

Le simulateur de conduite, un nouvel atout pour la formation des conducteurs

La sécurité: souci prioritaire et permanent

Le transport ferroviaire est le plus sûr de tous les modes de transport. Cela résulte pour une part d'un souci extrêmement poussé de concevoir des équipements d'infrastructure et des matériels toujours plus sûrs et d'autre part de les entretenir selon des programmes et des normes très strictes. Ce souci de sécurité se retrouve aussi en permanence dans les programmes de formation de toutes les catégories de personnel intervenant dans la circulation des trains, à savoir les agents réglant les circulations en gare et en ligne, les conducteurs, les agents d'accompagnements des trains, etc.

Parmi ces fonctions, celle de conducteur a fait l'objet d'une approche spécifique, adaptée à plusieurs reprises aux particularités de ce métier et à son évolution. Dans cette optique, la SNCB vient de se doter d'un outil pédagogique particulièrement performant: un simulateur de conduite.

La formation professionnelle des conducteurs depuis janvier 1996

Le métier de conducteur de trains, de voyageurs ou de marchandises, requiert de la part des agents qui l'exercent, des compétences et des connaissances particulières. La formation de base d'un conducteur demande environ 15 mois. Il faut ensuite que la Société puisse s'assurer que chaque conducteur conserve tout au long de sa carrière, outre son aptitude physique, un niveau de connaissances pratiques et théoriques optimal, compte tenu de l'évolution de la réglementation et de la technologie du matériel roulant. Par conséquent, tous les conducteurs assistent régulièrement à des séances de formation ou de recyclage.

La SNCB vient de procéder à une réorganisation de cette formation professionnelle. Elle est désormais encore plus efficace et plus appropriée. Les buts recherchés sont multiples: optimiser encore davantage la sécurité du trafic, tant au bénéfice du client voyageurs ou marchandises, qu'à celui de la SNCB et parfaire l'aptitude des conducteurs.

Dorénavant, la matière est divisée en deux parties sur une période de trois ans. Elle a trait à la signalisation, la sécurité du travail et la réglementation qui est en quelque sorte le code de la route ferroviaire. Les conducteurs assistent dans chaque demi-période de 18 mois à un cycle de formation de 5 jours consécutifs. Libérés de leur affectation normale pendant le temps nécessaire, ils sont placés dans un contexte plus propice à l'assimilation de la matière. Antérieurement, les jours de formation étaient répartis tout au long de la période de formation.

Le simulateur: un outil pédagogique de haute technologie

Jusqu'à présent, l'apprentissage des gestes du métier était réalisé exclusivement au moyen d'exercices pratiques en situation réelle dans les postes de conduite. Il n'était dès lors possible de mettre l'élève-conducteur qu'en face de situations courantes et les situations d'urgence ou particulières ne pouvaient faire l'objet que d'une explication théorique.

Le simulateur présente toutes les fonctions d'un véritable poste de conduite. La simulation est à ce point réaliste que le défilement de l'image, les mouvements de la cabine résultant par exemple d'une accélération ou d'un freinage et les bruits sont restitués, exactement comme en situation réelle.

Si tant est que les simulateurs de vol sont généralisés dans le domaine militaire ou civil, il n'en reste pas moins vrai que pour les trains, ils constituent un phénomène tout à fait récent. Les premiers simulateurs de trains ont été mis en service il y a environ deux ans pour la formation des conducteurs Eurostar.

Deux simulateurs ont été conçus et construits en grande partie par la SNCB elle-même. L'un se trouve à l'atelier central de Salzinnes, l'autre à l'atelier central de Malines.

La formation avec le simulateur consiste aussi dans un deuxième temps à visionner l'exercice qui a été enregistré et à commenter avec 3 ou 4 autres conducteurs les gestes qui ont été exécutés.

La SNCB compte environ 4.400 conducteurs (dont 600 conducteurs de manoeuvre) répartis entre 46 dépôts. Dans chaque demi-période de formation d'une durée de 18 mois, chaque conducteur consacrera une journée entière à l'apprentissage sur simulateur. Une dizaine de

conducteurs environ s'exercent chaque jour depuis le début du mois de janvier de cette année sur l'un des deux simulateurs. Ultérieurement, il est prévu de mettre en service trois autres simulateurs du même type.

