

## Het LOCOPROL/LOCOLOC Project

### LOW COst satellite based train LOCation system for signalling and train PROtection for Low density traffic railway lines

*Het beveiligen van het treinverkeer is overal ter wereld een zaak van primordiaal belang. Mogelijke fouten kunnen tot catastrofes leiden en dienen uitgeschakeld te worden. De veiligheidsnormen worden dan ook zeer scherp gesteld en men zal dan ook de beste toestellen en systemen aanwenden om dit te bereiken. Voor lijnen met geringe trafiek wordt een dergelijk veiligheidssysteem een zeer dure zaak die zwaar weegt op de kostprijs per vervoerde ton en het rendement van de lijn naar beneden haalt. Dit kan uiteindelijk leiden tot de sluiting van deze lijnen wat dan andere problemen zoals overbelasting van de wegen met zich meebrengt. Bestaat er dan geen manier om het zelfde veiligheidsniveau te bereiken aan een goedkopere prijs? Het project LOCOPROL/LOCOLOC tracht hierop een antwoord te vinden. Wellicht kan het gebruik van LEO-satellieten (Low Earth Orbit-satellieten) een deel van de zware investeringskosten vermijden en kan men toch nog de veiligheid op dezelfde wijze waarborgen.*

*In het hiernavolgende artikel wordt het waarom en het ontstaan van het project geschetst. In een tweede artikel in een volgende Focus zal dan dieper ingegaan worden op de technische achtergrond van het gebruikte algoritme, de praktische verwezenlijking van een oplossing en de vele problemen waarmede men ook hier geconfronteerd wordt.*

#### I. Historiek en problematiek van de veiligheid van het treinverkeer

De realisatie van het concept "spoorweg" bracht een echte ommekeer teweeg in het transport van personen en goederen. Via het gebruik van rails als geleidingssysteem konden lange rijen wagens aan elkaar gekoppeld worden en met behulp van een tractiemiddel vervoerd worden. Oorspronkelijk werd zoals voor alle andere vervoer op zicht gereden.

Het gebruik van stalen rails en stalen wielen en de ontwikkeling van steeds krachtiger locomotieven liet enerzijds toe de lasten en de snelheden fel te verhogen maar anderzijds liet de geringe adhesie "staal-staal" niet toe zeer snel af te remmen. Hogere snelheden vereisten zo'n lange remafstanden dat het rijden op zicht om veiligheidsredenen niet langer kon toegelaten worden.

Er moest dus een systeem bedacht worden om aan de treinbestuurder tijdig een gevaarlijke situatie te melden zodat hij nog veilig kon afremmen en stoppen.

Het drukker worden van het treinverkeer en het feit dat niet van het spoor kan afgeweken worden noodzaakten daarbij nog meer organisatie en strengere veiligheidsmaatregelen. Men kwam tot de dubbele spoorbaan met een gespecialiseerd spoor per rijzin.

Doch ook de capaciteit van de lijn of de opeenvolging van de treinen diende verhoogd en geregeld te worden. De spoorlijn werd ingedeeld in secties of blokken die lang genoeg waren opdat een trein veilig kon afremmen en stoppen voor hij het einde van de sectie bereikte.

De algemene stelregel werd: in iedere blok of sectie mag slechts één trein tegelijk aanwezig zijn en de toegang tot de sectie wordt verleend met een signaal of voorwerp: stok of ring ("token" in het engels). Deze stelregel is heden ten dage nog steeds de basisregel voor een veilig treinverkeer.

Daarbij moet ook nog aan de veiligheid bij het kruisen met de wegen (bediende overwegen) en waterwegen (beweegbare bruggen) gedacht worden.

## II. De veiligheidsnormen

### Enkele voorafgaande begrippen.

Bij het werken met veiligheidsnormen gebruikt men vaak enkele begrippen die soms wel eens door elkaar gebruikt worden. Zo spreekt men van de RAMS (reliability, availability, maintainability en safety) van toestellen en systemen maar ook het woordje integriteit komt veelvuldig voor.

Hierbij enkele definities voor deze begrippen.

- **integriteit (integrity):** de integriteit van een systeem wil zeggen dat het systeem juist werkt of dat men als output bekomt wat men ook verwacht te bekomen.
- **betrouwbaarheid (reliability):** de betrouwbaarheid van een systeem wil zeggen dat het systeem geen technische mankementen vertoont of dat onderdelen het begeven. Zo kunnen computers zeer betrouwbaar zijn maar slechts een kleine integriteit hebben. Ze blokkeren (geven geen resultaat meer) of geven verkeerde resultaten terwijl ze technisch in orde zijn. Even heropstarten en alles werkt weer juist.
- **beschikbaarheid (availability):** dit is het percentage of de tijdsduur dat een systeem kan werken zonder dat het om een of andere manier buiten dienst gaat of moet gesteld worden; zo kan een systeem waarop regelmatig onderhoudsbeurten moeten gebeuren die van lange duur zijn maar een kleine beschikbaarheid hebben; zo kan de beschikbaarheid van de ontvangst van satellieten wanneer men veel door tunnels moet rijden klein worden.
- **veiligheid (safety):** dit betekent dat het systeem beschermd is tegen allerlei uitwendige invloeden die de goede werking van het systeem kunnen beïnvloeden; zo kan een toestel beveiligd zijn tegen schokken of ontploffingen of kan het afgeschermd zijn tegen allerlei storingen en stralingen, EMC (electronic magnetic countremeasures), enz.
- **onderhoudbaarheid (maintainability):** dit betekent dat het toestel gemakkelijk te onderhouden is of dat in geval van defect men gemakkelijk een onderdeel kan vervangen zodat het weer kan werken.

