



## Marek Graff Od TGV do AGV

Rodzina TGV – od lewej: Duplex, PBKA Thalys, PSE, Eurostar, Atlantique, Réseau, POS i Postal

**Rozpoczęcie programu budowy pierwszej linii dużej prędkości we Francji, co do której wstępna decyzja zapadła w sierpniu 1966 r., wiązało się z koniecznością opracowania nowej konstrukcji pociągu o prędkości maksymalnej przekraczającej znacznie 200 km/h. Pierwszy testy eksperymentalnego zespołu TGV 001 (Train Grande Vitesse) zakończyły się w 1973 r. osiągnięciem prędkości 318 km/h. 28 lutego 1981 r. seryjnie produkowany już pociąg TGV PSE ustanowił na nowej linii z Paryża do Lyonu nowy światowy rekord prędkości na torach – 380 km/h. Pociągi TGV stały się synonimem dużej prędkości i nowej jakości na kolejach.**

Początkowo władze kolei SNCF uznały, iż prędkością maksymalną optymalną na nowej linii byłoby 200 km/h, jednak inżynierowie otrzymali dużą swobodę w projektowaniu nowego taboru i wskazywali, iż można ją bez problemu znacząco podwyższyć. Pociąg, który miałby osiągać prędkości rzędu 250–300 km/h powinien mieć stosunkowo małą masę, w szczególności wózków, oraz maksymalny nacisk na oś 16 t. Założenia te były częściowo rezultatem testów, jakie SNCF wykonała w latach 1955–1957: przeprowadzono około 400 prób jazdy z prędkością powyżej 200 km/h. Pociąg dostosowany do osiągania prędkości, np. 260 km/h musiałby – oprócz niewielkiej masy, mieć:

- opływowy kształt (dla zmniejszenia wartości oporu aerodynamicznego),
- stosunkowo dużą moc, bowiem wraz ze wzrostem prędkości, wzrasta energia kinetyczna pociągu (proporcjonalnie do kwadratu prędkości).

Przyjęto wyższą prędkość maksymalną – 260 km/h – niż koleje japońskie na liniach Shinkansen (210 km/h), ponieważ według wstępnych założeń podróż między Paryżem i Lyonem powinna trwać około 2 h (odległość między oboma miastami wynosi ok. 450 km).

Podczas prac projektowych przyjęto kolejne założenia:

- nowa linia kolejowa zostanie wybudowana do prędkości maksymalnej 300 km/h, podobnie tabor też docelowo zostanie przystosowany do tej prędkości,

- niewielka masa pociągu oraz duża moc jednostki pozwoliła przyjąć wartość pochyleń maksymalnych na nowej linii do 35%, co umożliwiło obniżenie kosztów budowy linii o 15%.

Koleje francuskie w latach 50. i 60. XX w., mimo iż prowadziły wcześniej testy z prędkościami 200–300 km/h z wykorzystaniem lokomotyw elektrycznych (CC 7121, CC 7107 i BB 9004), zdecydowały się jednak na rozwijanie programu rozwoju dużych prędkości przy użyciu trakcji spalinowej. Jednym z argumentów była niska i stabilna cena ropy naftowej. Jako źródło napędu pociągu zamierzano adoptować turbinę gazową, stosowaną już wtedy w lotnictwie. Zaletą takiego napędu jest niewielka masa turbiny, niezbyt skomplikowana konstrukcja i możliwość uzyskania stosunkowo dużej mocy. Pomysł pociągu turbinowego rozwijano od 1964 r., a na linię Paryż – Lyon podobny pociąg wydawał się idealny. Dochodził jeszcze brak konieczności elektryfikacji linii, a zastosowanie lokomotyw spalinowych na nowej linii było niemożliwe, ponieważ silniki spalinowe przy założeniu odpowiednio dużych do uzyskania mocy, miałyby zbyt dużą masę, co przekreślałoby możliwość zachowania małego nacisku na oś.

### TGV 001

Na bazie doświadczeń uzyskanych z pociągami turbinowymi podjęto decyzję o budowie pociągu turbinowego dużych prędkości i oznaczono go jako TGV 001. Otrzymał on zewnętrzną pomarańczową kolorystykę pudła, a wagony oparto na wózkach Jacobsa. Pociąg TGV 001, zanim jeszcze poddano go testom, został oficjalnie zaprezentowany w marcu 1972 r. Zaraz po tym skierowano go na przeprowadzenie prób na liniach biegnących przez nizinne tereny Alzacji z prędkościami do 240 km/h. Zwracano uwagę nie tylko na poprawną pracę urządzeń pokładowych, ale także określono drogę hamowania awaryjnego: 1750 m przy prędkości 220 km/h i 840 m przy 160 km/h.

3.08.1972 r. między Lamothe i Morcenx podczas testów osiągnięto prędkość 307,5 km/h, przy czym z prędkością ponad 250 km/h przejechano około 200 tys. km. Ów rekord został wkrótce poprawiony – 8.12.1972 r. zespół TGV 001 osiągnął prędkość 318 km/h. Równocześnie pociąg TGV 001 między kwietniem i lipcem 1972 r. zaprezentowano około 150 osobom (politykom, biznesmenom) oraz wielu wpływowym osobistościom z 60 krajów.

Z pięciu wagonów, z których zestawiony był turbinowy TGV, dwa skrajne były wagonami silnikowymi, a z 6 wózków 4 skrajne były napędne (2+2). W każdym wagonie silnikowym znajdowały się 2 turbiny gazowe, które przekazywały moment obrotowy na zestawy kołowe za pośrednictwem przekładni elektrycznej.

Moc całego pociągu wynosiła 3760 kW. Jeden z wagonów środkowych na czas prób przebudowano na wagon pomiarowy, a w pozostałych dwóch znajdowały się przedziały 1 kl. i 2 kl., z odpowiednio 34 i 36 miejscami. Przedziały pasażerskie zaprojektował stylistą samochodowy, Jacques Cooper, a projekt bardziej nawiązywał do wnętrza samolotu niż pociągu. Dla SNCF było to pierwsze doświadczenie tego typu.

Od podstaw opracowano sposób oparcia wagonów na wózkach – ponieważ zastosowano wózki Jacobsa (na jednym wózku są oparte dwa sąsiednie wagony), zdecydowano się drugi stopień usprężynowania (cylindryczne sprężyny) umieścić pomiędzy każdym wagonem (wagonami) a bezpośrednio wózkiem.

Poszycie pudła wagonu silnikowego wykonano jako konstrukcję ze stali, częściowo oksydowanej, całkowicie spawane, o podwyższonej odporności na odkształcenia.

Jednostką napędową była turbina gazowa typu Turmo IIIIG o parametrach:

- moc zespołu napędowego 940 kW,
- masa zespołu – 360 kg,
- prędkość obrotowa wału przed/po redukcji: 32 000/5785 obr./min,
- jałowe obroty sprężarki 20 790 obr./min,
- masa alternatora (prądnicy) 3240 kg,
- zużycie paliwa: 400 g/kW/godz. lub 1600 l/godz.

Turbinowy TGV poddano próbom, które trwały ponad 6 lat i pociąg doczekał się wielu modyfikacji. Był testowany na odcinku między Bordeaux i Hendaye, a do 1978 r. przejechał ponad 1 mln km, w trakcie 2037 jazd testowych z prędkościami powyżej 250 km/h, oraz 207 jazd z prędkościami powyżej 300 km/h. Okazało się, iż wózki pociągu były niestabilne przy prędkościach powyżej 300 km/h i wymagają dopracowania. To spowodowało, iż drugi egzemplarz pociągu – TGV 002 nie został nigdy zbudowany.

Wraz z kryzysem naftowym w 1973 r. i gwałtowna podwyżką cen benzyny, władze centralne Francji zdecydowały o rozwoju własnego programu produkcji elektryczności w elektrowniach

atomowych (kraj ten nie posiada większych złóż kopalin, które można spalać w elektrowniach ciepłych). Dla SNCF ów kryzys miał znaczenie takie, iż zdecydowano się zastosować napęd elektryczny w nowych pociągach TGV i porzucono całkowicie napęd turbinowy, w tym planowaną budowę około 80 pociągów turbinowych. Postanowiono, iż nowe linie dużych prędkości będą elektryfikowane napięciem 25 kV 50 Hz, a pociągi miały być produkowane jako dwunapięciowe (część dworców paryskich i okolice Lyonu jest zelektryfikowana napięciem 1,5 kV DC). Poza tym, przejście od pociągu turbinowego do elektrycznego nie sprawiło większych technicznych problemów. Dodatkowo, napęd elektryczny okazał się bardziej niezawodny niż turbinowy.

Ostatecznie w 1974 r. zdecydowano o całkowitej rezygnacji z napędu turbinowego i zastosowania trakcji elektrycznej. TGV 001 został po wykonaniu testów z nowym typem zawieszenia, wycofany z eksploatacji w kwietniu 1983 r., a oba wagony silnikowe turbinowego TGV zostały przekazane do Bischheim i Belfort, gdzie pełniły rolę pomników (muzeum w Miluzie nie było zainteresowane przyjęciem takiego eksponatu).

Wstępem do opracowania elektrycznego TGV było przetestowanie wagonu elektrycznego (1,5 kV DC), przebudowanego w warsztatach SNCF. Wagon ten miał opływowy kształt galopującego konia, został nazwany *Zébulon* i w kwietniu 1974 r. rozpoczęła jazdy próbne.

## Narodziny pociągu TGV PSE

Przetestowanie nowych rozwiązań, czyli wykonania jazd z prędkością 250–300 km/h przy użyciu pojazdu *Zébulon* 7001 zlecono ośrodkowi badawczemu z Oullins leżącemu pod Lyonem. W wagonie urządzono laboratorium badawcze. Wagon otrzymał nowe, bardziej opływowe pudło, a na dachu zamontowano dwa pantografy typu AM 18. Zastosowano rozruch impulsowy i silniki prądu stałego. Próbowano także zamontować hamulce na prądy wirowe, co zakończył się fiaskiem ze względu na zbyt duże nagrzewanie się szyn.

Wagon *Zébulon*, pokonywał w czasie każdego miesiąca ponad 50 tys. km, a wózki o bazie 2900 mm spisywały się zadowalająco. Przeniesienie napędu zrealizowano przy pomocy dwustopniowej przekładni i trzyczęściowego sprzęgła. Ponieważ zamierzano zwiększyć moc silników w stosunku do TGV 001, zatem także wzrosła ich masa do 3300 kg. Pojawił się kolejny problem – sposób zawieszenia silników na ramie wózka: turbinowy TGV 001 miał je zawieszono na ramie wózka, a teraz zdecydowano się je zamocować jako całkowicie usprężynowane.

Obliczono wstępnie, iż wagon powinien mieć moc 2000 kW, aby móc rozwinąć prędkość 300 km/h, czyli należałoby go wyposażać w 4 silniki o mocy 500 kW. Zdecydowano się zamontować 6 chopperów, testowanych wcześniej (1971–1972) w przebudowanej lokomotywie CC20002. Testy wagonu (kwiecień 1974 r.) rozpoczęły się w okolicach Mitry, później dodatkowo w okolicach Lyonu, z prędkością maksymalną 150 km/h. Następnie rozpoczęły się jazdy testowe z dużymi prędkościami – w połowie października 1975 r. osiągnięto 309 km/h. Ogółem do końca maja 1978 r. pokonano 1 mln km, przy czym w trakcie 60 jazd przekraczano prędkość 300 km/h. Po wykonaniu testów, Z 7001 pod koniec grudnia 1981 r. został rozebrany na części i częściowo złomowany. Doświadczenia zebrane podczas testów Z 7001 posłużyły przy projektowaniu TGV wyposażonego w napęd elektryczny.



Turbinowy TGV 001 na terenie lokomotywowni PSE, Paryż (1978 r.)

Fot. Georges Nadeau



TGV-PSE w pierwotnym malowaniu

Źr. Alstom

W marcu 1974 r. pojawiły się różne koncepcje przyszłego pociągu TGV, a zastanawiano się nad tym czy wagony silnikowe powinny mieć wspólne wózki z pasażerskimi, czy decydować się na wózki Jacobsa w wagonach pasażerskich, czy też na skład klasyczny, itp. Ostatecznie postanowiono, iż TGV będzie zestawiony z dwóch wagonów silnikowych opartych na własnych dwóch wózkach, oraz pasażerskich na wózkach Jacobsa. Zdecydowano się wyposażyć pociąg w napęd elektryczny, w wersji zasilania trakcyjnego dwu- lub trzysystemowej.

Pierwsze 2 pociągi TGV PSE zostały zamówione w 1975 r. i dostarczone 3 lata później. W zamyśle twórców, pociągi te miały pokonywać odległość ok. 450 km pomiędzy Paryżem i Lyonem w czasie 2 h i z prędkością maksymalną 260 km/h. Zostały zbudowane przez *Francorail MTE* i *Alstom*. Zamówiono także opcjonalnie 85 kolejnych pociągów.

Zaplanowano, iż nowy tabor zostanie wykonany w wersji dwusystemowej, aby mógł poruszać się po liniach klasycznych SNCF – 1,5 kV DC oraz dużych prędkości – 25 kV 50 Hz, a kilka jednostek zostało dostosowanych do poruszania się po sieci kolejowej Szwajcarii – zapewniając dojazd do Lozany czy Genewy (15 kV 16,7 Hz). W celu zapewnienia bezpieczeństwa ruchu należałoby także opracować system sygnalizacji kabinowej. Zaplanowano także eksploatację pociągów w trakcji wielokrotnej.

Należy podkreślić, iż pociągi TGV powstały przez ewolucję i ulepszanie ówczesnych rozwiązań (a nie przez rewolucję). Pociąg TGV PSE ostatecznie zestawiono z 8 wagonów pasażerskich oraz dwóch silnikowych. Wagony pasażerskie, z racji zastosowania wózków Jacobsa, były krótsze o 3–4 m w porównaniu z wagonami klasycznymi, przy czym skrajne wagony pasażerskie miały większą długość niż wagony środkowe (odpowiednio, 21,80 m i 18,70 m). Cały pociąg miał długość 200,19 m, a jednostki mogły być łączone (2 pociągi, ograniczeniem jest długość peronów – do 400 m). Spośród 8 wagonów w TGV PSE, 4 wagony były wagonami 2 kl. (276 miejsc), a 3 wagony – 1 kl. (108 miejsc),



TGV-PSE 115, Genlis, okolice Dijon, region Burgundia (22.02.2006 r.)

Fot. Sylvain Assez

plus wagon barowy. Masa pociągu próżnego była równa 380 t, a z pasażerami (maksymalnie 384 osoby) – 418 t.

Wagon silnikowy TGV PSE ma długość 22 150 mm oraz średnicę kół 920 mm. Masa wagonów silnikowych TGV PSE z dwóch pierwszych jednostek wynosiła 66,8 t, a kolejnych – 64,2 t, co dało nacisk na oś 16,05 t. Wagon silnikowy łączył się z pasażerskim przy pomocy klasycznego sprzęgu śrubowego (UIC). W przedniej części wagonu silnikowego umieszczono strefę zgniotu, zdolną do pochłonięcia min. 2,11 GJ energii. Łączenie się pociągów TGV PSE było całkowicie automatyczne: sprzęg Scharfenberga umożliwiał łączenie zarówno przewodów pneumatycznych, jak i elektrycznych.