La SNCB est la seule entreprise ferroviaire à avoir conçu et construit en grande partie elle-même un simulateur. Elle dispose ainsi d'un savoir-faire incontestable lui permettant de valoriser et de commercialiser cet outil sur le marché. De plus, parmi les réseaux européens qui en sont déjà équipés, le simulateur belge est actuellement le plus performant de par la qualité de l'image de synthèse, la technique du son numérique et le réalisme des mouvements de la cabine.

Réalisme de la simulation

Pour qu'un simulateur puisse permettre une formation poussée, il doit être en mesure de restituer la réalité aussi fidèlement que possible. C'est la raison pour laquelle les simulateurs de conduite de trains ont mis plus longtemps à être réalisés que ceux simulant le vol aérien: l'image virtuelle ne permettait pas une reproduction réaliste avec suffisamment de détails de la signalisation le long des voies.

Le réalisme ne requiert pas seulement de restituer le paysage, mais également de reproduire les mouvements de la cabine de conduite, les réactions du train et l'environnement sonore.

Le simulateur est en réalité une chambre noire, dans laquelle se trouve un poste de conduite et un grand écran de projection. La cabine est une copie conforme du poste de conduite d'une locomotive (type 27). Les images virtuelles, qui sont le résultat de l'image de synthèse digitale, sont projetées sur l'écran. Les images permettent de restituer de manière très réaliste un environnement, que l'on peut modifier et adapter. La vitesse des images est couplée à la vitesse théorique de la cabine. Les mouvements de la cabine sont gérés par ordinateur, et matérialisés par des vérins électriques, grâce auxquels le conducteur perçoit les sensations dues par exemple à l'arrêt, le freinage ou l'accélération.

Par ailleurs, toutes les données relatives au train sont intégrées dans la simulation, telles que la longueur, la charge et la nature du convoi. Cela a pour effet que toutes les réactions en relation avec divers types de trains peuvent être fidèlement restituées: la vitesse autorisée, le comportement dynamique, la distance de freinage, etc.

Un générateur digital de son gère le rendu de l'environnement sonore via l'utilisation de séquences de bruits préalablement enregistrées et mémorisées. En plus des signaux sonores, les bruits mécaniques classiques d'un train sont perceptibles dans la cabine.

La formation sur simulateur

A côté du simulateur proprement dit, se trouve également un pupitre de commande pour le formateur, qui dirige les exercices de simulation. Celui-ci dispose de quatre écrans-vidéos visualisant chacun respectivement:

- une vue du tableau de bord du poste de conduite;
- l'image de synthèse projetée;
- la commande de simulation;
- une vue de l'intérieur du poste de conduite.

Pendant un exercice de simulation, le conducteur en formation effectue un parcours déterminé, au cours duquel divers obstacles surgissent. Le conducteur se voit confronté à des problèmes de traction, de freinage, ou dûs à d'apparentes anomalies à la signalisation, ou encore à des problèmes survenus à hauteur de passages à niveau, à d'autres trains en difficulté.

Le formateur peut intervenir à chaque moment et modifier le déroulement de l'exercice. Il peut adapter les signaux, provoquer des incidents en ligne, simuler des pannes techniques au train, etc. Il maîtrise également les conditions atmosphériques (soleil, pluie, brouillard), les saisons, et peut alternativement passer de la nuit au jour, ou au crépuscule, etc.

Une caméra placée dans la cabine donne au formateur une vue des réactions du conducteur et permet d'enregistrer l'exercice sur vidéo. A l'issue de celui-ci, l'enregistrement peut être repassé, de manière à ce que le conducteur puisse constater lui-même ses éventuels manquements.

Le formateur dispose sur le pupitre, d'une liaison radio avec le poste de conduite, qui simule liaison radio sol-train. Dans ce cas de figure, le formateur joue le rôle du régulateur du trafic du dispatching, comme c'est le cas dans la réalité.

Les diverses parties composant le simulateur

La cabine de conduite

L'atelier central de Salzinnes a réalisé la réplique exacte de la cabine de conduite d'une locomotive électrique de ligne de série 27. Une structure modulaire en tubes d'aluminium constitue l'ossature rigide de la cabine, ce qui autorise son montage sur une plate-forme dynamique.