Opmerking: soms gebruikt men de afkorting RAIM als men het over een toestel heeft. Deze afkorting heeft echter een gans andere betekenis en beduidt: (Receiver Autonomous Integrity Monitoring).

### De veiligheidsnormen.

De huidige normen die aan de veiligheid gesteld worden zijn zeer hoog. Ze worden bepaald door de CENELEC standaarden (CENELEC 50126, 50128 en 50129). In de seininrichting spreekt men ook van de SIL-normen (Safety Integrity Level). Deze normen variëren van minder streng, graad 1, tot zeer streng, graad 4. Voor de seininrichting wordt graad 4 vereist. De CENELEC-norm 50129 geeft het verband tussen de SIL-graad en het aantal toelaatbare fouten per uur werking en per functie, de THR (Rolerable Hazard Rate). SIL-4 wil zeggen dat een systeem minder dan éénmaal op ongeveer 100 miljoen maal functioneren een verkeerde inlichting mag geven of mag falen. Vandaar de complexe en dure detectie- en communicatiesystemen die in de seininrichting voor de veiligheid vereist zijn.

## III. De praktische verwezenlijking van deze veiligheidseisen: de seininrichting

De eerste beveiligingen bekwam men door het toepassen van het systeem met de "stok" of "token" en het voorschrijven van allerlei strict te volgen procedures. De veiligheid van dit systeem dat louter op een menselijk handelen steunde, gaf door een mogelijk menselijk falen geen grote zekerheid. Daarbij had men ook geen goed overzicht over het ganse verkeer op een lijn. Daarom ging men over tot het installeren van een **complex systeem van "interlocking"** voor het geven van de **toelatingen** en dus om het **treinverkeer van op afstand te regelen** en dit met de bedoeling het **menselijk falen zoveel mogelijk uit te sluiten**. Zo had men eerst de mechanische seinen, dan de lichtseinen en tenslotte de elektronische seinen met boodschappen via antennes en bakens.

Om nu de veiligheid te waarborgen moet de volgende functionaliteiten verwezenlijkt worden:

- **Het positioneren van de trein en het bepalen van zijn integriteit of volledigheid.**

Heden ten dage laat een automatisch systeem van detectie met spoorstroomkringen of assentellers toe te weten waar de trein zich bevindt alsook zijn integriteit, - zijn alle wagens nog te samen gebleven, - te bepalen.

- **Een interlocking systeem**

Dit systeem controleert dat, vooraleer een bevel naar de treinbestuurder vertrekt, alle veiligheidsregels gerespecteerd zijn. Vroeger gebeurde dit via mechanische inklinkingen, vervolgens via relais en nu via programma's op procescomputers.

- **De communicatie treinbestuurder - regelaar**

Tegelijk biedt een complex systeem van communicatie tussen de treinbestuurder en de persoon die het verkeer regelt, de treindispatcher en de seingever, de mogelijkheid om op een veilige manier toelatingen tot het binnenrijden van een nieuwe sectie te geven.

- **De bekabeling.**

De overbrenging van de informatie tussen de detectiesystemen, de treinbestuurder, de seingever en dispatcher vereisen tot vandaag de aanwezigheid van heel veel bekabeling. Deze bekabeling kost zeer duur en is zeer kwetsbaar. De aanwezigheid van kabels langs het spoor is nogal eens een bron van storing van het treinverkeer. Bij onderhoudswerken door de baanploegen zijn de kabels een hinder en af en toe eens wordt onverhoeds een kabel doorgehaald. In ontwikkelingslanden is de aanwezigheid van kabels zeer dikwijls een aanleiding tot vandalisme en diefstal.

#### IV. Waarom is een "low cost" systeem nodig

##### IV.1. De kostprijs per vervoerde ton

Zoals in elk economisch systeem telt tenslotte de globale kostprijs per vervoerde reizigerkm of tonkm. Dit is de prijs van de werkelijke kost van het vervoer verminderd met de baten die aan deze of gene transportwijze verbonden zijn. Wil men het vervoer per spoor rendabel houden dan moet de kostprijs per reiziger casu quo ton concurrentieel blijven ten opzichte van andere transport modi zoals de baan en het vervoer te water of in de lucht.

##### IV.2 Kostprijselementen

De kostprijs wordt door de volgende elementen bepaald:

- **de aanleg en onderhoudskosten van het spoor.** De aanlegkosten zijn hoog: de ondergrond moet goed zijn zodat het spoor stabiel is. De onderhoudskosten zijn ongeveer evenredig met het aantal ton dat over de lijn rijdt: dus weinig treinen of een geringe vervoerde tonnage veroorzaken slechts een kleine sleet.

- **de aanleg en onderhoudskosten van de beveiliging**

• **De investeringskosten**

Deze worden dus in hoge mate bepaald door de seinapparatuur alsook door de capaciteit van de lijn. Lijnen met hoge capaciteit vereisen korte bloksecties en dus veel apparatuur, lijnen met geringere capaciteit hebben langere secties en minder apparatuur maar steeds blijft nog de bekabeling bestaan.

• **De onderhoudskosten** om het veiligheidssysteem in stand te houden. Deze zijn niet evenredig met het verkeer van de treinen. Het veiligheidspersoneel moet permanent aanwezig zijn en ook de seinlampen blijven permanent branden of er nu veel of weinig treinen voorbijrijden.

• **Opleidings- en andere kosten**

Naast de bovenvermelde kosten komen ook nog de kosten voor de stock met reserveonderdelen en voor de opleiding van het personeel om dit veiligheidssysteem te onderhouden en te besturen.