W pociągu zamontowano 3 rodzaje hamulców pozwalających na zatrzymanie pociągu z prędkości 260 km/h i na wzniesieniach do 35‰. Były to:

- elektrodynamiczny oporowy, hamowanie przy pomocy 12 silników trakcyjnych, używany w zakresie 260–80 km/h;



Wnętrze wagonu 1 kl. zmodernizowanego według projektu Lacroix, (17.06.2006 r.)  
Fot. Rafał Tomasiak



Wnętrze wagonu barowego zmodernizowanego według projektu Lacroix (17.06.2006 r.)  
Fot. Rafał Tomasiak



Wnętrze wagonu 2 kl. zmodernizowanego według projektu Lacroix (17.06.2006 r.)  
Fot. Rafał Tomasiak

- tarczowy – po 2 razy po 2 tarcze na każdą oś toczną, o średnicy 640 mm i grubości 85 mm, każda para tarcz była w stanie rozproszyć 26 MJ energii;
- klockowy: klocki hamulcowe były zamontowane na 52 koła; hamulec używany w trybie normalnym do prędkości 160 km/h, a w trybie awaryjnym <200 km/h.

Dla zapewnienia odpowiedniej mocy pociągu, silniki trakcyjne umieszczono także poza wagonami silnikowymi, w dwóch wózkach wagonów pasażerskich, sąsiadujących z silnikowymi.

Dla nowego pociągu należało opracować także nowy typ pantografu, z którym mógłby poruszać się z prędkościami 260–300 km/h. Adaptacja pantografów zastosowanych w lokomotywach, które np. ustaliły rekordy prędkości w 1955 r., nie była możliwa, choćby dlatego, iż zastosowano inne napięcie – odpowiednio 1,5 kV DC, a sieć zelektryfikowana napięciem 25 kV ma inne parametry. W 1960 r. i 1966 r. opracowano nowe pantografy dla lokomotyw serii 9291 i 9292 prowadzących z prędkością 200 km/h pod napięciem 1,5 kV ekspres *Capitôle*. Równocześnie pracowano nad pantografem dla prądu przemiennego i na początku 1962 r. zaprezentowano pantograf dla prędkości 220–230 km/h. Dodatkowo, w 1966 r. na linii magistralnej Paryż – Strassburg rozpoczęto testy z lokomotywą BB 25236 z dużymi prędkościami, a w połowie grudnia 1969 r. osiągnięto 280 km/h pomiędzy Ribauvillé i Richwiller z użyciem lokomotywy CC 21001. Inżynierowie opracowali pantograf dwustopniowy, którego konstrukcja pozwalała na szybkie dostosowanie się do zmian położenia sieci trakcyjnej, z jednej strony zapewniając odpowiedni docisk ślizgacza do sieci, a z drugiej, gwarantującej jego elastyczność. Ten pantograf nazwano AMDE (*fr. allégé monophasé à double étage*, pol. zredukowany jednofazowy pantograf dwustopniowy). Pantograf AMDE, w porównaniu z Faiveley AM, miał części ruchome o masie 12 kg oraz zmianę wysokości tej masy – 0,40 m; dla pantografu AM te parametry wynosiły 38 kg i 2,60 m.

W pociągu TGV PSE zamontowano transformator o mocy 4562 kVA na napięcie nominalne 22,5 kV i częstotliwość 50 Hz. Pociągi TGV PSE trójnapięciowe (1,5 kV DC, 25 kV 50 Hz i 15 kV 16,7 Hz) wyposażono w znacznie cięższy transformator, w porównaniu z jednostkami dwunapięciowymi (1,5 kV DC, 25 kV 50 Hz), odpowiednio o masie 10,3 t i 7,98 t.

Pierwszy pociąg TGV PSE był gotów w połowie czerwca 1978 r. – były to wagony pasażerskie od 2. do 7., które wyprodukowano w fabryce *Alsthom* w La Rochelle, po czym przewieziono do Belfort, gdzie uzupełniono skład o dwa skrajne wagony pasażerskie (nr 1 i 8). Pierwszy wagon silnikowy zaprezentowano opinii publicznej w maju tegoż roku.

Już w lipcu 1978 r. rozpoczęły się testy: początkowo z prędkością 80 km/h, pod oboma rodzajami napięcia, a następnie na linii Belfort – Dijon i Strasburg – Miluza z prędkością 160 km/h. Na początku sierpnia 1978 r. pociąg TGV PSE 01 zaprezentowano kierownictwu SNCF. Gdy była gotowa druga jednostka – 02 w grudniu 1978 r., rozpoczęły się testy z prędkością do 260 km/h, także w trójfazowej, czy przy jeździe pod wzniesieniami 33‰ (Capvern). Przedstawiciele SNCF, pragnąc zaprezentować swój nowy superpociąg, zaprosili wiele znanych osób kultury, polityki czy nauki dojazd prezentacyjnych. Pierwsza poważna usterka pociągu zdarzyła się w czerwcu 1979 r. w Genouilly pod Montchanin pęknięciem zbyt mocno naprężonej sieci trakcyjnej. Dziewiczy wjazd na fragment linii LGV PSE nastąpił we wrześniu

1980 r., a pod koniec września 1981 r. rozpoczęła się regularna eksploatacja TGV PSE.

W maju 1982 r. SNCF uruchomił kursy pociągów TGV z Paryża do Marsylii (4 pary), a pokonanie około 870 km zabierało jednostce TGV ~5,5 h, wliczając jeden postój na stacji w Valence. W okresie zimowym kursowały dodatkowe pociągi TGV zmierzające do Genewy (ośrodki narciarskie w Alpach), a w lecie – nad wybrzeże Morza Śródziemnego (Lazurowe Wybrzeże). Po roku kursowania pociągów TGV ich średnie zapelnienie wynosiło 61%, a przewieziono 5,6 mln pasażerów. Ponieważ linia LGV PSE okazała się dochodowa, SNCF zdecydowała o budowie kolejnych linii dużych prędkości, począwszy od 1989 r.

W maju 1983 r. podniesiono prędkość jednostek TGV z 260 km/h do 270 km/h. We wrześniu 1983 r. czas podróży pomiędzy Paryżem i Lyonem skrócił się do 2 h (427 km), przy prędkości średniej 213,5 km/h. W styczniu 1984 r. dostarczono pierwsze trójsystemowe jednostki, przystosowane do pracy dodatkowo pod napięciem 15 kV 16,7 Hz (sieć SBB/CFF/FFS) oraz uruchomiono połączenia Paryża z Lozanną. Ponadto od marca 1985 r. pociągi TGV rozpoczęły kursowanie między Paryżem i Grenoble po ukończeniu elektryfikacji linii.

W kwietniu 1984 r. w dwóch pociągach TGV PSE: nr 10 i 94 przebudowano zawieszenie drugiego stopnia, wymieniając sprężyny na poduszki powietrzne. Rozwiązanie to znacznie poprawiło komfort jazdy i w latach 1986–1990 przebudowano w ten sposób wszystkie pociągi TGV PSE. Słuszność tej przebudowy została potwierdzona podczas ustalania rekordu prędkości w 1990 r. – 515,3 km/h z użyciem zmodyfikowanej jednostki TGV Atlantique nr 325 (kolejna wersja TGV). Rozwiązanie to adoptowano do wyprodukowanych później jednostek TGV. Do pomniejszych modyfikacji należały zmiany aranżacji wagonu barowego w pociągu, którego sposób urządzenia krytykowali pasażerowie – zwłaszcza ostre kanty oraz ograniczoną przestrzeń. Zmieniono także aranżację wagonu barowego w kierunku bardziej przytulnego wnętrza.

W 1994 r. pociągi TGV PSE poddano kolejnym modyfikacjom technicznym: we wszystkich zamontowano klasyczny system bezpieczeństwa ruchu KVB, a część z eksploatowanych TGV PSE otrzymała system TVM 430 (pozostałe – TVM 300). W 1996 r. zdecydowano o zmianie kolorystyki TGV PSE z pomarańczowej na szarą z niebieskimi deseniami, podobnie jak TGV Atlantique czy TGV Réseau. Modyfikacje pociągów TGV, określone jako Renowacja 1 i Renowacja 2, polegały m.in. na zamontowaniu siedzeń, opracowanych dla TGV Duplex: w kl. 1 w kolorystyce czarno-czerwonej, z czerwonymi zagłówkami, regulowane elektrycznie, a w 2 kl. szaro-zielone z szarymi zagłówkami, regulowane manualnie. W kl. 2 urządzono tzw. przedział rodzinny (dla pasażerów z małymi dziećmi). Z pociągów TGV Eurostar adaptowano duże schowki na bagaż znajdujące się w przedśionkach wejściowych. Inaczej zostały zmodernizowane pociągi trójnapięciowe TGV PSE (kursujące między Paryżem i Szwajcarią): w wagonach 1 kl. zamontowano siedzenia z tapicerką niebiesko-czarną, a w 2 kl. czerwono-ciemnoniebieską. Ponadto, przedziały dla palących zostały oddzielone przezroczystą ścianą działową. „Renovation 1” została rozpoczęta w 1997 r. i zakończyła się w 1999 r. Proces „Renowacja 2”, w porównaniu z „Renowacją 1”, miał mniejszy rozmach i polegał na zwiększeniu izolacji akustycznej pociągu, powiększeniu schowków na bagaż w wybranych wagonach, sposobie numerowania miejsc pasażerskich. Zmieniono także wystój wagonu barowego. Cała modernizacja pociągów

TGV PSE – 80 jednostek – kosztowała około 133 mln euro, a przeprowadziły ją zakłady naprawcze EIMM w Bischheim (zakończona w lipcu 2001 r.).

Początkowo pociągi TGV kursowały na linii LGV PSE, łącząc Paryż z Lyonem, St. Etienne, Besançon i Genewą, osiągając prędkość maksymalną 260 km/h, oraz handlową 169 km/h (przy jeździe bez postojów).

### TGV Postal

W drugiej połowie XX w. poczta francuska przy połączeniach wewnętrznych rozpoczęła nadawanie przesyłek drogą lotniczą (stosowano samoloty Fokker i Transall). Jednak wraz z zamiarem budowy linii dużych prędkości Paryż – Lyon, w 1976 r. rozpoczęto prace nad modyfikacją TGV, przystosowanego do przewożenia przesyłek pocztowych (projekt *Messageries* – SNCF i Poczty Francuskiej). Okazało się, iż jeden pociąg, opracowany w 1979 r., jest w stanie przewieźć tyle przesyłek pocztowych (61 t), ile 4 największe samoloty (Transall C160). We wrześniu 1982 r. podpisano kontrakt na dostawę nowych pociągów (4 + 1/2), a inauguracja ruchu z udziałem pocztowych TGV miała miejsce w październiku 1984 r. pomiędzy stacjami Paris Charolais i Lyon Perrache 2.

Pociąg ten był modyfikacją TGV PSE, przy czym nie posiadał przedziałów pasażerskich, a jedynie miejsce do przewożenia przesyłek pocztowych w kontenerach. Całość była utrzymana w kolorystyce żółtej, z wielkimi niebieskimi literami na ścianach bocznych „Poczta” (*fr. La Poste*).

Pociągi pocztowe TGV zostały wyprodukowane przez fabryki w Belfort (wagon silnikowy), Aytré w La Rochelle i De Dietrich w Reischaffen. Wnętrze posiadało nawiew, nie montowano klimatyzacji. Dostęp do wagonu następował przez jedną parę drzwi umieszczoną asymetrycznie. Przesyłki pocztowe są przewożone w kontenerach, a w pociągu można umieścić 210 kontenerów (CP 660). W wagonach zamontowano urządzenia, które czuwają nad równomiernym rozkładem ładunku podczas jego transportu pociągiem. Drzwi są otwierane i zamykane automatycznie przez maszynistę. W pocztowych TGV, początkowo zamontowane sprężyny, będące zawieszeniem drugiego stopnia, także zostały wymienione na poduszki powietrzne, jak w TGV PSE. Zamontowano dodatkowo czujniki wykrywające potencjalne przemieszczanie się ładunku podczas jazdy (np. podczas przejazdu przez łuki). Sys-



TGV Postal 953, stacja Dijon Ville, region Burgundia (8.06.2007 r.)

Fot. Sylvain Assez

tem ten w razie wykrycia przemieszczenia się kontenerów z przesyłkami, zawiadamia maszynistę oraz – w razie potrzeby – włącza hamowanie. Jest to potrzebne, ponieważ zły rozkład masy w czasie jazdy oznacza różny nacisk na oś i tym samym grozi wykolejeniem pociągu.

Ogółem wyprodukowano 2 pociągi pocztowe TGV, plus jeden półpociąg, z zamontowanym wózkiem prototypowym Y32, pozwalającym na jazdę do 160 km/h. Ostatecznie wagon silnikowy, pochodzący z półpociągu pocztowego, włączono do jednej z jednostek TGV PSE (nr 38).

Obecnie są eksploatowane 3 zespoły TGV Postal, a jeden wagon silnikowy służy jako rezerwa (z TGV PSE nr 70).

W połowie marca 2012 r. zainaugurowano przewozy przesyłek pocztowych z użyciem TGV Postal pomiędzy Francją i Wlk. Brytanią: przejazd miał miejsce na trasie Lyon Saint-Exupéry przez Roissy-Charles de Gaulle, Eurotunnel, HS1, Ashford do Londynu i został zlecony przez firmę Euro Carex (świadcząca ekspresowe przesyłki kolejowe). Pociąg TGV Postal wyruszył ze stacji początkowej dnia 20.03. o godz. 16.42, a przybył na stację końcową (St. Pancras) następnego dnia o godz. 9., pokonując w tym czasie około 900 km z ładunkiem o masie 120 t, poruszając się z prędkością maksymalną 270 km/h. Podobny ładunek jest przewożony z użyciem komunikacji lotniczej w siedmiu samolotach pasażerskich Boeing 747. Planowane jest podpisanie porozumienia pomiędzy przewoźnikami kolejowymi i lotniczymi w perspektywie 5–6 lat i przewożenie ładunków po liniach kolejowych dużych prędkości na dystansach 300–800 km, między stacjami: Roissy-Charles de Gaulle, Amsterdam, Liège i Lyon, a także Kolonią, Frankfurt, a w dalszej perspektywie Barceloną i Turynem.

## TGV Atlantique

Dla obsługi drugiej linii prędkości LGV Atlantique SNCF zdecydowało zamówić ulepszoną wersję pociągów TGV PSE. Nadzоровanie programu projektowania pociągów powierzono w 1986 r. dla François'a Lacôte'a. Najważniejszą zmianą w stosunku do pociągów TGV PSE było zastosowanie bezkomutatorowych synchronicznych silników trakcyjnych, zamiast silników prądu stałego. Ponieważ silnik synchroniczny ma mniejszą masę jednostkową (około 1,5–2,0 krotnie) w porównaniu z silnikiem prądu stałego, przy zachowanej tej samej masie, możliwe stało się zastosowanie silników o większej mocy i jednocześnie zredukowanie ich liczby, co ma duże znaczenie w budowie pojazdów. Przykładowo, pociągi TGV PSE były napędzane przez 12 silników zgrupowanych w 6 wózkach (2+2 w wagonach silnikowych i 1+1 w wózkach wagonów pasażerskich sąsiadujących z silnikowymi). W pociągach TGV Atlantique zastosowano wprawdzie mniejszą liczbę silników (8 zamiast 12), jednak moc pojedynczego pociągu wzrosła z 6450 kW do 8800 kW.

