIER.

Le train de marchandises doit donc emprunter sur une courte distance la voie B pour rentrer voie 3 (voir Plan).

Le tracé de l'itinéraire du train de marchandises voie A vers 3, ne peut se faire que si le train en approche voie B est suffisamment loin.

En effet, il faut que la signalisation s'adapte pour permettre au train sur la voie B d'adapter sa vitesse pour franchir la liaison et éventuellement de s'arrêter devant le signal en voie B qui protège la portion de voie où s'effectuera le passage du train issu de la voie A.

Selon le schéma et suite aux essais effectués sur le terrain, on peut dire que si le train voie B est plus de 836m (CVTH(Ia)) en amont du signal K10, le tracé permanent pourra être supprimé et l'itinéraire voie A vers voie 3 tracé.

Le mode tracé permanent fonctionne sur batterie donc en courant continu 40V.

Le tracé permanent n'est donc pas affecté par une rupture d'alimentation du 110V.

Si un convoi circule sur l'itinéraire ou a foulé le CV d'annonce, l'itinéraire en cours reste enclenché et ne peut être modifié. Il ne pourra être supprimé que si tous les CV sont hauts et que toutes les pédales ont été foulées.