Een **infrastructuurbeheerder** die over een uitgebreid net beschikt, zal er naar streven **over het ganse net hetzelfde veiligheidssysteem** te gebruiken. Hierdoor kan enerzijds de stock aan reserve onderdelen zeer beperkt gehouden worden; anderzijds kan het personeel van de "seininrichting" overal ingezet worden en geldt overal dezelfde techniek.

Zo is er minder opleidingspersoneel nodig zowel bij de opleiding van **operatoren voor de seinposten** als van **treinbestuurders** en wordt ook de **technische uitrusting** van de locomotieven eenvoudiger en goedkoper.

### IV.3 De kostprijs voor lijnen met gering verkeer

Het gevolg van dit alles was dat de onderhoudskosten van lijntjes met een geringe verkeer per vervoerde ton zo hoog werden dat men logisch besloot de lijnen te sluiten. Dit brengt echter een modale shift van het transport naar de weg met zich mee en dit scheidt dan weerom andere problemen, zoals een overbelasting van het wegennet en milieuproblemen, terwijl er naast de weg een spoorlijn ligt die niet meer gebruikt wordt. In vele gevallen wensen politici daarom dat de spoorlijn blijvend gebruikt wordt.

### IV.4 Hoe kan deze kostprijs dalen?

Er moet dus gezocht worden naar een systeem dat toelaat veilig te rijden en de kosten maximaal te drukken.

#### - Sparen op de investeringskosten: gebruik van de "enkele spoorlijn"

De investeringskosten dalen maar de uitbating van een enkelspoorlijn met slechts af en toe een mogelijkheid tot kruisen, vereist een zelfde organisatie en veiligheid.

#### - Sparen op de investeringen: gebruik van zeer eenvoudige seininrichting

Het eenvoudige systeem met de "stok" is zeer goedkoop maar de problemen van geringe veiligheid door het menselijk falen blijven.

#### - Sparen op de bekabeling

Er moet gezocht worden om de dure bekabeling te vervangen door een ander goedkoper systeem.

- De transmissie van signalen kan men gemakkelijk vervangen door het gebruik van een beveiligde **radiocommunicatie of satellietcommunicatie**.
- Goedkopere **localisatie van de trein en van zijn volledigheid**: waar is de trein en is hij volledig? Waar is de laatste wagen, nog in of reeds buiten de sectie? Tot nog toe is er geen bevredigende andere en goedkopere oplossing dan de huidige via stroomkringen en assentellers, die aan de gestelde veiligheidsnorm voldoet.

#### - Het gebruik van satellieten

Reeds enkele tijd zijn heel wat onderzoeken gestart om de positionering via het gebruik van LEO-satellieten (Low Earth Orbit-satellieten) op te lossen.

##### Voordelen van satellieten:

- het systeem kent geen grenzen;
- verbonden aan het spoor is er geen enkele uitrusting nodig, het geen niet kan gezegd worden van spoorstroomkringen of assentellers;
- de satellieten zijn continu ter beschikking
- de plaatsbepaling blijft absoluut en er zit geen drift op zoals bij een INU (inertial navigation unit of lasergyroscop). Dit zeer dure toestel dat bij de vliegtuigen gebruikt wordt, volgt zeer stabiel alle bewegingen en versnellingen maar wegens een zekere drift moet het af en toe opnieuw op de juiste coördinaten ingesteld worden.
- het systeem is eenvoudig te installeren: enkel een antenne en een rack voor de computer apparatuur zijn nodig

##### Nadelen van satellieten:

- de ontvangst is niet steeds gegarandeerd;
- geen ontvangst mogelijk in tunnels en onder bruggen,
- zeer moeilijke ontvangst in canyons en tussen de bomen,
- niet altijd voldoende satellieten zichtbaar of beschikbaar voor een juiste berekening;
- de integriteit van de satellieten is niet steeds gewaarborgd;
- er zitten fouten op de metingen (ionosferische fouten, troposferische fouten, horlogefouten, positioneringsfouten enz.)
- onvoldoende precisie (enkel het gebruik van differentiële GPS of bijkomende betalende systemen zoals EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) en WAAS laten een hogere precisie toe;
- de volledigheid of de integriteit van de trein moet met een ander middel gegarandeerd worden, men bekomt enkel een positionering van de antenne;
- een eenvoudig berekeningsstelsel met gemiddelde waarden haalt de strenge veiligheidsnormen niet.

**- de interoperabiliteit bevorderen tussen de verschillende netten bij internationaal verkeer**

Het feit dat elk net zijn eigen veiligheidssysteem ontwikkeld heeft, maakt het rijden met dezelfde locomotief op verschillende netten duur. Zij moet immers met alle systemen die men zal ontmoeten uitgerust zijn. Om nu het treinverkeer tussen de netten te bevorderen heeft de Europese Unie een richtlijn uitgevaardigd waarbij men in de toekomst tot één enkel veiligheidssysteem wenst te komen, het ETCS/ERTMS-systeem. Elk nieuw veiligheidssysteem dat men ontwikkelt en in de Europese Unie veralgemeend wenst te gebruiken, moet dan ook compatibel zijn met dit algemeen Europees systeem.

**V Het onderzoek naar een "low cost" beveiligingssysteem**

Vele infrastructuurbeheerders vragen zich echter af hoe zij financieel in staat zullen zijn om dit systeem op lijnen met lage trafiekcijfers in te voeren. Logisch gezien zou dit moeten leiden tot de sluiting van deze lijnen maar dat willen dan weer de politici om andere redenen niet.