Pociąg TGV Atlantique zaprojektowano jako jednostkę dwunapięciową – 25 kV 50 Hz dla linii dużych prędkości i 1,5 kV DC dla linii konwencjonalnych.

W porównaniu z pociągami TGV PSE, wyposażonymi w iście spartańskim stylu, teraz bardziej zadbano o opracowanie przedziałów pasażerskich. Przedziały 2 kl. otrzymały siedzenia w odcieniu koloru szarego wraz z niebieskimi i zielonymi deseniami. Fotele ustawiono w rzędach 2+2, z przejściem pośrodku, a dodatkowo urządzono w wagonach przedziały dla małych dzieci, podobnie jak w pociągach *Corail* (francuski odpowiednik pociągu

Intercity) kursujących po sieci SNCF od 1980 r. W wagonach kl. 1 postępowano inaczej – fotele pasażerskie ustawiono w rzędach 2+1, przy czym po tej stronie, po której znajdowały się 2 fotele w rzędzie, dodano stolik oraz dodatkowe 2 fotele znajdujące się naprzeciwko (*face-to-face*) oraz oddzielono je przezroczystą ścianką równoległą do ścian bocznych bez drzwi od strony korytarza. W rzędzie, w którym znajdowało się tylko pojedyncze fotele, także umieszczono stoliki. Zmieniono również wystój wagonu barowego.

Nowe rozwiązania techniczne testowano w wybranych pociągach TGV PSE.

Komfort zapewniony przez zastosowanie zawieszenia pochodzącego z TGV PSE był niższy w stosunku do tego, jaki zapewniają wagony typu *Corail* (przyczyny zjawiska były znane, lecz trudność polegała na braku odpowiedniego rozwiązania). Zatem postanowiono opracować ponownie projekt wózka i zmienić koncepcję zawieszenia pierwszego stopnia. Nowe wózki – oznaczone jako Y (Y 237A – wózek międzywagonowy Jacobsa 237B – wózek skrajny wagonów doczepnych R1 i R10) opracowano na podstawie odpowiedników zastosowanych w wagonach *Corail* (Y32), czyli powrócono do koncepcji prowadników przegubowych z przegubami stalowo-gumowymi (*silent-block*).

Wózki silnikowe nie były modyfikowane. Zmianom poddano przekładnie główne – ze względu na zmianę liczby obrotów silnika trakcyjnego (3000 obr./min dla TGV PSE i 4000 obr./min dla TGV A) zwiększono stopień przełożenia głównego z 1,934 na 2,1894, co wiązało się także z różnymi prędkościami jazdy – odpowiednio 270 km/h i 300 km/h. Z drugiej strony, zamontowane silniki trakcyjne miały dwukrotnie większą moc – zwiększenie z 535 kW do 1100 kW, co wymagało przeprojektowania samej przekładni, bez zmiany jej koncepcji.

Istotnym elementem pociągów TGV jest szczelność pociągu, którą osiągnięto poprzez zastosowanie złącza rurowego wykonanego ze spienionego tworzywa i umieszczonego między ramą nośną a nadwoziem. Izolację akustyczną poprawiono poprzez zwiększenie grubości gumy miechów przejściowych i wkładu z wełny szklanej w partii dolnej rury i umieszczeniu mat dźwiękochłonnych w dolnej części ramy i przejścia międzywagonowego.

Podobnie jak w TGV PSE, w TGV A zastosowano hamowanie elektrodynamiczne oporowe i pneumatyczne (hamulce tarczowe), z których to pierwsze osiąga  $\frac{3}{4}$  całkowitej mocy hamowania w porównaniu z hamulcem tarczowym. Użycie nowych, pełnych tarcz hamulcowych zwiększyło znacznie moc hamowania w porównaniu do tarcz z prześwitami wentylacyjnymi w TGV PSE. W TGV A zastosowanie nowych tarcz z wysokogatunkowej stali niewymagających chłodzenia (samoprzewietrzalnych) i nakładek stosowanych w technice lotniczej, w porównaniu z zastosowanymi w TGV PSE, okazało się o 70% wydajniejsze w rozpraszaniu energii hamowania. Hamulec ten także pracował ciszej, w porównaniu ze swym poprzednikiem (TGV A wobec TGV PSE). Hamulec tarczowy, kontrolowany przez system elektroniczny, był w stanie zatrzymać pociąg TGV A z prędkości początkowej 300 km/h na drodze 3 km.

Ogółem, wyprodukowano 105 zespołów TGV Atlantique. We wrześniu 1986 r. przedstawiciele SNCF zaprezentowali nowy pociąg zaproszonym przedstawicielom producentów taboru kolejowego z Europy, w tym brytyjskiego Brush'a i GEC, oraz grupie dziennikarzy podczas jazdy na trasie Paryż – Le Creusot. Oficjalna prezentacja TGV A publiczna miała miejsce w marcu 1989 r.

Od września 1989 r. pociągi rozpoczęły planową eksploatację na sieci SNCF z prędkością maksymalną 300 km/h wraz z oddaniem do eksploatacji linii LGV Atlantique.

## TGV Eurostar

Pociągi TGV Eurostar eksploatowane są na linii w tunelu pod kanałem La Manche (49 km) i łączą Londyn z Paryżem i Brukselą poprzez linie dużych prędkości. Regularne kursy między tymi trzema stolicami europejskimi rozpoczęły się w październiku 1994 r. Rozważano także uruchomienie połączeń od 1995 r. Paryża i Brukseli z takimi miastami jak Manchester i Edynburg, jednak od realizacji tych planów odstąpiono. Do realizacji tego projektu powołano specjalne konsorcjum 'Trans-Manche Super Train Group' (TMSTG) z siedzibą w Paryżu, które zajęło się opracowaniem projektu przyszłego pociągu. Założono, że każda z jednostek liczyłaby po dwa wagony silnikowe oraz 18 pasażerskich. Ostatecznie uzgodniono, że zostanie wyprodukowanych 31 pociągów 18-wagonowych oraz 7 pociągów 14-wagonowych, odpowiednio do zapewnienia komunikacji przez Eurotunnel pomiędzy trzema stolicami i na północ od Londynu. Koncepcja nowego pociągu została oparta na rozwiązaniach sprawdzonych w TGV Atlantique.

Każdy z pociągów TGV Eurostar (jednostka 18-wagonowa) składa się z dwóch identycznych 'pótpociągów' o liczbie 9 wagonów pasażerskich każdy plus jeden wagon silnikowy. W każdej jednostce zamontowane jest razem 12 silników trakcyjnych: po 4 w wagonach silnikowych oraz dwa w wagonie pasażerskim sąsiadującym z wagonem silnikowym. Maksymalny nacisk osi na tor wynosi 17 t. Jednostki, które miały kursować na północ od Londynu, otrzymały liczbę wagonów zmniejszoną do 14 ze względu na zbyt dużą długość w stosunku do istniejących peronów na sieci BR (długość pociągu wynosi 319 m zamiast 393 m).

Wagon silnikowy TGV Eurostar jest przystosowany do pracy pod napięciem 25 kV 50 Hz na liniach dużych prędkości: francuskich (LGV Nord), belgijskich (LGV 1) czy brytyjskich (CTRL), w Eurotunnelu oraz na północ od Londynu. Podczas jazdy na sieci SNCB/NMBS na liniach konwencjonalnych pociąg jest zasilany napięciem 3 kV prądu stałego (obecnie jest to 20-kilometrowy odcinek Lembeek – Bruksela), a do 2007 r. na odcinku Londyn – Post. Fawkham zasilany był napięciem 750 V DC z trzeciej szyny. Zastosowano standardowy pantograf używany w pociągach TGV Atlantique – Faiveley GPU (25 kV 50 Hz) oraz drugi Brecknell Willis dostosowany do sieci SNCB/NMBS przy prędkościach do 220 km/h (3 kV DC) oraz dla jednostek czteronapięciowych na liniach 1,5 kV DC we Francji. Do odbioru prądu z trzeciej szyny na sieci BR służył odbierak opracowany wspólnie przez firmy Faiveley i Brecknell Willis. Pociąg Eurostar wyposażono w następujące systemy sygnalizacyjne:

- francuskie: KVB i „krokodyl” oraz TVM430 – pierwszy i drugi używane na liniach konwencjonalnych SNCF, trzeci na liniach dużych prędkości oraz w Eurotunnelu;
- belgijski TBL;
- brytyjskie AWS i TPWS.

Pociąg TGV Eurostar jest nieco węższy w porównaniu z TGV Atlantique ze względu na skrajnię i wysokość peronów obowiązujące w Wielkiej Brytanii – wielkości te wynoszą odpowiednio 1446 mm i 910 mm. Dla porównania, identyczne parametry dla kolei francuskich i belgijskich wynoszą odpowiednio 1665 mm i 550 mm (SNCF) oraz 1680 mm i 760 mm (SNCB/NMBS).



TGV Atlantique 313, Montferrand, region Langwedocja–Roussillon (3.03.2007 r.)

Fot. Sylvain Bouard



TGV Eurostar na linii LGV Nord (1993 r.)

Fot. Alstom



Przedział 2. klasy pociągu TGV Eurostar

Fot. Alstom

W konsekwencji pociągi TGV Eurostar są węższe w porównaniu z TGV Atlantique o 104 mm (2800 mm wobec 2904 mm), a wysokość wagonów silnikowych jest równa wysokości wagonów pasażerskich (wagon silnikowy TGV mają wznoszący się dach i w konsekwencji są wyższe o 450 mm w stosunku do wagonów pasażerskich TGV), także dla zapewnienia odpowiedniej stabilności.

ści ruchowej podczas przejazdu przez Eurotunnel (opór aerodynamiczny). Każdy wagon pasażerski jest wyposażony w parę automatycznych drzwi wraz ze stopniem dopasowującym się do wysokości peronu. Pociąg składa się z 18 wagonów pasażerskich, w tym 10 wagonów kl. 2 (C1–C5, C14–C18), dwóch wagonów barowych (C6 i C13) oraz sześciu wagonów kl. 1 (C7–C12). Liczba miejsc w wagonie kl. 2 wynosi 60 (wyjątek wagony C1 i C18 – 52 miejsca), a w wagonie kl. 1 – 39 (wyjątek C9 i C10 – 27 miejsc), co daje sumaryczną liczbę miejsc 794 (210 – kl. 1 i 584 – kl. 2) plus 53 siedzenia odchylne. Liczba miejsc w pociągach 14. wagonowych wynosi sumarycznie 578 (114 w kl. 1 i 464 w kl. 2).

Szczególny nacisk położono na bezpieczeństwo pasażerów i obsługi w tunelu: pociąg ma instalację wykrywającą ogień zamontowaną w wagonach silnikowych (M1 i M2) i pasażerskich (C1 i C18). W razie pożaru w pociągu odcinane jest napięcie w zdefektowanej części składu oraz uruchamiany jest proces gaszenia z użyciem gazu halonowego. W przypadku pojawienia się ognia w wagonie silnikowym, procedura jest podobna: odłączane jest napięcie, dodatkowo kabina maszynisty jest chroniona specjalną barierą przeciwpożarową. W takim przypadku pociąg jest prowadzony tylko przez sprawny wagon silnikowy.

30.07.2003 r. pociąg Eurostar 3313/3314 (jednostka 14-wagonowa) na linii CTRL 1 ustanowił rekord prędkości Wlk. Brytanii – 334,7 km/h. Wydarzenie to miało miejsce w pobliżu Bexley na 60,4. km, a podczas jazdy wyłączono w obu wagonach napędowych systemy: sygnalizacji kabinowej TVM430 i zabezpieczenia pociągu.

Na przełomie 2006 i 2007 r. SNCF zgłosiły pomysł wydzierżawienia (leasing) serii 3300 od jej właściciela – spółki Eurostar UK: 6,5 brytyjskich pociągów TGV Eurostar (każdy pociąg Eurostar składa się z dwóch 'półpociągów'), które skierowano do obsługi połączeń Paryż – Lille i innych miast leżących na północy Francji. W marcu 2007 r. trzy jednostki tej serii zostały przetransportowane do Francji. Miejscem ich stacjonowania jest paryska lokomotywnia Le Landy. Dwa kolejne pociągi zostały także przekazane SNCF po wykonaniu testów linii CTRL w listopadzie 2007 r.

## TGV Réseau

Wraz z rozbudową połączeń TGV w kierunku północnym, opracowano kolejną odmianę TGV, nazwaną Réseau. Konstrukcja ta



TGV Réseau: 4503 i 4501, Modane, region Prowansja – Alpy – Lazurowe Wybrzeże. Stacja Modane jest stacją graniczną z siecią FS (24.07.2007 r.) Fot. Sylvain Assez

w dużej mierze bazowała na TGV Atlantique (identyczna część mechaniczna), jednak wprowadzono pewne modyfikacje w części elektrycznej.

Pociąg otrzymał transformator o większej mocy i silniki trakcyjne o wyższych dopuszczalnych temperaturach pracy. Przekonstruowano hamulec oporowy, zwiększając jego moc na każdy blok silników z 1200 kW do 1600 kW. Urządzenia klimatyzacyjne zamontowane w TGV Réseau były oszczędniejsze w zużyciu energii, w porównaniu z TGV Atlantique. Pociąg otrzymał także nowe oprogramowanie (*hard- i soft-ware*) i zmodyfikowany system sygnalizacji kabinowej TVM 430. W części elektrycznej zmieniono filtry, dławiki oraz nieznacznie pantografy.

W porównaniu z TGV-A, pociąg został skrócony z 10 do 8 wagonów pasażerskich (plus 2 silnikowe), aby zapewnić możliwość jazdy w trakcji podwójnej (2 pociągi TGV-A nie mieściły się w peronach). Wszystkie te zmiany wprowadzono w ten sposób, iż nowe pociągi były całkowicie kompatybilne ze starszymi zespołami. Pierwsze 10 jednostek było praktycznie identycznych z TGV-A, a zmiany wprowadzano w kolejnych pociągach.

Ogółem zamówiono 50 zespołów (z numeracją 501–550) w wersji dwunapięciowej i 30 zespołów w wersji trójnapięciowej (nr 4501–4530) – dodatkowo przystosowanych do pracy pod napięciem 3 kV DC, aby zapewnić możliwość wjazdu na sieć kolejową Belgii i Włoch – SNCB/NMBS i FS. Dla pociągów wjeżdżających na sieć kolejową Belgii czy Holandii wprowadzono także system informacji dla maszynistów w języku flamandzkim i odpowiednie systemy bezpieczeństwa ruchu – ATB (NS) i TBL (SNCB/NMBS). 6 pociągów (4501–4506) zostało przystosowanych do poruszania się po sieci FS, co wymagało:

- zamontowania systemu bezpieczeństwa ruchu RS 4;
- systemu informowania maszynisty, z przesyłaniem sygnałów przez sieć trakcyjną;
- systemu wykrywającego ogień i dym w silnikach trakcyjnych, oraz włączającego gaz obojętny doń najpóźniej 30 s po wykryciu awarii;
- jeden z pantografów GPU wagonu silnikowego (2 w pociągu) – przystosowano do pracy z włoską siecią 3 kV DC; 10 pociągów o numerach 4531–4540, pierwotnie planowanych jako Réseau, otrzymała kolorystykę PBA Thalys.