Le poste de conduite est muni de tous les équipements d'une véritable locomotive:

- les cadrans et l'affichage lumineux pour la traction;
- les manomètres et les robinets de frein;
- l'équipement de la "Transmission Balise Locomotive" (TBL: la liaison entre le train et la signalisation);
- la radio sol-train;
- le frein à main, les klaxons et accessoires de bord.

La conduite d'un train du train est gérée par deux programmes informatiques: l'un sert à la simulation des fonctions du poste de conduite, l'autre à la simulation du train. Les programmes tiennent compte du profil de la ligne, de l'énergie de traction nécessaire, du freinage, des spécificités du train (type, charge, longueur...).

L'image de synthèse.

L'imagerie du simulateur de train aurait de quoi combler les amateurs de "réalité virtuelle". Grâce aux détails qui la composent, elle atteint un niveau incroyable de réalisme.

Le tracé et l'implantation des signaux sont inspirés d'une ligne ferroviaire existante, tandis que les éléments du décor sont fictifs, mais ont pour base des photos réelles qui ont été scannées.

L'image est couplée à tous les autres éléments de la conduite et au comportement du train. Elle ralentit, s'accélère ou s'arrête.

La gestion de l'image est assurée par un ordinateur graphique très puissant, qui travaille en temps réel et calcule 60 images par seconde. L'image, d'une définition de 1.080.000 (1.200 lignes/ 900 points), est projetée sur un écran de 3m sur 2,25m, qui se trouve à 6m du conducteur, pour son confort visuel.

Le système de mouvement de la cabine

La cabine peut simuler divers mouvements d'un train grâce à l'utilisation de vérins pilotés électriquement:

- les vibrations transversales et verticales ainsi que les petites secousses, dépendant de la qualité de la voie et de la suspension du train ou au passage d'aiguillages;
- l'inclinaison dans les courbes ;
- le freinage, le desserage des freins et l'arrêt;
- l'accélération du train;
- la montée et la descente en rampe ou pente par le train;
- les impulsions dynamiques dues par exemple aux défauts de la voie ou de la suspension, ou au passage à vitesse élevée sur des zones de travaux ou des aiguillages.

Tant la partie électromécanique que le programme de commande ont été développés par l'atelier central de Salzinnes.

L'équipement sonore

La restitution de sons rend la simulation tout à fait réaliste. Les sons sont enregistrés numériquement et réinjectés sur des mémoires EPROM.

Il s'agit de bruits externes, tels que le passage d'un train, la sonnerie d'un passage à niveau, les bruits de roulement, les bruits provoqués par la résistance de l'air, le klaxon d'un autre train. Les bruits propres à la locomotive sont synchronisés avec les manipulations du conducteur: le bruit plus ou moins prononcé en fonction de la vitesse, le bruit des transformateurs, ventilateurs et compresseurs, le son des klaxons de la locomotive.

Pour la restitution des sons dans la cabine, on a fait appel à un amplificateur 4 voies (4 x 20 watts), avec six haut-parleurs. La qualité sonore est du niveau de celle d'un compact-disque, grâce à la technique digitale.

Firmes ou services qui ont collaboré au développement du simulateur

Atelier Central de Salzinnes (SNCB)	- cabine de conduite - simulateur de gestion du comportement dynamique du train - simulateur du poste de conduite - pupitre de commande de la locomotive - équipements de la cabine - TBL - interface direct - système de mouvement de la cabine - générateur digital de son
Atelier central de Malines (SNCB)	- fourniture du simulateur électro-pneumatique du frein - fourniture l'équipement-frein du poste de conduite
Infrastructure Telecom (SNCB Schaerbeek)	radio sol-train
Corys (Grenoble)	- conception des programmes de coordination du poste de conduite et de l'image de synthèse et mise en oeuvre de l'imagerie - fourniture des ordinateurs: - SUN Spark LX - ordinateur graphique ONYX Reality Engine 2 (Silicon Graphics)
Barco (Kortrijk)	- fourniture du projecteur Barco 808
Caron Vector (Wavre)	fourniture des vérins électriques et de leur équipements de commande
Eldon (Braine l'Alleud)	fourniture du meuble pupitre du formateur
Sherwood (Liège)	fourniture des moniteurs Philips

De treinsimulator: hoeksteen van de opleiding

Persvoorstelling 20 maart 1996

Oog voor veiligheid

Vervoer per trein is synoniem van uiterst veilig vervoer. Dat danken de spoorwegen ten dele aan een infrastructuur en een materieel met een nog steeds groeiende intrinsieke veiligheidsgraad, gekoppeld aan een strikt onderhoud en stringente normen.