Bewust van deze problematiek, startten een aantal infrastructuurbeheerders, verbonden in de UIC, een werkgroep op om ook voor deze lijnen veiligheidsnormen op te stellen die wel betaalbaar blijven. Het project noemt de "LC-ETCS" (Low-Cost ETCS). De vooruitgang van deze werkgroep is echter traag en de Europese Commissie kon niet langer wachten en lijdzaam toezien hoe de ene "low-density" lijn na de andere gesloten werd. Het probleem is immers niet alleen Europees maar doet zich mondiaal voor en voor vele ontwikkelingslanden is de trein het enige bestaande en betrouwbare transportmiddel.

**VI. De LEO-satellieten als navigatiesysteem**

**VI.1 Het GPS-systeem en zijn verbeteringen EGNOS en WAAS**

Ondertussen heeft het Amerikaanse leger het gebruik van de satelliet signalen van de 24 satellieten, die het GPS-systeem (Global Positioning System) vormen, vrijgegeven. Dit

opent nieuwe mogelijkheden voor de positionering van een trein.

Het Amerikaanse leger behoudt zich echter het recht voor de satellieten te verplaatsen en hun signalen te verstoren indien dit hen voor hun militaire doeleinden goed uitkomt. Ook worden geen of slechts laattijdige gegevens over de juiste werking van de satellieten zelf medegedeeld.

Ook Rusland heeft zijn eigen systeem: het GLONASS-systeem maar dit systeem is om allerlei redenen nog minder betrouwbaar dan het GPS-systeem van de Amerikanen.

**VI.2 Het Global Navigation Satellite System-1 (GNSS-1)**

Aan het gebruik van het GPS-systeem als veiligheidssysteem voor signalisatiedoelinden blijft dus voorlopig een risico verbonden. De problemen in verband met de integriteit en de nauwkeurigheid blijven bestaan en deze zijn nu éénmaal nodig om aan de veiligheidsnormen van de signalisatie SIL4 te voldoen.

Daarom heeft ESA (European Space Agency) de EGNOS-satelliet gelanceerd. Deze satelliet, die boven Europa hangt en die men mits betaling kan ontvangen, geeft de verbeteringen aan de positionering van de GPS-satellieten ogenblikkelijk door, maar ook dit systeem laat niet toe, ondanks een betere positionering, volledige voldoening te geven om de SIL-4 normen te halen.

Boven Amerika hangt ook zo'n satelliet, WAAS genoemd, en ook Japan heeft een dergelijke satelliet.

**VI.3 Het GNSS-2-systeem of het Galileo-systeem**

Omwille van de bovenstaande tekortkomingen en om het risico van wijzigingen door het Amerikaanse leger te vermijden, heeft de Europese Unie besloten om zelf een systeem van ongeveer 40 satellieten te lanceren. Dit systeem, Galileo genaamd, zal een louter commercieel doel hebben en zal dan ook alle gewone informatie gratis vrijgeven. Gespecialiseerde informatie zal ook kunnen bekomen worden maar dan tegen betaling.

Dit nieuwe systeem moet zijn integriteit waarborgen en door het groter aantal satellieten moet de veiligheidsnormen SIL4, mits het ge-

bruik van speciale algoritmen, nu wel binnen het bereik liggen.

## VII. Europese projecten ter bevordering van het satellietgebruik

Om het gebruik van het Galileo systeem te promoten, eens het actief zal zijn, heeft de EU ook een systeem van subsidiëringen aan 50% voor het uitvoeren van onderzoeksprojecten opgezet. Deze projecten moeten voorlopig nog gebruik maken van het GPS-systeem en het GLONASS-systeem, maar het latere systeem Galileo zal compatibel zijn met deze beide systemen: de satellieten zullen op dezelfde frequentie uitzenden.

Zo zijn tal van projecten gestart die via satellietnavigatie een juiste positionering van de treinen willen bepalen.

Hierbij worden er enkele vermeld:

- **het GADEROS project:** het "Galileo Demonstrator for Railways Operation System" passend in Europees "Competitive and Sustainable Growth" Programma (duurtijd 30 maanden: start december 2001).

Dit programma heeft als doel aan te tonen dat een GNSS-systeem (Global Navigation Satellite System = satellietnavigatie) kan geïntegreerd worden in een ETCS/ERTMS-systeem voor de functionaliteit van het veilig localiseren van de trein en het veilig regelen van het treinverkeer.

Dit project wil vooral aantonen dat met het gebruik van de GPS en later Galileo satellieten men de fouten die nu op de gewone snelheidsmeter zitten, omwille van de door sleet veranderlijke wioldiameter, fel kan verminderen en dit met een waarschijnlijkheid van 99.5%. In de praktijk betekent dit dat men een veiligheidsmarge van 1500 m wil zien verminderen tot een 30-tal meter. Men steunt zich hierbij vooral op de hoge integriteit en beschikbaarheid van een GNSS-systeem zoals GPS en later Galileo. Voor de plaatsbepaling maakt men gebruik van de klassieke plaatsbepaling via de boldriehoeksmetkunde met minimum 4 satellieten.

Deze verbeterde plaatsbepaling wil men dan koppelen aan het ETCS/ERTMS-systeem. Aldus wil men de veilige afstand tussen twee

opeenvolgende treinen bepalen om aldus een grotere capaciteit van de lijn te verkrijgen.

Er werden proeven op een Spaanse spoorlijn uitgevoerd maar die hebben tot nog toe tot geen specifieke resultaten geleid.

Later wil men deze toepassing dan ook aanpassen voor lijnen met "low density traffic" en daarbij rekening houden met de vereisten van de UIC-werkgroep LC-ETCS.

De coördinatie van het project ligt bij het bedrijf INECO. Aan dit project werkt naast TIPSA, SISTEMAS PTM AENA en anderen, o.a. ook de ERRI mee.