## Thalys

Pomysł nowych pociągów łączących Paryż, Brukselę, Amsterdam i Kolonię powstał już w latach 80. XX. w ramach porozumienia pomiędzy kolejami francuskimi (SNCF), belgijskimi (SNCB/NMBS), holenderskimi (NS) i niemieckimi (DB). W trakcie dyskusji, których kulminacją przypadła na rok 1988 ustalono założenia techniczne dla nowych pociągów:

- prędkość maksymalna 300 km/h na liniach dużych prędkości i 220 km/h na zmodernizowanych liniach konwencjonalnych;
- przystosowanie do zasilania napięciem: 1,5 kV DC na sieci NS i SNCF, 3 kV DC – SNCB/NMBS, 15 kV 16,7 Hz – DB i 25 kV 50 Hz – SNCF;
- zamontowanie systemów bezpieczeństwa ruchu ATC: TVM430, KVB i 'krokodyl' (francuskie), LZB i Indusi (niemieckie), ATB (holenderski) i TBL (belgijski);
- każda z jednostek powinna zabierać jednorazowo do 377 pasażerów i mieć maksymalny nacisk na oś nieprzekraczający 17 t.



Parametry pociągu, który miał kursować na nowej trasie, zostały ostatecznie zaakceptowane w kwietniu 1990 r., kiedy to powołano dwie grupy robocze, z których pierwsza zobowiązała się przystosować francuski superekspres TGV, a druga niemiecki ICE do postawionych wymagań. W styczniu 1991 r. projektowanie nowego pociągu przypadło niezależnie od siebie dwóm konsorcjom – GEC Alsthom (TGV) i Siemens (ICE). W trakcie szczegółowej dyskusji w czerwcu 1992 r. zdecydowano, że beneficjentem kontraktu będzie GEC Alsthom, który to wyprodukuje 27 nowych jednostek. Jedną z przyczyn niepowodzenia pociągu niemieckiego (ICE) był zbyt wysoki nacisk na oś – 19,5 t.

Ostateczne porozumienie w tej sprawie zostało podpisane w styczniu 1993 r. w Brukseli – każdy pociąg miałby liczyć osiem wagonów pasażerskich i dwa silnikowe oraz zostałby wyposażony w identyczną część mechaniczną jak już eksploatowane przez SNCF pociągi TGV Réseau. Zdecydowano, że wagony silnikowe nowego TGV Thalys będą posiadały stanowisko maszynisty umieszczone centralnie, aby zapewnić maszyniście prowadzącemu pociąg komfortowe warunki podczas przejazdu w warunkach ruchu lewostronnego (SNCF i SNCB/NMBS) i prawostronnego (DB i NS). Kolejne szczegóły techniczne nowych pociągów były ustalane przez grupę roboczą pod kierownictwem SNCB/NMBS w trakcie rozmów i negocjacji wraz z przedstawicielami pozostałych trzech zarządów kolejowych. Ostatecznie podpisano kontrakt wartości 700 mln euro opiewający na 27 jednostek (26 mln euro za pociąg), z możliwością powiększenia o 10 kolejnych. Dostarczonych zostało 10 jednostek trójnapięciowych i 17 czteronapięciowych w latach 1996–97. Serwisem nowych pociągów miały zajmować się lokomotywnie Le Landy w Paryżu i Forest (Sud) w Brukseli. Trudności wynikały z faktu, że nowe pociągi musiały być nie tylko kompatybilne z czterema systemami zasilania i łączności, ale także kursować po liniach dużych prędkości i konwencjonalnych w czterech różnych krajach.

Koleje niemieckie wydzierżawiły od SNCB/NMBS dwie jednostki TGV Thalys. Wraz z uruchomieniem przewozów pod nowym szyldem Thalys, spółka operująca do tej pory na tym odcinku oddała kolejom SNCF wcześniej używane przezeń jednostki TGV Réseau.

## Piętrowy TGV Duplex

Szybko wzrastająca liczba pasażerów pociągów TGV z jednej strony była dowodem, iż koncepcja TGV odniosła sukces, jednak z drugiej – powoli zaczęły się wyczerpywać przepustowości linii LGV, a zwłaszcza Paryż – Lyon. System sygnalizacji kabinowej – TVM300 dopuszczał wprawdzie kursowanie pociągów z częstotliwością 5 min, a TVM430 – 3 min., jednak niemożliwe było sukcesywne zwiększanie parku taborowego TGV. Zatem zaproponowano zaprojektowanie piętrowego pociągu TGV. Pierwsza opcja zakładała włączenie 6 wagonów klasycznych między wagony silnikowe TGV, a druga – 8 wagonów – piętrowych, z zachowaniem dotychczasowych parametrów TGV (wózki Jacobsa, nacisk na oś 17 t). Pierwsze rozwiązanie odrzucono, ze względu na możliwość przekroczenia nacisku na oś na liniach LGV.

Prace projektowe rozpoczęły się w 1987 r. pod nadzorem dyrektora technicznego koncernu, François Lacôte'a, a opracowanie wewnętrznej stylistyki pociągu zlecono Rogerowi Tallon (projektantowi stylistyki wcześniejszych TGV). W 1988 r. na dworcu Paris Nord zaprezentowano makietę wagonu piętrowego TGV dla szerokiej publiczności. Projekt został ostatecznie zaakceptowany



TGV Réseau w okolicach Reuilly-Sauvigny na linii Paryż – Strasburg, region Pikardia (15.08.2006 r.)  
Fot. Tommy Ravache



TGV Thalys PBA 4533, Dordrecht, Holandia (18.05.2008 r.)  
Fot. Raymond Kiès



TGV Thalys PBKA 4301 opuszcza stację Amsterdam Centraal kierując się do stacji docelowej Paris Nord (13.06.2011 r.)  
Fot. Raymond Kiès

w marcu 1990 r., a w czerwcu 1991 r. podpisano porozumienie na zamówienie pociągów z wagonami nowego typu. Aby zachować nacisk na oś – 17 t – pudła pociągów wykonano z aluminium (opracowanie – szwajcarska firma Aluisse). Wykorzystano wagony z TGV uszkodzonych w wypadkach – TGV PSE 70 (skrajny wagon pasażerski) oraz TGV A 360 (wagon silnikowy). Pociąg testowy miał 4 wagony pasażerskie. W celu osiągnięcia

odpowiedniej masy hamującej, w skład pociągu włączono wagon pomiarowy „Mélusine”. W czasie prób testowano także klimatyzację (zamontowana w pociągu piętrowym musiałaby obsłużyć więcej pasażerów). W wagonie nr 3 nie montowano klimatyzacji i wykonywano badania akustyczne. W wagonie ex-TGV PSE urządzono laboratorium pomiarowe. Wykonano także symulacje komputerowe (firmy Framasoft i CSI).

Na początku 1991 r. pociąg był badany w ośrodku w Vitry (testy statyczne i akustyczne), a we wrześniu 1991 r. w Villeneuve-

Saint-Georges (pierwsze testy dynamiczne). Po ich wykonaniu pociąg został skierowany na linię LGV Atlantique, w październiku osiągnięto prędkość 250 km/h. Następnie skład przewieziono do lokomotywni Châtillon w Paryżu, gdzie po wykonaniu niezbędnych modyfikacji, skierowano go ponownie na linię LGV Atlantique i na początku listopada osiągnął prędkość 320 km/h. Podczas testów badano nowe zawieszenie pudeł na wózkach (Jacobsa), pracę amortyzatorów i tłumików pionowych i poziomych. Eksperymentalnie zamontowano pomiędzy wagonami doczepnymi nr 1 i 2 nowy rodzaj zawieszenia, z wykorzystaniem końcówek nie kulistych, ale stożkowych. Zmniejszyło to hałas wewnątrz pociągu podczas jazdy z dużymi prędkościami.

Do budowy pudeł wagonów użyto stopu aluminium (typ 6000; Al+Mg+Si) według specjalnie opracowanej technologii kosztem 6,1 mln euro. Konstrukcja pudeł z blach aluminiowych została wzmocniona elementami aluminiowymi. Długość wagonów środkowych została zachowana (17,2 m), podobnie jak skrajnych pasażerskich. W wagonach skrajnych zamontowano strefy zgniotu, zdolne pochłonąć 2 MN energii. Oba wagony silnikowe są połączone trzema kablami – 25 kV (biegnący po dachach wagonów pasażerskich) oraz 1,5 kV i 500 V (biegnące wewnątrz wagonów). Wagony te w lutym 1994 r. przetestowano pod kątem odporności na zgniecenia (*crash-test*), w obecności dziennikarzy z prasy technicznej (w TGV Duplex są zamontowane dodatkowo tzw. tampony, czyli zbiorniki powietrza, które w przypadku zderzenia pochłaniają energię). Znajdują się w pobliżu miejsca zawieszenia wagonów na wózkach. Analogiczne badania przeprowadzono dla wagonów silnikowych, na przełomie 1995 r. i 1996 r.

Wózki skrajne w wagonach silnikowych wykonano z kształtowników rurowych (zmniejszono masę wózka o 170 kg), a zbiorniki powietrza dla poduszek powietrznych stanowiących drugi stopień zawieszenia także wykonano z aluminium (wcześniej używano stalowych). Ze stopu aluminium wykonano również schody, łączące oba poziomy w wagonach pasażerskich. Podobnie postąpiono przy budowie foteli pasażerskich – wykorzystanie aluminium zamiast stali, spowodowało zmniejszenia masy pojedynczego fotela z 26 kg do 14 kg, a w skali całego wagonu o 1 t. Dzięki tym zabiegom zachowano nacisk na oś 17 t, nie pogarszając w żaden sposób komfortu jazdy pasażerów. Wagony nr 1, 2 i 3 są wagonami 1 kl. z układem foteli 2+1, utrzymanymi w wewnętrznej kolorystyce szaro-czerwonej, a wagony 5, 6, 7 i 8 wagonami 2 kl. z układem foteli 2+2 – w kolorystyce szaro-niebiesko-zielonej. Zastosowano nieznacznie szersze okna w obu klasach – 920 mm zamiast 850 mm. W każdym wagonie pasażerskim znajduje się WC na dolnym poziomie. W wagonie nr 4 na górnym poziomie znajduje się wagon barowy, a na dolnym poziomie znajdują się: przekształtnik pomocniczy, urządzenia klimatyzacyjne oraz baterie.

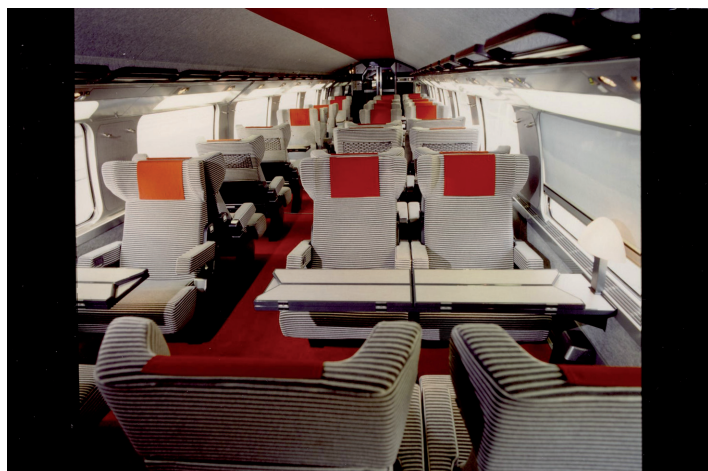
Stanowisko maszynisty zostało zamontowane centralnie, ponieważ w założono, iż w bliskiej przyszłości pociągi nazwane TGV Duplex (pol. podwójny) będą wjeżdżać na sieci kolejowe innych państw i dla ułatwienia obserwacji sygnałów na szlaku przez maszynistę centralne ustawienie fotela będzie optymalne (we Francji, Belgii, Szwajcarii, Włoszech oraz Wielkiej Brytanii obowiązują ruch lewostronny, a w Niemczech, Holandii i Hiszpanii – prawostronny).

Wagony silnikowe wyposażono w hamulce tarczowe (pierwsze 30 jednostek; w kolejnych już nie montowano).



TGV Duplex nr 229, Montferrand, region Langwedocja-Roussillon (17.03.2007 r.)

Fot. Sylvain Bourard



Wnętrze wagonu kl. 1 pociągu TGV Duplex



Wnętrze wagonu kl. 2 pociągu TGV Duplex

System transmisji danych pozostał ten sam (*Tornad*), jak we wcześniejszych TGV.

Zamontowano nowe pantografy – zamiast GPU – Cx, jedno-stopniowe, sterowane mikroprocesorowo. Wyposażono je w regulowany docisk do sieci trakcyjnej, w zależności od prędkości, napięcia, typu sieci trakcyjnej oraz faktu, czy pociąg porusza się w trakcji pojedynczej, czy podwójnej. Silniki trakcyjne – synchroniczne trójfazowe typu SM47 z wentylacją wymuszoną – są identyczne, jak zastosowane w TGV R. Kształt wagonu silnikowego jest nieco inny w porównaniu ze wcześniejszymi TGV – zrezygnowano z ostrych linii, na korzyść kształtów zaokrąglonych.

Pierwszy przejazd pociągu TGV Duplex miał miejsce pod koniec kwietnia 1995 r. Choć pociągi TGV Duplex są zbudowane z myślą o kursowaniu z prędkością 320 km/h, ich prędkość na sieci RFF jest ograniczona do 300 km/h. Z prędkością 320 km/h TGV Duplex mogą także kursować z TGV Réseau. Obecnie pociągi TGV Duplex są używane na najbardziej obciążonej linii LGV – Paryż – Lyon – Marsylia, choć można je także spotkać na linii LGV Nord czy Atlantique. Dostarczono 89 + 19 pociągów TGV Duplex, a w kwietniu 2006 r. SNCF złożyła zamówienie na 52 pociągi TGV D, z nową częścią elektryczną: przekształtnikami tranzystorowymi IGBT oraz silnikami asynchronicznymi (identycznymi, jak zastosowanymi w TGV POS). Dodatkowo, część wagonów TGV Duplex (19 jednostek) kursuje wraz z wagonami silnikowymi TGV Réseau jako TGV – Réseau Duplex (wagony doczepne TGV Réseau obecnie kursują wraz z wagonami silnikowymi TGV POS).

Zdaniem F. Lacôte'a pociąg TGV Duplex powstał z jednej strony na fali euforii sukcesem TGV (linie LGV PSE czy LGV A), a z drugiej, na dużej bazie doświadczeń, mimo iż wielu powątpiewało w sukces przedsięwzięcia. Jako argumenty wysuwano spostrzeżenia, iż pociągi piętrowe bardziej nadają się do obsługi ruchu podmiejskiego w aglomeracji Paryża niż na linie dużych prędkości. Droga prowadząca do zaprojektowania i zbudowania TGV D była również długa – od pomysłu (1987 r.) do opracowania projektu (1990 r.) i wprowadzenia do eksploatacji (1997 r.) minęło około 10 lat. Poza tym jest to pierwszy na świecie pociąg piętrowy zdolny poruszać się z prędkością 300 km/h – japońskie pociągi Shinkansen (E1) w eksploatacji nie przekraczają 240–250 km/h.