Een scherp oog voor veiligheid, dat we ook terugvinden in de opleidingsprogramma's voor het personeel dat met het treinverkeer te maken krijgt. Het gaat hier om degenen die in de stations en op de lijn het verkeer regelen, de bestuurders, de treinbegeleiders, enz.

Een belangrijke rol is uiteraard weggelegd voor de treinbestuurder, die een specifieke opleiding krijgt. Daarbij gaat veel aandacht naar de evolutie van de job.

Om de bestuurdersopleiding nog te verbeteren, heeft de NMBS de meest moderne middelen ingeschakeld onder de vorm van een krachtige treinsimulator.

De beroepsopleiding van de bestuurders versie 1996

Het beroep van treinbestuurder - voor reizigers- of goederenverkeer - vergt een specifieke kennis. De basisopleiding van een bestuurder duurt 15 maanden. En daar blijft het niet bij. Gedurende zijn gehele loopbaan moet de bestuurder, naast de vereiste fysieke geschiktheid, zijn vaardigheden en kennis op peil houden. Elke bestuurder neemt dus regelmatig aan cursussen of trainingssessies deel.

Onlangs heeft de NMBS de beroepsopleiding van de bestuurders herzien om ze meer efficiënt en doelgericht te maken. De onderneming wil daarmee de veiligheid van het treinverkeer nog opdrijven en de parate kennis van haar personeel nog aanscherpen.

De navorming gebeurt vanaf nu in twee delen gespreid over drie jaar, waarbij de bestuurders elke 18 maanden een vormingssessie van 5 opeenvolgende dagen bijwonen. Bevrijd van hun dagelijkse taak kunnen ze zich beter toespitsen op de opleiding in een daartoe gunstig klimaat.

Besturingssimulator SIMT 27 voor treinen

Aanvankelijk leerden de bestuurders de knepen van het vak via praktische oefeningen waarbij ze met een locomotief het spoorwet opgingen. Nadeel van deze methode was dat de aspirant-bestuurders enkel werden geconfronteerd met veel voorkomende situaties, terwijl uitzonderingen of noodscenario's zich enkel op het bord lieten uitleggen.

Met de simulator komt daar verandering in. Alle functies van een echte trein zijn hernomen. De simulatie is uitermate realistisch. De beeldopvolging, de cabinebewegingen en de geluiden zijn gekoppeld, zodat bv. bij remmen of versnellen een verbluffend realisme ontstaat.

Momenteel beschikt de NMBS over twee besturingssimulators voor treinen, die grotendeels door de eigen diensten gebouwd werden. Eén bevindt zich in de Centrale Werkplaats van Salzinnes (Namen), de andere in de werkplaats van Mechelen. De NMBS wil in de toekomst nog drie simulators bijbouwen.

Zijn simulators al gemeengoed op professioneel vlak in militaire middelen en bij piloten, dan blijven ze voor treinen een vrij nieuw fenomeen. De eerste simulators voor treinen zijn een tweetal jaren geleden in dienst genomen voor de opleiding van de Eurostar-bestuurders.

Tijdens elke vijfdaagse sessie zal een bestuurder een volledige dag of twee halve dagen met de simulator werken. Elke oefening wordt op video opgenomen en in aanwezigheid van drie of vier andere bestuurders worden de handelingen besproken.

In totaal telt de NMBS 4.400 bestuurders (waarvan 600 voor de rangering), die verdeeld zijn over 46 depots. Sinds begin januari zijn dagelijks een twaalfstal bestuurders aan de slag met één van de simulators.

De NMBS is de enige spoorwegonderneming die grotendeels zelf haar simulator ontworpen en gebouwd heeft. Ze heeft dan ook een know-how verworven die op de markt kan gecommercialiseerd worden. Bovendien is de NMBS-treinsimulator in vergelijking met die van andere Europese spoorwegen de meest verregaande, zowel voor de kwaliteit van het digitale synthesebeeld en de digitale geluidsweggeve als voor de cabinebewegingen.