Dit systeem voldoet tot nog toe niet aan de veiligheidsnorm SIL-4.

- **het INTEGRAIL project:** dit project beoogt het vastleggen van een betrouwbare en absolute plaatsbepaling van een trein via het gebruik van het GNSS-systeem en het EG-NOS systeem ter verbetering en wegwerking van de fouten, alsook via het gebruik van alle andere klassieke systemen zoals odometrie, versnellingsmeters enz. Dit project haalt wel een nauwkeurigheid van ongeveer 5 meter  $\pm$  5% maar slechts een integriteit van  $3 \cdot 10^3$ . De partners beweren wel dat zij in staat zijn om tussen twee parallelle sporen een trein te onderscheiden. Daarbij loopt het project de kans dat, door het toevoegen van allerlei andere satellietwaarnemingen en andere apparatuur, het de kans loopt van uiteindelijk duurder te worden dan een klassiek systeem.

Hierin speelt vooral het bedrijf Kayser-Threde en het vroegere Adtranz nu Bombardier een grote rol.

- **het RUNE project:** dit project beoogt het verbeteren van de plaatsbepaling van treinen via sensoren en bakens door een beroep te doen op het GNSS-systeem. Ook hier wordt tot nog toe de veiligheidsnorm SIL4 niet gehaald en het project loopt ook het gevaar uiteindelijk duurder te worden dan de klassieke seininrichting door het toevoegen van allerlei apparatuur zoals bakens, sensoren enz..

De coördinator van dit project is het bedrijf Ansaldo (Italië).

- **het ECO-RAIL project.** Dit project wil de aansturing van de werking van de overwegen automatiseren door deze via een GNSS-

systeem, verbeterd met het EGNOS-systeem, te koppelen aan de plaats waar de trein zich bevindt.

De coördinator is het bedrijf Alcatel Oostenrijk samen met nog andere firma's en men wil dit uitproberen op het kleine spoorwegnetwerk van Stern&Hafferl in Oostenrijk.

- **LOCOPROL project:** dit project beoogt het ontwerpen en uitvoeren van een signalisatie systeem voor lijnen met geringe trafiek dat enerzijds goedkoop is maar dat anderzijds voldoet aan de strenge SIL4 norm.

Hoofddelen van het project zijn: **het veilig positioneren van de trein**, het koppelen van deze gegevens aan een CSVC-computer (Central signalling vital computer: een interlocking-systeem), het compatibel maken van dit systeem met de EVC-computer (European vital computer) van het ETCS/ERTMS-systeem en het uitbouwen van een klein ATS-centrum (automatic train supervision center).

De coördinator van dit project is Alstom Transport België in Charleroi en aan dit project werkt eveneens de NMBS mee.

De technische kant van dit project wordt in een volgende Focus meer in detail beschreven.

- **het LOCOLOC project:** dit project is gekoppeld aan het LOCOPROL project en heeft als hoofddoel het bepalen op een wijze die voldoet aan de SIL4 norm, van de **snellheid**, de **versnelling** en de **volledigheid** van de trein.

Hierbij wenst men geen gebruik te maken van het feit dat de snellheid de afgeleide is van de afgelegde weg, maar wenst men de snellheid via een Doppler berekening te bepalen. Deze methode laat een grotere nauwkeurigheid toe. De versnelling wordt dan wel als afgeleide van de snellheid bepaalt.

De volledigheid van de trein: dit heeft zich beperkt tot een theoretische studie van de methoden die er bestaan om de volledigheid van de trein te bepalen zonder beroep te doen op spoorstroomkringen of assentellers.

Een laatste opdracht van het LOCOLOC-project was het uitwerken van een automatisch Train Servicecenter, waarbij online gegevens van positionering en snellheid via internet aan de klanten kunnen doorgespeeld worden. Aldus was ook voldaan aan het gedeelte "communicatie" waaronder de sponsoring van het

project door de Belgische afdeling van ESA gebeurde.

Dit project wordt volledige gesponsord door de Belgische inbreng in ESA en kadert in het raam van een project rond communicatie en satellietgebruik. De controle op het verrichte werk gebeurt dan ook door personeel van ESA.

De coördinator van dit project is eveneens Alstom Transport België in Charleroi en aan dit project werken naast de NMBS en Alstom-Charleroi uitsluitend Belgische bedrijven mee zoals Trasys (filiale van Tractebel) en Septentrio (Leuven).

In de volgende Focus wordt dieper ingegaan op de technische kant van dit project.

**Opmerking: het TRAINCOM-project.**

Hierbij wordt ter volledigheid nog een Europees project vermeld dat **echter geen beroep doet op satellietnavigatie** maar onrechtstreeks met de vorige projecten te maken heeft: **het TRAINCOM-project**. Het handelt over de communicatie en uitwisseling van gegevens tussen de trein en een grondstation of dispatching center. Dit project dat nu ten einde loopt, en waaraan de grote Europese constructeurs, vooral Siemens en Bombardier alsook Ansaldo en Alstom, aan meegewerkt hebben, heeft als doel de standardisatie van een communicatie systeem uit te werken tussen het netwerk in de trein, het TCN (=Train communication network) dat de treinbus en de rijkswagenbus omvat, en het grondstation of de dispatching. De bedoeling is via ROGATE (Railway open gateway) en de GSM-R en internet de trein te verbinden met allerlei grondstations zodat volgende informatie kan verspreid worden:

- aan de passagiers: allerlei up-to-date informatie over vertraging, aansluitingen, aankomstperon enz. enz. (DPIS= Dynamic Passenger Information System)

- aan de bestuurder en de depanneerder: allerlei informatie betreffende het onderhoud en de storingen aan de locomotief (ROMAIN: remote monitoring and maintenance). Dit moet de interoperabiliteit van de locomotieven verhogen waardoor vreemde bestuurders en depanneerders ook tijdig ingelicht worden.