### **TGV pendulaire, czyli TGV z mechanizmem przechyłu nadwozia**

Przedstawiciele SNCF, koncernu *Alstom* oraz rządu francuskiego w 1996 r. zdecydowali o rozpoczęciu prac nad pociągiem TGV wyposażonym w mechanizm przechyłu nadwozia. Ideą eksperymentu było opracowanie pociągu mogącego się poruszać z dużymi prędkościami, ale po liniach klasycznych. Uzyskano grant w wysokości 26 mln euro, przy czym wkład od państwa wynosił 18%, koncernu *Alstom* – 49%, a SNCF – 32%. Zdecydowano się podjąć współpracę z włoskim koncernem *Fiat*, posiadającym duże doświadczenia w budowie pociągów z przechylnym nadwoziem. Około roku trwało opracowanie projektu, przy czym SNCF zamierzała przetestować elementy zarówno nowe, jak i używane dotychczas, oraz określić ich charakterystykę w czasie 20 tys. godzin pracy. *Alstom* opracował nowy typ wózków dla TGV *pendulaire* oraz mechanizm kontroli przechyłu pudła. Francuski koncern był także autorem nowatorskiej technologii przechyłu pudła, poprzez mechanizm elektromechaniczny. Różnicą w porównaniu

z TGV PSE była likwidacja napędu w wózkach skrajnych wagonów pasażerskich.

Na początku czerwca 1997 r. do zakładów naprawczych w Bischheim przysłano jednostkę TGV PSE nr 101, którą następnie w czasie 10 miesięcy poddano przebudowie w TGV P01. Zmniejszono moc pociągu – poza likwidacją wózków napędowych w skrajnych wagonach pasażerskich, zmniejszono moc silników trakcyjnych, przy czym moc pary silników (w pociągu – 4) wynosiła 450 kW pod napięciem 1,5 kV, a pod napięciem 25 kV – 1100 kW (moc zespołu była równa 4400 kW).

Prędkość maksymalną TGV *pendulaire* określono na 220 km/h i nie przewidziano ich eksploatacji w trakcji wielokrotnej wraz z innymi TGV. Wózki wagonów zostały specjalnie wzmocnione, w celu zapewnienia odpowiednich warunków dla procesu przechyłu. Modyfikacjom nie poddawano pantografu (np. montaż liniek odpowiedzialnych za przechył pantografu), a jedynie dodano kamerę obserwującą zachowanie pantografu podczas przejazdu pociągu przez łuki. W wózkach skrajnych zamontowano akcelerometr (pomiar przyspieszenia dośrodkowego) i żyroskop, które przesyłały dane do komputera pokładowego w pociągu. Maksymalny kąt przechyłu wynosił 6,3°, przy czym dla wagonów pasażerskich był on wyższy niż dla silnikowych, co skutkowało, iż podczas przechyłu nadwozie wagonów pasażerskich znajdowało się 60 mm niżej niż nadwozie wagonów silnikowych.

Od stycznia do marca 1998 r. pociąg na podstawie testów na linii Strasburg – Miluza, uzyskał świadectwo dopuszczenia do ruchu do prędkości 160 km/h. Następnie pociąg przetestowano w trakcji podwójnej wraz z TGV Réseau, z prędkością maksymalną 300 km/h na odcinku Lille – Calais (tam i powrót). Mechanizm przechyłu nadwozia testowano na linii Melun – Héricy – Montereau (dolina Sekwany), z prędkościami 120–160 km/h (prędkość maksymalna dla linii wynosi 110–120 km/h). Po wprowadzeniu modyfikacji technicznych (połączeń wózek – pudło oraz samego wózka), TGV *pendulaire* skierowano na linię Brive – Cahors. Osiągnięto prędkość 135 km/h, przy maksymalnej dla linii 110 km/h. Pomiędzy Limoges i Argenton-sur-Creuse uzyskano prędkość 185 km/h, przy maksymalnej dla linii 160 km/h.

Ostatecznie po przejazdach na odcinkach Chambéry – Ambérieu (łuki o promieniu od 400 m do 600 m) i Chambéry – Saint Jean de Maurienne – łuki o promieniu 600 m od 900 m, TGV P01 uzyskał homologację. Przed konferencją Eurailspeed w Berlinie, pomiędzy stacjami Angoulême – Libourne (łuki o promieniu 1000–2000 m), TGV *pendulaire* osiągnął prędkość 255 km/h. Nowy pociąg wprawdzie przechodził „choroby wieku dziecięcego”, jednak według wstępnych ocen zaopiniowano go pozytywnie. Poczyniono założenia, iż po liniach dużych prędkości TGV *pendulaire* będzie poruszał się z wyłączonym mechanizmem przechyłu, a po liniach klasycznych – z włączonym, jednak w warunkach, iż elementy pociągu nie będą wychylać się więcej niż 260 mm (zgodnie z kartą UIC 518 C), co pozwoliłoby na kursowanie ich po większości linii kolejowych we Francji.

TGV P01 został wystany w lutym 1999 r. do Bischheim w celu przebudowy: w miejsce zdemontowanego systemu hydraulicznego Fiata, założono opracowany przez Alstom system elektryczny Tiltronix (zawierający mniej elementów mechanicznych na rzecz urządzeń elektrycznych, przy zachowaniu przechyłu z wykorzystaniem siłowników hydraulicznych). System ów działa w ten sposób, iż komputer przechowuje w swej pamięci parametry kon-

kretniej linii (z dokładnością do 5 m), a podczas jazdy pudło pociągu jest odpowiednio przechyłane. Podobny system działający w przeciwną stronę, zamontowano dla pantografu pociągu. Zaplanowano około 2006 r., montaż w 6 jednostkach TGV Atlantique, mechanizmu przechyłu (elektrycznego) i skierowanie ich do obsługi połączeń Paryż – Orléans – Limoges – Tuluza (projekt Polt), czy Paryż – Brest. Ostatecznie pomysł zarzucono.

## TGV POS

Pod koniec lipca 2005 r. Alstom dostarczył pierwszą parę wagonów silnikowych TGV POS (*Paris – Ostfrankreich Süddeutschland*), a wagony pasażerskie (8 w zespole) pochodziły ze zmodernizowanych jednostek TGV Réseau. TGV POS przewidziano do kursowania po nowej linii LGV Est Européenne do Niemiec i Luksemburga, a także do Szwajcarii, począwszy od czerwca 2007 r. Kontrakt podpisany pod koniec stycznia 2003 r. przewidywał dostawę 38 wagonów silnikowych za sumę 233 mln euro (początkowo zamówiono 30 wagonów z opcją zwiększenia o 8 kolejnych). Nowe pociągi zostały przystosowane do kursowania po sieci kolejowej pod napięciem 25 kV 50 Hz we Francji i Luksemburgu, 15 kV 16,7 Hz w Niemczech i Szwajcarii, oraz 1,5 kV DC w zachodniej, południowo-zachodniej i południowo-wschodniej Francji.

Przewidziano kursowanie ich z prędkością do 320 km/h na sieci SNCF oraz do 300 km/h po sieci DB, a przy projektowaniu pociągów starano się ograniczyć do minimum zmiany, aby zapewnić maksymalną kompatybilność nowych pociągów z jednostkami już eksploatowanymi, a także istniejącą infrastrukturą (skrócenie czasu homologacji). Część mechaniczna TGV POS pozostała w dużej części niezmienną w porównaniu z TGV Thalys czy Duplex (m.in. przekonstruowano hamulec elektrodynamiczny z racji zwiększenia prędkości maksymalnej do 320 km/h), podobnie jak wygląd zewnętrzny wagonów silnikowych. Największe zmiany zaszły w części elektrycznej – zamiast silników synchronicznych sterowanych przez falowniki tyrystorowe GTO, jakie zastosowano w czternapięciowych TGV Thalys (PBKA), w nowym pociągu zamontowano silniki asynchroniczne oraz przekształtniki główne zbudowane w oparciu o falowniki IGBT o nieco zmniejszonej mocy (3,3 kV wobec już stosowanych 6,5 kV w nowych elektrowozach Prima) dla uniknięcia potencjalnych awarii. Falowniki IGBT są rozwinięciem analogicznych pochodzących z elektrowozów nowej generacji Prima serii BB 427000 i 437000. Przekształtniki główne oznaczono jako 'Palix', a pomocnicze – 'Cadix'. TGV POS w porównaniu z TGV Thalys, które mogły kursować pod napięciem 15 kV 16,7 Hz z prędkością maksymalną 250 km/h, nowe pociągi dzięki nowym silnikom i przekształtnikom głównym mają moc zwiększoną o 45% pod napięciem 15 kV (pod napięciem 25 kV tylko o 6%; szczegóły w tab. 1). Dzięki wprowadzeniu systemu pilotażu osi, zmniejszono straty mocy do 13% w porównaniu z 25% dla wcześniejszych jednostek TGV.

W wagonach silnikowych TGV POS zamontowano nowy transformator (25 kV – moc 4830 kVA oraz 15 kV – 3882 kVA) o masie sumarycznej 10 t. Do odbioru prądu z sieci trakcyjnej służą dwa pantografy Faiveley Cx. Pierwszy wyposażony w pojedynczy ślizgacz o szerokości 1450 mm do współpracy z siecią szwajcarską 15 kV 16,7 Hz oraz francuską i luksemburską – 25 kV 50 Hz. Drugi pantograf ma podwójny ślizgacz szerokości 1950 mm i jest przystosowany do współpracy z siecią DB – 15 kV 16,7 Hz oraz

SNCF – 1,5 kV DC. Został on opracowany do prędkości 300 km/h na sieci DB oraz przetestowany w maju i czerwcu 2006 r.

Podobnie jak w pociągach TGV-R, Duplex i PBKA, w pociągach TGV POS zastosowano pokładowy system komputerowy TORNAD, przez co nowe pociągi można łączyć ze starszymi jednostkami TGV. Pociąg jest wyposażony w hamulce: pierwszy elektrodynamiczny odzyskowy i oporowy, drugi wykorzystujący prądy wirowe, oraz trzeci pneumatyczny (tarczowy), jednak ten drugi na liniach klasycznych DB ogranicza prędkość pociągu do 160 km/h ze względu na niemiecki system LZB. Wyposażenie hamulca wykorzystującego prądy wirowe stanowią po dwie pary płóc zamontowanych w wózkach wewnętrznych wagonów silnikowych oraz w wózkach wagonów pasażerskich (R1 i R8) sąsiadujących z silnikowymi (sumarycznie cztery pary). TGV POS jest pierwszym pociągiem TGV, który otrzymał ten typ hamulca (wcześniejsze próby, podejmowane w latach 70. XX w. zakończyły się niepowodzeniem).

Zastosowano systemy bezpieczeństwa ruchu: francuskie RS (*Répétition des Signaux*; 'krokodyl'), KVB (fr. *côntrole de vitesse par balises*; pol. kontrola prędkości przez balisy) oraz TVM tzw. bi-standard, niemieckie Indusi/PZB i LZB, szwajcarskie Signum/Integra i ZUB. System TVM bi-standard jest połączeniem TVM430 oraz ERTMS 2.

Opracowanie jednostek silnikowych rozpoczęła się w styczniu 2003 r., a produkcję dwóch wagonów silnikowych ukończono w lipcu 2004 r. Po tym pierwsza jednostka TGV POS została wysłana do Velimia w Czechach celem przeprowadzenia badań, po czym pociąg przetestowano na sieci SNCF. Pod koniec 2005 r. pociąg wysłano do Niemiec celem uzyskania homologacji na sieci DB. W grudniu 2005 r. testowano pociąg TGV POS na linii dużych prędkości Würzburg – Hannover, przy jeździe z prędkością maksymalną 250 km/h, z udziałem specjalistów koncernu Alstom, a także przedstawicieli DB i SNCF. Jazdy próbne odbywały się w obrębie węzła monachijskiego, a także na odcinkach Augsburg – Ulm i Karlsruhe – Freiburg, przy jeździe z prędkością maksymalną 140 km/h. Badano także wpływ pociągu na niemieckie urządzenia odpowiedzialne za bezpieczeństwo i sterowanie ruchem. Szczególną uwagę zwrócono na współpracę pantografów pociągu z siecią trakcyjną, czy skuteczność hamulców oraz pole magnetyczne generowane przez pociąg. Testy trwały do połowy 2006 r. W sierpniu 2006 r. pociąg TGV POS został przetestowany na sieci kolei szwajcarskich i luksemburskich. Początkowo przewidziano kursowanie 14 par pociągów tygodniowo na trasie Paryż – Stuttgart (Paryż – Monachium od grudnia 2007 r.) i 19 par Paryż – Zurych lub Paryż – Bazylea. Dodatkowo 15 par pociągów tygodniowo byłoby obsługiwanych niemieckimi jednostkami ICE3MF (w połowie 2005 r. na sieci kolei francuskich zakończyły się jazdy testowe ICE 3).

Pod koniec czerwca 2006 r. testy drugiego dostarczonego TGV POS odbywały się na trasie Paris Est – Metz – Luxembourg z prędkością maksymalną 160 km/h. W sierpniu 2006 r. oba pociągi testowano na trasie Paris Est – Strasburg; w dni powszednie jako pojedyncze jednostki, a podwójne w weekendy. Przewidziano dostawy kolejnych 10 pociągów (8 zmodernizowanych TGV-R i 2 TGV POS) na zaplanowaną na czerwiec 2007 r. uroczystość inauguracji ruchu na linii LGV Est Européenne, a docelowa lokomotywownia – Ourcq utrzymywałaby 52 pociągi – 33 TGV-R i 19 TGV POS (15 jednostek TGV POS zostało dostarczonych do końca 2007 r.). W kwietniu 2006 r. miało miejsce otwarcie nowej

lokomotywni przeznaczony dla nowych pociągów TGV, nazywanej *Technicentre Est Européen*, która znajduje się w dzielnicy Oucrcq położonej we wschodnim Paryżu. Pod koniec września 2006 r. znajdowało się tam 12 pociągów TGV: 10 TGV Réseau (zmodernizowanych) oraz 2 TGV POS. Jednostki TGV POS są zestawiane w ten sposób, że do wagonów pasażerskich pochodzących z TGV-R zostały dołączone fabrycznie nowe wagony silnikowe. Przykładowo, POS 4401 i POS 4402 otrzymały wagony pasażerskie z jednostek Réseau o numerach odpowiednio 518 i 515, a kolejne wagony pasażerskie z jednostek 523, 532 i 533 po modernizacji w ramach projektu *Lacroix* i w miarę dostaw kolejnych wagonów silnikowych, zostały zestawione w kolejne jednostki.