Realistische simulatie

Wil een simulator voldoende te bieden hebben voor een doorgedreven opleiding, dan moet hij in staat zijn de realiteit zo getrouw mogelijk na te bootsen. Dit was totnogtoe de reden waarom wel simulators voor vliegtuigen en dergelijke bestonden, maar niet voor treinen: computerbeelden lieten niet voldoende detail toe voor realistische weergave, vooral m.b.t. de details van de seinen langs het spoor. Het realisme dat nu wordt bereikt, behelst niet enkel de beelden van de omgeving, maar ook de bestuurderscabine, de reacties van de trein en de omgevingsgeluiden.

De simulator is eigenlijk een grote zwarte doos, met een bestuurderscabine en een groot scherm voor projectie. De cabine is een werkelijkheidsgetrouwe kopie van de stuurpost van een locomotief (type 27). Op het scherm worden computerbeelden geprojecteerd die het resultaat zijn van digitale beeldsynthese. Die beelden laten toe om een zeer realistische omgeving te scheppen, die men kan sturen en aanpassen. De snelheid van de beelden is gekoppeld aan de theoretische snelheid van de cabine. De cabine kan eveneens bewegen, zodat bv. het stoppen, het afremmen of het optrekken voelbaar wordt.

Verder worden in de simulatie alle gegevens ingevoerd met betrekking tot de trein, zoals lengte, gewicht en aard. Dat maakt dat alle reacties van de simulatie met betrekking tot diverse treintypes getrouw kunnen worden weergegeven: toegelaten snelheid, dynamisch gedrag, remafstand, enz.

Een digitale geluidsprocessor zorgt voor een werkelijkheidsgetrouwe geluidswaergave via het gebruik van digitaal opgenomen samples. Naast de geluidssignalen in de cabine, zijn ook de typische mechanische geluiden van een trein opgenomen.

Opleiding met de simulator

Naast de eigenlijke simulator is er ook een console voor de opleider, die de simulatie-oefening leidt. De console is uitgerust met vier computerschermen voor:

- het beeld van de bedieningsinstrumenten van de stuurpost;
- het synthesebeeld van de spoorlijn;
- het tweedimensionale beeld voor het sturen van de simulatie;
- het videobeeld van het interieur van de stuurpost.



Tijdens een simulatie-oefening legt de bestuurder in opleiding een bepaald parcours af, waarbij diverse incidenten worden opgeroepen. De bestuurder ziet zich geconfronteerd met tractieproblemen, defecten aan de rem, een slecht functionerende seininrichting, problemen op spoorwegovergangen, andere treinen in moeilijkheden.

De opleider kan op elk moment tussenkomen en het verloop van de oefening wijzigen. Hij kan de seinen aanpassen, incidenten veroorzaken op de lijn, technische defecten aan de trein simuleren, enz. Hij controleert eveneens de atmosferische toestand (zon, regen, mist), de seizoenen en kan afwisselend overschakelen van dag op nacht, schemerduister, noem maar op.

Een camera in de stuurcabine geeft de opleider een zicht op de reacties van de bestuurder en laat toe de oefensessie op te nemen op video. Na de oefening kan de video opnieuw worden afgespeeld, zodat de bestuurder zelf eventuele gebreken kan nagaan.

De opleider beschikt op de console ook over een radioverbinding met de stuurcabine, die de trein - grond-verbinding simuleert. De opleider speelt in dit geval de rol van verkeersleider zoals dat normaal gebeurt op de seinhuizen.

De diverse onderdelen van de simulator

De bestuurderscabine

De SIMT 27 is een getrouwe kopie van de stuurpost van een elektrische lijnlocomotief type 27. De cabine werd ontwikkeld en gebouwd door de Centrale Werkplaats van Salzinnes. Ze is gebouwd rond een aluminium frame, wat de installatie van een systeem voor beweging toelaat (de cabine is op een dynamisch platform gemonteerd).

Alle uitrustingen van de echte locomotief zijn uiteraard hemomen:

- de instrumenten en meldlampen voor de tractie;
- de remkranen en manometers voor de remmen;
- de uitrusting voor de Transmissie Bakken - Locomotief (TBL : de verbinding tussen trein en seininrichting);
- de radioverbinding grond - trein;
- de handrem, claxon en de toebehoren.