Dit project loopt dus voor een gedeelte parallel met een deel van het LOCOLOC-project.

## VIII. Satellietprojecten en Veiligheidsvereisten

Buiten het LOCOPROL/LOCOLOC-project zijn al de hierboven vermelde projecten "non safety" projecten. Men beoogt er enkel mee de werking en de efficiëntie van het veiligheidssysteem mee te verhogen. Zij moeten dan ook niet voldoen aan de strenge SIL4 normen maar kunnen niet in de seinrichting als "enig" systeem gebruikt worden.

Het gebruik van dergelijke systemen heeft als nadeel dat het alleen maar de kosten van de seinrichting gaat opdrijven.

Het LOCOPROL/LOCOLOC-systeem is voor het ogenblik het enige systeem dat aan de veiligheidsnorm SIL4 voldoet. Hierdoor kan de hoofddoelstelling gehaald worden, namelijk een eenvoudig en goedkoop veiligheidssysteem.

## IX. Het ontstaan van het project LOCOPROL/LOCOLOC

### IX.1 Enkele voorwaarden waaraan een Europees project moet voldoen om een subsidiëring te bekomen

Om subsidiëring van Europa te verkrijgen moet, na de schandalen met vorige projecten, aan een hele reeks regels voldaan worden.

De voornaamste zijn:

- het project moet kaderen in een of ander onderzoekskader van de EU;
- er wordt een gedetailleerd dossier omtrent het project opgemaakt. Dit wordt dan een soort contract dat aan allerlei regels moet voldoen. Zo moet het project een vooruitgang betekenen op onderzoeksgebied;
- het project moet in een later stadium een meerwaarde voor de industrie hebben en er moet een markt voor het project bestaan. Op deze wijze kunnen dan ook andere firma's van deze vooruitgang een graantje meepikken;
- het ganse project wordt geleid door een coördinator en elk project wordt opgedeeld in "workpackages" met een "leader";
- er moeten regelmatig vooruitgangvergaderingen voor alle werkpakketten gehouden worden en de commissie moet hierover verslag krijgen;

- er moet een driemaandelijks rapport opgesteld worden;

- er moeten een aantal publicaties "deliverables" voor de commissie gebeuren. Deze worden in het contract vastgelegd en door de commissie op hun waarde geschat; zo deze niet voldoen moeten ze bijgewerkt worden. Sommige publicaties moeten openbaar gemaakt worden ten behoeve van de universiteiten en het onderzoek in andere bedrijven. De artikels die publiek worden gemaakt moeten beschikbaar zijn op een website. Deze is [www.locoprol.org](http://www.locoprol.org) en [www.locoloc.org](http://www.locoloc.org).

- er moet een planning opgemaakt worden en elk uitstel moet aan de commissie verantwoord worden;

- jaarlijks wordt de vooruitgang van het project gecontroleerd door een comité van buitenstaanders die experts zijn in de materie; pas na hun goedkeuring wordt de subsidiëring verder uitbetaald en kan er verder gewerkt worden;

### IX.2. De geboorte van het LOCOPROL project

Naast de EU en de UIC kon ook de sector signalisatie van de spoorwegindustrie niet blijven wachten: wie de eerste is op de markt proeft immers meestal de beste vruchten. ALSTOM TRANSPORT afdeling Signalisatie besloot ook zijn kans te wagen steunend op het feit dat de Europese commissie met in haar achterhoofd de promotie van het Galileosysteem, in het kader van het 5th IST (Information Society Technology) Framework Programma geld voor R&D ter beschikking stelde. Anderzijds stelde men vast dat de grote concurrenten met dergelijke projecten zoals GADEROS en INTEGRAIL bezig waren. ALSTOM TRANSPORT wilde iets ontwikkelen dat wel aan de veiligheidseisen SIL4 zou voldoen en waarbij men zich zou steunen op het feit dat de trein steeds op een spoor staat. Hierdoor is er maar 1 onbekende meer: waar? Zo kon men gebruik maken van een reeds bekend algoritme het "één-dimensioneel" algoritme of 1-D algoritme.

### IX.3 Het oprichten van het consortium

ALSTOM TRANSPORT zocht contact met andere Europese bedrijven om samen een consortium te maken en bij de Europese Commis-



sie een voorstel voor een R&D project in die richting in te dienen ten einde de nodige subsidiëring te verwerven. Hierbij werden ook twee spoorwegmaatschappijen aangesproken, de NMBS en de RFF met de SNCF als onderaannemer, met de bedoeling de verwezenlijkte programmatie en apparatuur in de praktijk uit te kunnen testen.

De NMBS werd er bij betrokken voor het deel positionering van de trein en de SNCF voor het uittesten van het volledige systeem en zijn koppeling met het Europese ETCS/ERTMS-systeem. Later heeft de RFF aan het deel "testen van het ganse systeem" verzaakt en werd een kleine private maatschappij CFTA (Chemin de Fer de la Provence) die een toeristisch lijntje tussen Nice en Digne uitbaat, er bij genomen om daar het geheel van het systeem uit te testen.

Als naam werd voor LOCOPROL gekozen.

Het opstellen van het ganse dossier dat uiteindelijk het contract met de EU werd, duurde bijna 1 jaar en na de goedkeuring kon met het eigenlijke werk begonnen worden en het consortium openbaar gemaakt worden.