### TGV 2N2 do obsługi linii LGV Rhin – Rhône

Pod koniec maja 2011 r. Alstom dostarczył pierwsze pociągi TGV Duplex Dasye (TGV 2N2). Ich eksploatacja została zaplanowana na nowej linii LGV Rhin – Rhône (przyszła wschodnia odnoga LGV PSE) począwszy od grudnia 2011 r. oraz zapewnienie komunikacji Paryża z Miluzą, Dijon, Strasburgiem, Luksemburgiem, Zurychem/Szwajcarią i Niemcami. Całość nowego taboru będzie dostarczona do 2014 r. Pociągi zostaną zbudowane w fabrykach w Belfort (wagony silnikowe), La Rochelle i Reichshoffen (wagony pasażerskie), Le Creusot (wózki), Tarbes (wyposażenie elektryczne), Villeurbanne (wyposażenie systemu sterowania), Montréal (system informacyjny dla pasażerów) oraz Charleroi (przekształtniki pomocnicze). Zamówione pociągi są częścią kontraktu na jednostki TGV Duplex Dasye opiewającego na 25+3 trójnapięciowe pociągi z 2007/2008 r. do komunikacji Francji ze Szwajcarią, Luksemburgiem i Niemcami. Ostatecznie zamówienie zostało rozszerzone do 55 pociągów, zwanych umownie „Euro Duplex”, za kwotę 1,6 mld euro, z których 10 dostarczono do końca 2011 r., kolejne 15 pociągów w 2012 r., po 11 zespołów w latach 2013 i 2014 oraz 7 pociągów w 2015 r.:

- 30 zespołów trójnapięciowych, oznaczonych 3 UA (A – fr. *Allemagne*, Niemcy), plus jeden rezerwowy wagon silnikowy, oznaczony 3 UA, kompatybilny z 3 UF, TGV POS i TGV Duplex Dasye; całość z numeracją SNCF: 4701–4730 (4 – międzynarodowy);
- 25 zespołów trójnapięciowych, oznaczonych 3 UF i 3 UH (H – *Hevéllica* – łac. Szwajcaria), do obsługi połączeń wewnętrznych SNCF od 2014 r. i komunikacji ze Szwajcarią, z oznaczeniem 801–825; planuje się 10–15 zespołów wykorzystywać także w komunikacji z Hiszpanią;
- kontrakt przewiduje także możliwość dostawy kolejnych 40 pociągów (umowę podpisano na początku kwietnia 2012 r.).

Parametry techniczne wagonów silnikowych (silniki trakcyjne, moce pobierane przy pracy pod konkretnym napięciem, itp.), są praktycznie identyczne, jak w wagonach silnikowych TGV POS. Pojawiło się jednak kilka różnic – system bezpieczeństwa ruchu LZB zezwala na jazdę z prędkością 300 km/h po sieci DB Netz (dla TGV POS – 250 km/h na linii Mannheim – Stuttgart). Poza tym wprowadzono elektroniczne wyświetlacze rezerwowanych miejsc, podobnie jak w pociągu ICE kolei DB. Zadbano także o potrzeby osób niepełnosprawnych (10% miejsc jest przeznaczonych dla nich) oraz uwzględniono możliwość wjazdu pociągu do Eurotunnelu, montując ognioodporne drzwi w wagonach silnikowych oraz pasażerskich (wymóg stawiany przez komisję międzyrządową nadzorującą ruch w tunelu). Zespoły były testowane

### Porównanie jednostek TGV Thalys PBKA i TGV POS

	TGV Thalys PBKA	TGV POS
Oznaczenie SNCF	TGV 43000	TGV 38400
Numerы inwentarżowe	43410/419 – 43460/469	4401–4419
Masa jednostki [t]	383	423
Typ silnika	synchroniczny, SM47	asynchroniczny, 6 FHA
Moc silnika [kW]	1100	1160
Masa silnika [kg]	1525	1350 kg
Liczba obrotów/min	4000	3800
Napięcie	25 kV 50 Hz; 15 kV 16,7 Hz; 1,5 kV DC; 3 kV DC	25 kV 50 Hz; 15 kV 16,7 Hz; 1,5 kV DC
Moc sumaryczna jednego pociągu złożonego z dwóch wagonów silnikowych [kW]		
25 kV 50 Hz	8800	9280
15 kV 16,7 Hz	3680	6800
1,5 kV DC	3680	3680



TGV POS 4401 relacji München Hbf. – Paris Est miją stację Neidenfels, Niemcy (20.06.2010 r.)  
Fot. Raymond Kiès



Stanowisko maszynisty w TGV POS

Fot. Laurent Charlier

przez kilkudziesięciu inżynierów z AFE (*Agence d'Essai Ferroviaire*; urząd nadzoru i bezpieczeństwa kolejowego we Francji), koncernu Alstom Transport i SNCF, przez kilkanaście miesięcy począwszy od lipca 2010 r. i pokonały 160 tys. km. Dane były rejestrowane przez około 500 czujników, przekazując informacje aparaturze pomiarowej (obrazowo, na 29 ekranach komputerów)

umieszczonej w części pasażerskiej pociągu – wagonie R8 na górnym pokładzie.

Pod koniec marca 2012 r. na mocy porozumienia pomiędzy SNCF i DB uruchomiono komunikację między Marsylią i Frankfurtem, obsługiwaną przez pociągi Euro TGV, poruszające się z prędkością maksymalną 320 km/h (po liniach LGV, w tym nowej Rhine-Rhône). Podróż w stosunku do dotychczasowej skróciła się o 1,5 godz. (wynosi obecnie 7 godz. 45 min).

## KTX – południowokoreańskie TGV

Do obsługi pierwszej linii dużych prędkości Seul – Pusan zbudowanej w Korei Płd. zdecydowano się na zakup taboru u producentów posiadających odpowiednie doświadczenie. Spośród ofert francuskich, niemieckich i japońskich, na przełomie 1993 i 1994 r. konsorcjum KHRC zdecydowało się na wybór koncernu GEC Alstom oraz adaptacji technologii TGV. We wrześniu 1995 r. w zakładach koncernu GEC Alstom we francuskim Aytré rozpoczęły się prace przy pociągu TGV dla Korei Płd. W styczniu 1996 r. fabryka we francuskim Belfort wyprodukowała pierwszy wagon silnikowy dla koreańskiego TGV.

W grudniu 1997 r. powstał pierwszy kompletny skład KTX i rozpoczęto jazdy testowe na sieci SNCF. Równocześnie zaproszono do Francji delegację KNR na testy pociągów na linii LGV Atlantique. Kontrakt dotyczący adoptowania francuskiej technologii został przez przedstawicieli KHRC zmodyfikowany tak, że początkowe zamówienie na 46 pociągów, z których wszystkie miały

być wyprodukowane we Francji, zmieniono w ten sposób, że część pociągów miała być wyprodukowane we Francji, a część w Korei Płd. W tym celu powołano spółkę Eukorail, w skład której weszły, oprócz Alstoma, 12 firm francuskich, takich jak CSEE Transport, Cogifer, oraz pięć firm południowokoreańskich. Szkolenie personelu odbywało się we Francji (Grenoble), a symulator jazdy Simkor, zbudowany przez firmę Cory-Tess, dostarczono dla KNR i zamontowano w Chulto College w południowokoreańskim mieście Pugok. Pierwsze pociągi – 12 jednostek TGV dla Korei, nazwanych Korean Train eXpress (KTX) wyprodukowano w fabrykach Alstoma – La Rochelle i Belfort. Pierwsze dwie jednostki KTX w marcu 1998 r. wysłano statkiem do Korei, a równolegle trwały dostawy, testy i odbiór pozostałych 10 składów. W lipcu 1998 r. podczas oficjalnych testów na francuskiej linii LGV Nord z prędkością 300 km/h, z udziałem premiera Korei Płd., odbyło się uroczyste przekazanie pociągów stronie południowokoreańskiej. Pozostałe 34 jednostki wyprodukował, już w zakładach południowokoreańskich w Changwon, miejscowy koncern, Rotem (b. Koros) na podstawie umowy licencyjnej (transfer nowoczesnych technologii z Francji do Korei Płd. zakończył się w grudniu 2003 r.).

Pierwszy wyprodukowany w Korei pociąg KTX (KTX 13) zaprezentowano w kwietniu 2002 r. Społeczne obawy o bezpieczeństwo podróży nowym pociągiem nasiliły się po katastrofie w metrze w Taegu (pożar w tunelu, 125 ofiar), dlatego pociągi KTX zostały wyposażone w zabezpieczenia przeciwpożarowe, takie jak czujniki w wagonach, wykonanie tapicerki siedzeń i podłogi z materiałów ognioodpornych, itp. Dla nowych pociągów KTX wybudowano zakłady utrzymania w Seulu i Pusan. Pierwsza mieści się w Goyang, 20 km na północ od głównego dworca w Seulu, i ma łącznie 32 km torów, w tym 2,2 km torów testowych, te ostatnie zbudowane przez stronę francuską. W lokomotywni znajduje się podnośnik przystosowany do obsługi 20-wagonowego pociągu, a także urządzenia do mycia pociągu z zewnątrz (z elementem czyszczącym w kształcie koła). Podobne urządzenia znajdują się w elektrowozowni w Pusan.

## Pociągi AVE, czyli hiszpańskie TGV

Pociągi AVE kolei hiszpańskich zostały zamówione we francuskim koncernie Alstom na przełomie 1988 i 1989 r. w liczbie początkowo 24 sztuk, a później RENFE renegocjowały umowę i zakupiły ostatecznie 18 jednostek na tor 1435 mm i 6 na tor 1668 mm. Pierwsze 4 składy AVE zostały wyprodukowane we Francji, a kolejne 14 pociągów w hiszpańskich fabrykach: MTM, Ateinsa i CAF. W 1991 r. MTM i Ateinsa zostały przejęte przez GEC Alstom.

Koncepcja pociągów AVE została zaczerpnięta z dostarczonych dla SNCF pociągów TGV Atlantique z pewnymi modyfikacjami. Zmieniono napięcie zasilania z 25 kV 50 Hz i 1,5 kV DC na z 25 kV 50 Hz i 3 kV DC oraz zapewniono lepszą izolację akustyczną pociągu ze względu na licznie występujące tunele na hiszpańskiej linii NAFA. Do pomniejszych problemów należało zwiększenie wydajności klimatyzacji ze względu na znacznie cieplejszy hiszpański klimat. Zamontowano systemy zabezpieczenia ruchu: odmianę niemieckiego LZB (stosowanego na liniach dużych prędkości na sieci DB) i standardowy hiszpański ASFA.

Pociąg AVE składa się z dwóch wagonów silnikowych oraz ośmiu pasażerskich (trzy wagonu kl. 1, bar i 4 wagony kl. 2), a liczba miejsc dla pasażerów wynosi 108 w kl. 1 i 213 w kl. 2.



TGV 2N2 4701 podczas przejazdu przez stację Selzach, Szwajcaria (26.07.2010 r.)  
Fot. Theo Stolz



KTX I, czyli TGV Korea

Fot. Alstom

Wnętrze zostało, w porównaniu z innymi jednostkami TGV, urządzone zgodnie z hiszpańskimi gustami czy wzorami, w tym zmieniono sposób oświetlenia przedziałów pasażerskich. Klimatyzacja zapewnia temperaturę w lecie wewnątrz pociągu rzędu 25°C i wilgotność 45%, przy zewnętrznych 45°C i wilgotności 55%. Podczas łagodnej hiszpańskiej zimy klimatyzacja zapewnia te same warunki wewnątrz pociągu przy panujących na zewnątrz -10°C i 22% wilgotności. Izolacja akustyczna pociągu sprawia, że maksymalny poziom hałasu w pociągu nie przekracza 66 dB.

Podczas pracy pod napięciem 25 kV 50 Hz maksymalna moc jednostki przy prędkości 300 km/h i sile pociągowej 104 kN wynosi 8800 kW. Siła pociągowa przy rozruchu wynosi 220 kN, a prędkość maksymalną pociąg osiąga na dystansie 16,5 km (0–300 km/h). Przy jeździe na wzniesieniu 12,5‰ prędkość jest ograniczona do 250 km/h. Podczas pracy pod napięciem 3 kV DC prędkość maksymalna wynosi 200 km/h, a osiągnięta moc to 5400 kW.

Każdy wagon silnikowy posiada po dwa pantografy – do pracy pod napięciem AC i DC. Podczas jazdy pod prądem przemienicznym podniesiony jest jeden pantograf (w tylnym wagonie silnikowym), a w czasie jazdy pod prądem stałym oba pantografy (w obu wagonach silnikowych). Pantografy są dwustopniowe typu Faiveley GPU.

Pierwsze 4 jednostki AVE zostały zbudowane całkowicie we Francji i na przełomie 1991 i 1992 r. przetransportowano je na specjalnych platformach od Hendaye (granica francusko-hiszpańska) do La Sagra pod Madrytem. Platformy te, w liczbie 28 szt., zostały zakupione przez RENFE w firmie ACM Valley i pozwoliły na transport pociągów AVE z prędkością maksymalną 50 km/h. Koszt zakupu pojedynczej jednostki AVE wyniósł 15,7 mln euro.

23.04.1993 r. na linii Madryt – Sewilla jednostka 100-015 na 104 km. ustanowiła rekord prędkości na sieci RENFE – 356,8 km/h.

Koleje hiszpańskie oprócz pociągów TGV na tor normalny zakupiły 6 szerokotorowych jednostek TGV kursujących w barwach przewoźnika Euromed. Pociągi te rozpoczęły planową eksploatację na trasie Barcelona – Valence – Alicante po linii zwanej „korytarzem śródziemnomorskim” na początku lipca 1997 r. W budowie pociągów Euromed brali udział producenci krajowi (filia GEC Alsthom w Santa Perpetua). Oprócz przystosowania do kursowania po torze szerokim, pociągi te zasadniczo nie różnią się od dostarczonych w 1992 r. składów AVE. Jedną z nielicznych różnic pomiędzy normalnotorowymi i szerokotorowymi TGV kursującymi w Hiszpanii jest ograniczenie prędkości do 220 km/h dla pociągów szerokotorowych.

Pociągi Euromed kursują na linii Barcelona – Walencja (346 km, 2 godz. 57 min, trzy pary) i Barcelona – Alicante (533 km, 4 godz. 45 min, 2 pary). Na trasie tych pociągów znajdują się takie miejscowości, jak: Tarragone, Vimaros, Benicarló Peñíscola, Castellón, Elda Petrer.

## Pociągi dużych prędkości AGV

### Historia AGV

Pierwsza informacja nad pracami nad nowym pociągiem dużej prędkości IV. generacji pojawiła się w 1998 r. Ogólne założenia techniczne projektu, ostatecznie nazwanego AGV (fr. *Automotrice Grande Vitesse*, pol. jednostka dużych prędkości), pojawiły się w 2001 r. i dotyczyły kształtu pudła, sposobu chłodzenia silni-



Pociąg AVE, Hiszpania

Fot. Alstom



Pociąg Euromed – wesja AVE dla szerokości torów 1668 mm

Fot. R. Rusak

ków, czy koncepcji urządzenia części pasażerskiej. Dwa lata później opracowano szczegółowe założenia techniczne pociągu AGV. W trakcie prac korzystano z rozwiązań praktycznie z całego świata. W lipcu 2004 r. przyjęto projekt prototypu pociągu AGV, a przy jego opracowaniu zatrudniono 160 specjalistów. Specjaliści zaproponowali umieszczenie systemu napędu pod podłogą wagonów zamiast, jak w dotychczasowych pociągach TGV, umieszczania go w jednostkach napędowych na końcach pociągu, w celu powiększenia przestrzeni pasażerskiej.