De besturing van de trein wordt opgevolgd door twee computerprogramma's: het ene dient voor de simulatie van de functies van de bestuurderspost, het andere voor de simulatie van de trein. De programma's houden rekening met het profiel van de lijn, de benodigde tractie-kracht, de eigenschappen van de trein (type, gewicht, lengte,...) en de remmen.

Het synthesebeeld

Liefhebbers van "virtual reality" kunnen hun hart ophalen aan de beelden van de treinsimulator. Door de detaillering bereiken zij immers een verbluffende graad van realisme.

Het tracé en de inplanting van de seinen zijn gebaseerd op een bestaande spoorlijn, terwijl de decorelementen fictief zijn. Ze zijn wel gebaseerd op foto's.

Het beeld is gekoppeld aan alle elementen van de besturing en het gedrag van de trein en vertraagt, versnelt of komt tot stilstand.

De beeldopbouw wordt verzekerd door een krachtige grafische computer, die in real time werkt en 60 beelden per seconde berekent. De definitie van het beeld bedraagt 1.080.000 pixels (1200 lijnen - 900 punten).

Het beeld wordt op een scherm van 3 op 2,25 m geprojecteerd, dat zich vanwege het visuele comfort op zes meter van de bestuurder bevindt.

Systeem voor cabinebewegingen

Aan de hand van elektrisch aangedreven vijzels kan de cabine de diverse bewegingen van een trein simuleren:

- transversale en verticale vibratie en schokbewegingen, afhankelijk van de kwaliteit van de sporen en de ophanging van de trein of bij het passeren van wissels;
- de helling in de bochten;
- het remmen, lossen van de remmen en stilstand;
- versnelling van de trein;
- het beklimmen en afdalen van hellingen;
- de bewegingen van de trein wanneer er zich bv. technische problemen aan spoor of ophanging voordoen, of wanneer te snel gereden wordt in werkzones of over wissels.



Zowel het elektromechanische gedeelte als het sturingsprogramma zijn in huis ontwikkeld door de Centrale Werkplaats Salzannes.

Geluidsinstallatie

De weergave van geluiden maakt de werkelijkheidsgetrouwe simulatie volledig. De geluiden zijn digitaal opgenomen en daarna overgezet op EPROM-geheugenchips.

Het gaat om externe geluiden, zoals het voorbijrijden van een trein, de belgeluiden van een overweg, de rijgeluiden, de geluiden veroorzaakt door de luchtweerstand, de claxon van een andere trein. Daarnaast worden de geluiden binnen de cabine weergegeven: het geluid van de tractiemotoren in functie van de snelheid, de geluiden van de hakkers (stroomomvormers), ventilatoren, omvormers en van de claxons van de locomotief.

Voor de weergave wordt beroep gedaan op een vierwegsversterker (4 x 20 Watt) met zes luidsprekers. De geluidskwaliteit is dankzij de digitale techniek van Compact Disc-niveau.



Firma's en NMBS-diensten die meewerkten aan de ontwikkeling van de simulator

Centrale Werkplaats Salzannes (NMBS)	- bestuurderscabine - simulatieprogramma voor bepalen treintype - simulatieprogramma voor cabine - bedieningspaneel locomotief - uitrusting cabine - TBL - directe interface - bewegingssysteem cabine - geluidssysteem cabine - digitale geluidsgenerator
Centrale Werkplaats Mechelen (NMBS)	- elektro-pneumatische remsimulator - cabine-uitrusting rem
Infrastructuur TELECOM (NMBS Schaarbeek)	Radio grond - trein
Corys (Grenoble)	Ontwerpen van programma's voor de coördinatie van de trein met de synthesebeelden en voor het opwekken van de beelden. Levering van de computers: - SUN Spark LX - grafische computer ONYX Reality Engine 2 (Silicon Graphics)
Barco (Kortrijk)	Levering projector Barco 808
Caron - Vectron (Waver)	Elektromotoren en sturingsuitrusting
Eldon (Eigenbrakel)	Meubel voor console opleider
Sherwood (Luik)	Levering Philips-monitoren