Het hoofddoel is binnen de 4 jaar, dit is tegen half 2005, voldoende "R & D" ontwikkeld te hebben om tot een bruikbaar systeem te komen dat compatibel blijft met de Europese normen: **een innovatief "low-cost" systeem voor de signalisatie dat via het gebruik van satellietnavigatie aan de SIL4 norm voldoet en dat verenigbaar of interoperabel is met het vooropgestelde ETCS/ERTMS systeem en het toekomstige LC-ETCS.**

#### IX.4 De Partners.

Het consortium bestaat heden ten dage uit de volgende partners

- Alstom Belgium te Charleroi als coördinator en verantwoordelijke voor de uitbouw van de TPC (train positioning computer) en de verbinding met de CSVC (central signalling viatl computer) en de EVC (European vital computer).

Honeywell Regelsysteme GmbH te Maintal(Frankfurt) als verantwoordelijke voor het opmaken van een database van de lijn;

- Septentrio NV te Leuven als leverancier van gespecialiseerde LEO (low earth orbit) of GPS satellietontvangers;

- Trasy SA te Brussel (dochter van Tractebel) als uitbouwer van een "service center" (een kleine seinpost en dispatchingcenter) voor het opvolgen van de treinen;

- Inrets te Rijsel als controle-organisme over het behalen van de gestelde eisen en normen;

- Inrets te Rijsel als onderzoeksinstituut voor het bepalen van een methode om gereflecteerde signalen (masking) uit te schakelen;

- Alstom Transport SPA Telecom te Verona (Italië) als communicatiespecialist voor de communicatie tussen de trein en het service center;

- de NMBS voor het uitvoeren van de proeven in verband met de localisatie van de trein via satellieten;

- de RFF-SNCF voor het uitvoeren van proeven betreffende de compatibiliteit tussen het nieuwe project en de bestaande ERTMS/ETCS systemen;

- Ertico te Brussel als specialist in transportprojecten en verbindingsagent met de Europese Instellingen;

- NJTU (de Chinese Spoorweg Universiteit) te Beijing in het kader van de samenwerking tussen de EU en China; Het erbij betrekken van China komt doordat in het kader van het IST-programma, de EU een speciale conventie met China afgesloten heeft ter bevordering van de IST-technologie aldaar.

- BPV (Beratung und Planung im Verkehrswesen) te Aachen als verbindingsagent met de NJTU.

#### IX.5 De doelstellingen van het project.

4 doelstellingen werden voorop gezet:

- een "low-cost" systeem ontwerpen dat toelaat via nieuwe technologie, namelijk satellietnavigatie, de trein te localiseren met in acht name van de veiligheidsnorm voor de seinrichting: de SIL4;

- de toepasbaarheid van dit systeem voor lijnen met "low traffic density" nagaan;

- aantonen dat het nieuw systeem kan samenwerken met het door Europa vooropgestelde ERTMS/ETCS systeem

- de veiligheid van de baanwerkers verhogen door een automatische aankondiging van de trein.

Opmerking: de 4de doelstelling wordt die een gevolg is van de eerste doelstelling wordt voorlopig niet uitgewerkt.

### **IX.6 De innovatieve aspecten van het project.**

De grote innovatie is, dat voor de eerste maal wordt aangetoond dat het gebruik van satellieten toelaat om aan de zeer strenge veiligheidsnormen voor de seinrichting te voldoen.

Vervolgens wil men ook aantonen via het Locoloc-project dat men de treinintegriteit of volledigheid ook op deze wijze met zekerheid kan nagaan.

Het online waarschuwen van de baanwerkers in functie van de snelheid van de trein en zijn afstand tot de werkplek is ook een nieuwigheid.

Hetzelfde geldt voor de sluiting van de overwegen die nu ook in functie van de plaats en snelheid van de trein kan geschieden. Dit is vooral van toepassing in landen zoals Zuid Afrika waar treinen gerust enkele kilometer lang kunnen zijn. Anderzijds kan men in nood gevallen treinen voor de overwegen laten stoppen om ambulances voorrang te verlenen.

### **X. Het ontstaan van het LOCOLOC project.**

Teneinde de financiële mogelijkheden voor het ganse project uit te breiden en gezien het LOCOPROL project ook kadert in de vele onderzoeksdomeinen die door de ESA beheerd worden, werd ook met de ESA een contract opgemaakt om subsidiëring te bekomen.

#### **X.1 De partners.**

Gezien hier de financiering volledig door de Belgische inbreng in ESA verzorgd wordt, zijn voor dit project enkel Belgische firma's ingeschakeld. Deze zijn zoals reeds hierboven beschreven: Alstom-Charleroi, Trasys, Septentrio en de NMBS. De subsidiëring bedraagt 100%.

#### **X.2 De doelstellingen.**

De huidige afstandsmeting of odometrie is afgeleid van het meten van het aantal omwentelingen van de wielen via een wielsensor. De snelheidsmeter is dan gewoon een afgeleide naar de tijd van deze afstandsmeting.

De huidige afstandsmeting is echter over grote afstanden onbetrouwbaar. Zo is de wieldiameter niet constant (oude en nieuwe wielen)

en het toevallig slippen van de wielen bedriegt de odometrie en dus ook de snelheidsmeting.

Daarbij moet om het low cost project te doen slagen, alle overbodige apparatuur verwijderd worden. Aldus drukt men de kosten.

Anderzijds wenst men toch de snelheid aan te wenden om een controle te hebben op de vertraging van een trein voor het stopsein. Men moet dus een betrouwbare en nauwkeurige snelheidsmeting kunnen beschikken.

Daarbij bevinden zich in volle brousse door het afschaffen van de zijdelingse seinen omwille van de "low cost" uitvoering, geen herkenningpunten meer, zodat de treinbestuurder volledig op zijn instrumentatie moet kunnen vertrouwen.