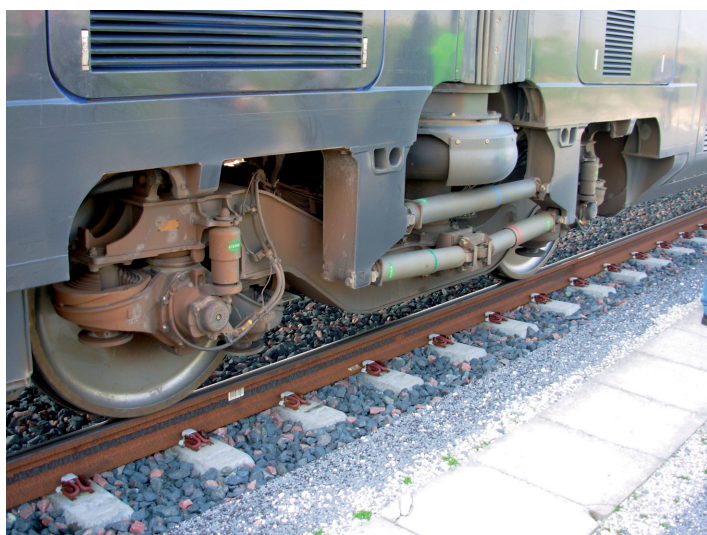
W styczniu 2005 r. kierownictwo koncernu Alstom zaakceptowało zewnętrzną stylistykę pociągu, spośród czterech wariantów – w tym celu zaangażowano agencję Design&Styling.

W listopadzie 2005 r. zaprezentowano publicznie pierwszą makietę pociągu AGV podczas wystawy *Eurarailspeed* w Mediolanie we Włoszech. W lipcu 2006 r. ostatecznie wybrano stylistykę zewnętrzną pociągu, a następnie inżynierowie we współpracy ze stylistami rozpoczęli prace nad ostateczną koncepcją pociągu. Pierwsze podzespoły pociągu wyprodukowano w październiku tegoż roku w fabryce w La Rochelle. W lutym 2007 r. bramy fabryki opuścił pierwszy wagon AGV.

3.04.2007 r. pociąg o oznaczeniu V150 ustanowił nowy rekord prędkości klasycznego pojazdu szynowego – 574,8 km/h. Ów eksperyment, wcześniej poprzedzony szeregiem prób, podczas których testowano pociąg V150 z prędkościami powyżej 450 km/h, a później 550 km/h, miał na celu weryfikację założeń technicznych przyjętych dla wózków, silników trakcyjnych, części elektrycznej (przekształtniki główne, transformator) przy jeździe z bardzo dużymi prędkościami. Był to jeden z punktów wyjścia dla AGV. W październiku 2007 r. przetestowano wózki napędne



3.04.2007 r. V150 ustanawia światowy rekord prędkości na szynach – 574,8 km/h



Wózek Jacobsa (napędny) pociągu V150

Fot. J. Raczyński

oraz pudło nowego pociągu. Podczas jazdy próbnych pociągu V150 silniki zamontowane w wózkach AGV (synchroniczne na magnesy trwałe) posiadały moc nominalną 720 kW, jednak przy zwiększeniu napięcia w sieci trakcyjnej z 25 kV do 31,5 kV wytwarzały moc 1000 kW, a ich temperatura nie przekroczyła wskaźników krytycznych.

W połowie stycznia 2008 r. prywatny przewoźnik z Włoch zgłosił zainteresowanie pociągiem AGV – zakupem 25 składów. Na początku lutego 2008 r. miała miejsce oficjalna prezentacja pociągu AGV, który został poddany wszechstronnym testom.

### Budowa pociągu

Jednostka prototypowa AGV, nazwana „Pegaz” (*Pégase*) została zbudowana w ramach programu o wartości 100 mln euro. Pierwsze dwa eksperymentalne wagony AGV powstały jeszcze w 2001 r. i zostały połączone z 5-wagonowym składem TGV, tworząc tzw. pociąg doświadczalny *Elisa*. Testy wypadły pomyślnie, zatem kierownictwo koncernu Alstom zdecydowało o kontynuacji projektu AGV.

Założenia techniczne jednostki AGV są następujące: jest to pociąg zdolny poruszać się z prędkością do 360 km/h pod czterema systemami zasilania (AC: 25 kV, 15 kV; DC 3 kV, 1,5 kV).

Równomierne rozłożenie napędu w całym pociągu, a także stosowanie sprawdzonych wózków Jacobsa, podobnie jak we wcześniejszych pociągach TGV, powoduje iż koszty utrzymania są niższe od klasycznego składu TGV o 15%, a niższa masa (o 70 t) powoduje, iż zużycie energii jest mniejsze o 15%.

Ogólne dane techniczne AGV:

- pociąg może być zestawiany od 7, poprzez 8 i 11 do 14 wagonów;
- masa pociągu – od 270 t do 510 t;
- długość pociągu – od 130 m do 250 m;
- moc – od 6000 kW do 12 000 kW;
- systemy zasilania – pociąg czterosystemowy – 25 kV 50 Hz / 15 kV 16,7 Hz / 3 kV DC / 1,5 kV DC;
- silniki trakcyjne – synchroniczne na magnesy trwałe;
- typ silnika trakcyjnego: 12 LCS 3550B;
- moc silnika trakcyjnego: 750 kW;
- przekształtniki główne – IGBT chłodzone wodą;
- liczba miejsc pasażerskich – od 250 do 650.

Zestawienie pociągu AGV (skład 7-wagonowy):

- układ osi – 2'Bo'2'Bo'Bo'2'Bo'2';
- wagony nr 1, 3, 5 i 7 zawierają aparaturę sterowniczą (w tym przekształtniki główne);
- wagony nr 2 i 6 zawierają transformatory;
- wagon nr 4 zawiera przekształtniki pomocnicze.

Aparatura sterownicza (przekształtniki główne i pomocnicze) oraz transformatory zostały zlokalizowane pod podłogą wagonów w pociągu AGV. Jednostka AGV jest pierwszym na świecie pociągiem wyposażonym w silniki synchroniczne na magnesy trwałe. Są to silniki o wskaźniku mocy do masy 1 kW/kg. Użycie magnesów trwałych, które wytwarzają pole magnetyczne w silniku elektrycznym, pozwala zmniejszyć straty energii w porównaniu z silnikiem klasycznym: sprawność silników synchronicznych na magnesy trwałe wynosi 97%, a zajmują one o 33% mniej miejsca niż silniki asynchroniczne. W silniku tego typu wzbudzenie jest magnetoelektryczne i pochodzi od umieszczonych w wirniku magnesów trwałych, które są zbudowane ze stopów samaru i kobaltu, np.  $\text{SmCo}_5$ ,  $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ .

Główne zalety silnika synchronicznego na magnesy trwałe, w porównaniu z klasycznym silnikiem asynchronicznym czy synchronicznym, to:

- duży moment obrotowy przy rozruchu,
- duża moc znamionowa,
- duża sprawność,
- szeroki zakres regulacji prędkości kątowej, a wady to:
  - wysoka cena magnesów trwałych,
  - stosunkowo duży rozmagnezowujący wpływ temperatury na parametry strumienia magnetycznego magnesów,

Ponadto, silniki na magnesy trwałe odróżniają się od silników synchronicznych/asynchronicznych tym, iż każdy z nich musi być zasilany z osobnego falownika.

Najślabszym elementem jednostki eksperymentalnej V150 był pantograf, czyli element pociągu współpracujący z siecią trakcyjną. W jednostce V150 zamontowano pantograf Faiveley Cx25 i taki sam przewidziano dla pociągu AGV. Ślizgacz wykonano z metalizowanego węgla i jest w stanie współpracować z siecią trakcyjną przy natężeniu prądu o wartości do 800 A oraz posiada mały docisk do sieci trakcyjnej. Ów optymalny docisk pantografu do sieci jest istotny: podczas jazdy z bardzo dużymi



prędkościami w pociągu TGV Atlantique w 1990 r. pantograf zerał sieć trakcyjną przy prędkości 482 km/h. Podczas ustanawiania rekordu prędkości w kwietniu 2007 r., pantograf pociągu V150 praktycznie cały czas wytwarzał łuk elektryczny, spowodowany regularnym odrywaniem się pantografu od sieci i tym samym musiał być ciągle monitorowany w wagonie pomiarowym.

Pociąg AGV może być zasilany czterema rodzajami napięcia, przy czym prędkość maksymalną uzyskuje się pod napięciem 25 kV. Podczas jazdy pod napięciem 15 kV prędkość maksymalna wynosi 320 km/h, dla 3 kV – 250 km/h i 1,5 kV – 200 km/h.

W pociągach TGV silniki trakcyjne były zawieszane na ramie pudła i przekazywały napęd na koła poprzez trójstopniową przekładnię trójnożną. W pociągu AGV, dzięki zastosowaniu silników na magnesy trwałe o mniejszych gabarytach i tym samym znacznemu zmniejszeniu ich masy, stało się możliwe zawieszenie silników trakcyjnych na ramie wózka. W pociągu AGV silniki trakcyjne przekazują moment obrotowy na koła poprzez dwustopniową przekładnię. Sumaryczny stopień przełożenia przekładni w AGV wynosi 1,763 (dla porównania: TGV POS – 1,802). Przewidziano następujące konfiguracje pociągów AGV:

- AGV 7 długości 132 m; 245 miejsc dla pasażerów,
- AGV 8 długości 149 m; 321 miejsc,
- AGV 10 długości 183 m; 374 miejsca,
- AGV 11 długości 201,2 m; 446 miejsc,
- AGV 14 długości 252 m; 593 miejsca.

Pociągi te będą mogły kursować w trakcji wielokrotnej – potrójnej AGV 7 (396 m) oraz podwójnej – AGV 11 (402,4 m), przy czym ograniczeniem jest długość peronów na większości stacji – 400 m. W przybliżeniu, projektując koncepcję AGV, ustalono najmniejszą „podjednostkę” AGV na 3 wagony lub 4 wózki, które mieszczą kompletną aparaturę elektryczną. Zatem układ osi pociągu AGV może być następujący:

- AGV 7: Bo'2'2'Bo'(+ )Bo'2'2'Bo',
- AGV 11: Bo'2'2'Bo'(+ )Bo'2'2'Bo'(+ )Bo'2'2'Bo'.

Moc pociągu AGV 11 wynosi 9400 kW.

Wózki napędne AGV są praktycznie identyczne jak w wagonach silnikowych pociągów TGV POS, a wózki napędne Jacobsa – jak w wagonach pasażerskich pociągów TGV Duplex. Jednostka AGV ma kilka rodzajów hamulców: elektrodynamiczny odzyskowy i oporowy (wcześniej budowane TGV, oprócz TGV POS, nie miały hamulca odzyskowego), oraz tarczowy (trzy tarcze na oś). Hamulce te są dostosowane do pochłaniania energii w wysokości 24 MJ, choć ich testy – podczas jazd pociągu V150 i hamowania przy prędkości 507 km/h – wypadły bardzo pomyślnie; hamulce pochłonęły (każda z tarcz) po 36 MJ energii i mimo rozgrzania do temperatury 650°C nie wykazywały cech zużycia. Nierozstrzygniętym problemem pozostaje zasadność montowania w pociągu AGV hamulców na prądy wirowe – wprawdzie 'Pegaz' je ma (2 pary), jednak nie zdecydowano jeszcze o ich montażu seryjnym w kolejnych jednostkach AGV.

Wagony środkowe AGV są nieznacznie krótsze w porównaniu z wagonami TGV – liczą odpowiednio po 17,3 m i 18,7 m. Poszycie pudła jest wykonane z aluminium, jednak pudło pociągu otrzymało wzmocnienie przy pomocy materiału zawierającego włókna węglowe (technologia nowatorska). Przedziały pasażerskie AGV zaprojektował stylistka Xavier Allard.

W przedniej części pociągu znajdują się strefy zgniotu, zdolne pochłonąć energię do 4,6 MJ energii.

## Dane techniczne pociągu AGV Pegaz

Szerokość toru	1435 mm
Długość całkowita	120 700 mm
Długość wagonów skrajnych	17 100 mm
Długość wagonów środkowych	17 300 mm
Baza wózka	3000 mm
Szerokość maksymalna	2900 mm
Prędkość maksymalna	360 km/h
Masa całkowita	272 t
Moc ciąгла	5760 kW

Pociągi AGV zbudowano z myślą o eksploatacji do 40 lat. Dane techniczne jednostki *Pegaz* znajdują się w tabeli 2.

Uroczysta prezentacja pociągu AGV *Pegaz* miała miejsce 5.02.2008 r. na terenie fabryki Alstoma w La Rochelle w obecności prezydenta Francji N. Sarkozy'ego oraz licznie zaproszonych gości.

## Testy AGV

Pierwsze jazdy próbne w La Rochelle przeprowadzono z prędkością maksymalną 40 km/h (testowano baterie oraz część elek-



Prototyp AGV w czasie testów na torze doświadczalnym w Cehrenicach (28.06.2008 r.)

Fot. Marek Graff



AGV przewoźnika NTV na terenie fabryki w Savigliano (PS1) pod Mediolanem przed wykonaniem testów w okolicach Bolonii, Włochy (29.03.2011 r.)

Fot. © Alstom Transport

tryczną przy dodatkowej aparaturze). W maju 2008 r. w czeskim Velimiu położonym w pobliżu Cehrenic, gdzie znajduje się tor doświadczalny, rozpoczęto testy AGV. Ośrodek badawczy w Velimiu posiada dwa okręgi torowe (o obwodzie odpowiednio 13,272 km i 3,951 km), oba zelektryfikowane, przy czym istnieje możliwość niezależnego zasilania obu torów napięciem 25 kV 50 Hz, 15 kV 16,7 Hz, czy 3 kV DC. Prędkość maksymalna na okręgu zewnętrznym wynosi 210 km/h, a na wewnętrznym 40–90 km/h. Pociąg był testowany do końca sierpnia 2008 r. z prędkością maksymalną 200 km/h pod napięciem 3 kV DC i 25 kV DC, po czym AGV został przewieziony do Francji, do fabryki Alstoma w La Rochelle, gdzie poddano go modyfikacjom, zgodnie z wynikami uzyskanymi podczas testów. Podczas prób pociągu AGV w Velimiu odpowiednie parametry były mierzone przez około 2000 sensorów. Testowany AGV, zestawiony z sied-

miu wagonów, miał następującą konfigurację: dwa pierwsze wagony dysponowały przedziałami pasażerskimi (1 kl. i 2 kl.), w dwóch kolejnych wagonach znajdowały się laboratoria pomiarowe, w kolejnych: spalinowy generator prądu produkujący elektryczność dla testowanych urządzeń, części zapasowe, a ostatni wagon stanowił część mieszkalną.