Men moet dus via een andere methode zeer nauwkeurig de plaats en de snelheid op deze plaats kunnen bepalen om aldus aan de SIL4 norm te voldoen en zo zeker te zijn dat men voor de gevaarlijke plaats zal kunnen stoppen of de snelheid aanpassen.

### **X.3 De innovatieve aspecten van het LOCOLOC-project.**

Innovatief is de opdracht van dit project is het ontwerpen van een systeem voor een nauwkeurige snelheids- en versnellingsmeting gebaseerd op satellietnavigatie en een Dopplermeting waarbij men de fasevariatie van de golf meet. Eenmaal een satelliet geschikt gevonden is voor een positionering kan ze ook gebruikt worden voor een snelheidsmeting.

Het kennen van de juiste versnelling kan helpen bij het vaststellen van beschadigingen aan de lading door fouten in de spoorbaan of door een ongelijkmatige remming door de treinbestuurder.

Wil men in "real" time "online" informatie via het service center en het internet naar de klanten toe verspreiden betreffende de toestand van de trein en de vervoerde goederen, dan moet men naast de positie ook de snelheid van de trein kennen om aldus min of meer juiste voorspellingen van aankomsttijd te doen: ook dit wordt als innovatief aanzien.

### **XI. De technische realisatie van deze projecten**

Tot hier het eerste deel van de bijdrage. In een volgende uitgave van Focus wordt dan een technische beschrijving van de projecten gegeven waarbij vooral nadruk gelegd wordt op het innovatieve, namelijk het positioneren van een trein via het 1-D algoritme en het bepalen van de snelheid uitgaande van een Doppler meting in plaats van de afgeleide van de odometrie te gebruiken.

## **XII. Besluiten:**

**1) - De nood aan goedkope veiligheidssystemen voor lijnen met geringe trafiek is reeel.**

Het probleem van het ontwikkelen van goedkope signalisatiesystemen die gebruik maken van satellieten is voor het ogenblik erg actueel. **Wil men echter de lijnen met geringe trafiek open houden, dan zal men wel degelijk over goedkope systemen dienen te beschikken.**

Er is dus **op wereldniveau een markt** en een vraag naar goedkope signalisatiesystemen. Ook de industrie is zich hiervan bewust en men stelt vast dat elke grote constructeur uit de spoorwegwereld ergens met iets bezig is.

**2) - Het LOCOPROL/LOCOLOC project is het eerste dat aan de veiligheidsnorm SIL4 blijkt te voldoen.**

Het project is echter nog niet af maar het maakt een grote kans op slagen en de methode laat een veiligheidsnorm SIL4 toe.

Tal van kleine problemen moeten nog opgelost worden.

**3) - De satellieten geven niet steeds de oplossing: soms is een onvoldoend aantal satellieten in een gunstige positie bruikbaar. Andere hulpmiddelen zoals (passieve) bakens, snelheids- en afstandsmeters (odometrie) blijven soms vereist.**

Vergeet we daarbij niet dat voorlopig de problematiek van een onvoldoend aantal zichtbare satellieten blijft zoals in kloven en in tunnels. Daarbij is ook de communicatie via GSM of via satellieten niet altijd verzekerd. Dit is zeker het geval in weinig bevolkte streken, bij rotskloven en/of tunnels.

Extrapolatie van de minst gunstige waarnemingen van snelheid en versnelling laat toe een oplossing te vinden voor onderbrekingen in de waarnemingen die van korte duur zijn.

Bij langere onderbrekingen moeten bijkomende middelen gebruikt worden zoals bijkomende antennes of bakens maar dit drijft dan de kostprijs weer naar omhoog.

**4) - Waar en door wie is een dergelijk systeem nu te gebruiken?**

Toepassingen van dergelijke systemen zullen vooral van nut zijn voor een drietal soorten **infrastructuurbeheerders:**

a) voor deze infrastructuurbeheerders die naast een normaal net slechts een paar lijnen met geringe trafiek bezitten en die dit als een afzonderlijk geheel kunnen uitbaten. Dergelijke lijnen kunnen eventueel uitlopers zijn van een klassiek netwerk lijnen zodat men naast het uitrusten van een paar seinhuizen ook slechts een klein aantal tractievoertuigen moet uitrusten die dan specifiek op die lijnen zullen gebruikt worden.

b) voor grote netten met grote oppervlakken waarbij in ganse streken zeer weinig trafiek is omwille van een geringe bevolkingsdichtheid en een geringe economische activiteit en waarbij de installatie van de klassieke signalisatie veel te duur zou uitvallen. Een streek die zich tot een dergelijke uitbouw zou lenen kan bijvoorbeeld het westen en zuiden van China zijn.

c) voor netten die zeer lange lijnen met zeer geringe trafiek hebben en die door woestijnen of weinig bevolkte gebieden trekken zoals bijvoorbeeld in Afrika, Zuid-Amerika of Australië. Het vervangen van een of ander onderdeel neemt daar veel tijd in beslag wegens de lange afstanden.

d) voor netten met weinig trafiek waarbij men veel vandalisme moet vrezen omwille van de armoedige toestand waarin de bevolking leeft zoals in sommige Afrikaanse landen.

**Op sterk vermaasde netten** met kleine afstanden tussen de knooppunten, lijkt voor het ogenblik het inzetten van een low-cost systeem nog niet efficiënt. Te veel tractievoertuigen moeten een bijkomende uitrusting hebben, te veel personeel moet opgeleid worden en de besparingen kunnen waarschijnlijk de bijkomende kosten niet evenaren. ■

*Tekst: ir H. Ryckebosch*