Testy pociągu AGV we Francji, zaplanowane na koniec 2008 r. – początek 2009 r. na sieci RFF, polegały na przetestowaniu pociągu przy jeździe z dużymi prędkościami (300–350 km/h) na dystansie 7200 km. W połowie grudnia 2008 r. AGV na linii Paryż – Strasburg osiągnął prędkość 364,4 km/h. Później AGV został skierowany do przeprowadzenia testów na początku stycznia 2010 r. na sieci kolei włoskich – RFI (wł. *Rete Ferroviaria Italiana*). W tym celu w pociągu zamontowano systemy bezpieczeństwa ruchu wymagane przez FS, następnie pociąg pokonał ok. 60 tys. km do lipca 2010 r. zarówno po liniach konwencjonalnych, jak i dużych prędkości: Rzym – Florencja (konwencjonalna i dużych prędkości) oraz Rzym – Neapol (dużych prędkości), z prędkościami do 335 km/h. Ogółem prototyp AGV przejechał 100 tys. km (na torze doświadczalnym w Velimiu w Czechach – 38 tys. km, z prędkością do 200 km/h), w tym na sieci RFF 10 tys. km z prędkością maksymalną 364 km/h (LGV Est) oraz we Włoszech 55 tys. km z prędkością do 335 km/h. Certyfikat dopuszczenia do ruchu od urzędu nadzoru kolejowego ANSF (wł. *Agenzia Nazionale per la Sicurezza delle Ferrovie*) zespoły AGV/ETR 575 otrzymały na początku 2012 r.



Pulpit maszynisty w AGV (5.02.2008 r.)

Fot. Laurent Charlier

## Regularna eksploatacja AGV

Włoska spółka NTV (wł. *Nouvo Trasporto Viaggiatori*) powstała w grudniu 2006 r., ogłosiła w połowie stycznia 2008 r. zamiar zakupu 25 pociągów AGV i opcjonalnie 10 kolejnych, za sumaryczną kwotą 650 mln euro. W planach operator NTV zamierzał eksploatować jednostki AGV z prędkością maksymalną 300 km/h na liniach dużych prędkości we Włoszech. W październiku 2008 r. ogłoszono, iż SNCF zostanie właścicielem 20% akcji w spółce NTV. Przewoźnik – NTV zamówił pociągi AGV liczące po 11 wagonów każdy (oznaczenie ETR 575 001 – 025), które stacjonują w nowo zbudowanej lokomotywowni Nola Campano Interport pod Neapolem (powierzchnia użytkowa 140 tys. m<sup>2</sup>). 9 zespołów zostało wyprodukowanych w fabrykach koncernu – w Savigliano we Włoszech, a kolejne w Aytré i La Rochelle we Francji w latach 2008-2010. Umowa także przewiduje serwisowanie AGV przez kolejne 30 lat. W zakładach Alstoma w Bolonii zamontowano system sygnalizacji i bezpieczeństwa ruchu SCMT/ECTS, a w Sesto San Giovanni pod Mediolanem – aparaturę elektryczną. Regularna eksploatacja planowa rozpoczęła się w kwietniu 2011 r., a pociągi kursują na dwóch głównych liniach:

- Turyn (Porta Susa) – Mediolan (Porta Garibaldi, Rogoredo) – Bologna (Centrale) – Florencja (Santa Maria Novella) – Rzym (Tiburtina, Ostia) – Neapol (Centrale) – Salerno,
- Wenecja (Saint Lucia, Mestre) – Padwa – Bologna (Centrale) – Florencja (Santa Maria Novella) – Rzym (Tiburtina, Ostia) – Neapol (Centrale) – Salerno,



François Lacôte, nazywany „Monsieur TGV”, obecnie prezes-senior i dyrektor techniczny koncernu Alstom, nadzorował projektowanie i budowę większości pociągów TGV, jest także współautorem rekordów prędkości TGV – 515,3 km/h i 574,8 km/h oraz pomysłodawcą i realizatorem koncepcji piętrowego TGV – Duplex; na zdjęciu – na pokładzie swego najmłodszego dziecka – AGV (28.06.2008 r.) Fot. Marek Graff

## Dane techniczne pociągów TGV będących własnością SNCF

	PSE		Atlantique	
Lata budowy	1978–1985		1988–1992	
Producent	Alstom–Francorail		GEC Alstom	
Liczba wyprodukowanych jednostek	3+1/2 (poc. pocztowy)	101 (dwunapięciowe)	8 / 9 (trójnapięciowe)*	105
Oznaczenie SNCF	TGV 923000	TGV 23000	TGV 33000	TGV 24001/2–24209/10 + 24211 (rezerwa)
Numery inwentarzowe	923001/ 007	1–37, 39–69, 71–87, 89–98, 100–102	110–118	301–405
Napięcie	25 kV 50 Hz; 1,5 kV DC	25 kV 50 Hz; 1,5 kV DC	25 kV 50 Hz; 15 kV 16,7 Hz; 1,5 kV DC	25 kV 50 Hz; 1,5 kV DC
Moc zespołu	6444 kV (25 kV) 3100 kV (1,5 kV)	6444 kV (25 kV) 3100 kV (1,5 kV)	6444 kW (25 kV) 3100 kW (1,5 kV) 2800 kW (15 kV)	8800 kW (25 kV) 3680 kW (1,5 kV)
Wysokość maksymalna	– wagony silnikowe – wagony pasażerskie		4100 mm 3480 mm	
Prędkość maksymalna	270 km/h	270/300 km/h	270 km/h	300 km/h
Masa całkowita	345 t	385 t	390 t	444 t
Pantograf (AC/DC)		AMDE/AM 55 (Ax)**		GPU
Długość jednostki		200,19 m		237,59 m
Sprzęg automatyczny		Scharfenberga		
Silniki trakcyjne		DC		synchroniczne trójfazowe
Przekształtniki główne		tyrystory		GTO
Typ i moc silnika trakcyjnego		TAB 676 C1, 537 kW		STS 44.39.6, 1100 kW
Liczba silników trakcyjnych		12		8
Wózki	– silnikowe – toczne skrajne – toczne środkowe	Y 230 Y 231	Y 230	Y 237 A Y 237 B
Zestawienie pociągu		S+8D+S		S+10D+S
Stacjonowanie (Paryż)	Paris S-E	Le Landy, Paris S-E	Le Landy, Paris S-E	Châtillon
Liczba miejsc pasażerskich (1 kl. + 2 kl.)	—	110 + 240 (Renov. 1) 69 + 276 (Renov. 2)	110 + 240 (Renov. 1) 69 + 276 (Renov. 2)	116 + 369 104 + 354 (Lacroix)
Uwagi	skasowane: 33, 34, 35, 36, 37, 60, 61			

\* Z wyjątkiem zespołu TGV PSE 112, będącego własnością kolei szwajcarskich.

\*\* W ramach modernizacji dwóch pociągów TGV PSE zamontowano także nowe pantografy 1,5 kV – Faveley Ax (pochodna modelu Cx), przetestowanego w TGV PSE nr 79 w lipcu 2002 r.

	Réseau		Thalys PBA	Thalys PBKA
Lata budowy	1993–1996		2006–2009	1996
Producent			GEC Alstom	
Oznaczenie SNCF	TGV 28000		TGV 380000	TGV 380000
Liczba wyprodukowanych jednostek	50 (dwunapięciowe)		30 (trójnapięciowe)	10/9* 6**
Numery inwentarzowe	501–550, 601–616 (Duplex Réseau Bi)		4501–4530, 617–619 (Duplex Réseau Tri)	4531–4540* 4341–4346
Napięcie	25 kV 50 Hz; 1,5 kV DC		25 kV 50 Hz; 3 kV DC; 1,5 kV DC	25 kV 50 Hz; 15 kV 16,7 Hz 3 kV DC; 1,5 kV DC
Moc zespołu	8800 kW (25 kV) 3680 kW (1,5 kV)		8800 kW (25 kV) 3680 kW (3 kV i 1,5 kV)	8800 kW (25 kV) 3680 kW (3 kV i 1,5 kV) 5160 kW (15 kV)
Prędkość maksymalna	300/320 km/h		300 km/h	300 km/h
Masa całkowita	383 t		388 t	383 t
Wysokość maksymalna – wagony silnikowe			4100 mm	
– wagony pasażerskie			3480 mm	
Pantograf (AC/DC)	GPU/Ax		GPU	Cx 25
Długość jednostki			200,19 m	
Sprzęg automatyczny			Scharfenberga	
Silniki trakcyjne			synchroniczne trójfazowe	
Przekształtniki główne			GTO	
Typ i moc silnika trakcyjnego			SM47, 1100 kW	
Liczba silników trakcyjnych			8	
Wózki – silnikowe			Y 230 A	
– toczne skrajne			Y 237 A	
– toczne środkowe			Y 237 B	
Zestawienie pociągu			S+8D+S	
Stacjonowanie (Paryż)	Technicentre Est E	Le Landy, Paris S-E	Le Landy	Le Landy
Liczba miejsc pasażerskich (1 kl. + 2 kl.)			120 + 257	

\* Zespół 4531 został przekwalifikowany na TGV Réseau w 2007 r.

\*\* Plus 7 zespołów wyprodukowanych dla kolei belgijskich (numeracja 4301–4307), dwóch – dla NS (numeracja 4321–4322) i dwóch – dla DB (numeracja 4331–4332).

	TMST Eurostar	POS
Lata budowy	1993–1994	2005–2009
Producent	TMSTG (GEC Alstom, Bombardier Eurorail, De Dietrich, Brush i ACEC)	Alstom
Oznaczenie SNCF	TGV 373000	TGV 384000
Liczba wyprodukowanych jednostek	7* (trójnapięciowe); 9 (czteronapięciowe)	19
Numery inwentarzowe	3201–3232**; 3301–3314***	4401–4419****
Napięcie	25 kV 50 Hz; 750 V DC (do 2007 r.); 3 kV DC; 1,5 kV	25 kV 50 Hz; 15 kV 16,7 Hz; 1,5 kV DC
Moc zespołu	12 240 kW (25 kV); 5700 kW (3 kV); 3400 kW (750 V); 4800 kW (1,5 V)	9280 kW (25 kV); 6880 kW (15 kV); 3680 kW (1,5 kV)
Prędkość maksymalna	300 km/h	320 km/h
Masa całkowita	752,4 t**; 665,0 t***	383 t
Wysokość maksymalna	– wagony silnikowe – wagony pasażerskie	4100 mm 3480 mm
Pantograf (AC/DC)	GPU/Ax	Cx
Długość jednostki	392,72 m	200,19 m
Sprzęg automatyczny	Couplomatic	Scharfenberga
Przekształtniki główne	GTO	IGBT
Silniki trakcyjne	asynchroniczne trójfazowe	asynchroniczne trójfazowe
Typ i moc silnika trakcyjnego	TMSTG, 1020 kW	6 FHA, 1160 kW
Liczba silników trakcyjnych	12	8
Wózki	– silnikowe – toczne skrajne – toczne środkowe	Y 238 Y 237 P Y 237
Zestawienie pociągu	S+18D+S; S+14D+S	S+8D+S
Stacjonowanie (Paryż)	Le Landy	Technicentre Est E.
Liczba miejsc pasażerskich (1 kl. + 2 kl.)	794 + 210	107 + 250
Uwagi	3301–3314 – zespoły wypożyczone od brytyjskiej spółki Eurostar UK i używane przez SNCF w obsłudze połączeń wewnętrznych	

\* Plus 11 zespołów będących własnością kolei brytyjskich (numeracja 3001–3022) i 4 zespołów w posiadaniu kolei belgijskich (numeracja 3101–3108).

\*\* Zespoły 18-wagonowe.

\*\*\* Zespoły 14-wagonowe.

\*\*\*\* Z wyjątkiem zespołu TGV POS 4406, będącego własnością kolei szwajcarskich.

	Duplex	TGV 2N2
Lata budowy	1996–2011	2011–2014
Producent	GEC Alstom	Alstom
Oznaczenie SNCF	TGV 29000 (Duplex) TGV 28600 (Duplex Réseau Bi) TGV 386025–30 (Duplex Réseau Tri)	TGV 29700 Euro TGV
Liczba wyprodukowanych/zamówionych** zespołów	89 + 19	49 / 52*
Numery inwentarzowe	201–289 (Duplex) 601–613 i 616–619 (Duplex Réseau Bi) 613–615 (Duplex Réseau Tri)	701–749 (752) 4701–4730 [3UA] 801 – 825 [3UF i 3UH]
Napięcie	25 kV 50 Hz; 1,5 kV DC	25 kV 50 Hz; 15 kV 16,7 Hz; 1,5 kV DC
Moc zespołu	8800 kW (25 kV); 3680 kW (1,5 kV, 3 kV DC**)	9280 kW (25 kV); 6800 kW (15 kV) 3680 kW (1,5 kV)
Wysokość maksymalna	– wagony silnikowe – wagony pasażerskie	4100 mm 4320 mm
Prędkość maksymalna		320 km/h
Masa całkowita	390 t	400 t
Pantograf (AC/DC)		Cx
Sprzęg automatyczny		Scharfenberga
Długość jednostki		200,19 m
Przekształtniki główne	GTO	IGBT
Silniki trakcyjne	asynchroniczne trójfazowe	asynchroniczne trójfazowe
Typ i moc silnika trakcyjnego	SM47, 1100 kW	6 FHA, 1160 kW
Wózki	– silnikowe – toczne skrajne	Y 244 Y 243 A/Y 243 B
Zestawienie pociągu		S+8D+S
Stacjonowanie (Paryż)	Châtillon, Paris S-E	Paris S-E
Liczba miejsc pasażerskich (1. kl. + 2. kl.)	184 + 332	509

\* Seria obecnie jest testowana; ponadto część pociągów TGV 2N2 będzie własnością kolei szwajcarskich.

\*\* Część pociągów TGV 2N2 będzie własnością kolei szwajcarskich.

## Dane techniczne pociągów AVE i KTX I

	Przewoźnik	
	AVE, Hiszpania	KTX, Korea Płd.
Lata budowy	1991–1993	1996–2000
Producent	GEC Alsthom, CAF	GEC Alsthom, Rotem, Hyundai
Oznaczenie	AVE S.100	KTX I
Liczba wyprodukowanych jednostek	18	46
Numerы inwentarżowe	100–001 – 100–018	01–46
Napięcie	3 kV DC, 25 kV 50 Hz	25 kV 60 Hz
Moc zespołu	3 kV DC: 5400 kW; 25 kV 50 Hz: 8800 kW	13 560 kW
Prędkość maksymalna		300 km/h
Masa całkowita	393 t	701 t
Wysokość maksymalna	– wagony silnikowe – wagony pasażerskie	4100 mm 3650 mm
Pantograf (AC/DC)	GPU	GPU
Długość jednostki	200 144 mm	388 104 mm
Sprzęg automatyczny	Scharfenberga	—
Przekształtniki główne		GTO
Silniki trakcyjne		synchroniczne trójfazowe
Typ i moc silnika trakcyjnego	SM44–39–B, 1100 kW	SM47, 1100 kW
Liczba silników trakcyjnych	8	12
Wózki	– silnikowe – toczne skrajne – toczne środkowe	Y 230 Y 237 A Y 237 B
Zestawienie pociągu	S+8D+S	S+18D+S
Stacjonowanie	Madrid La Sagra	Goyang
Liczba miejsc pasażerskich (1 kl. + 2 kl.)	108 + 213	127 + 808
Systemy bezpieczeństwa ruchu	LZB, ASFA	TVM430, ATS



## Literatura

- [1] Conseil A. *Les installations fixes de traction électrique à la SNCF*, cz. 1. str. 258–271.
- [2] Cuynet J. *La traction électrique en France 1900–2005*. Éditions La Vie du Rail, Paris 2005.
- [3] Harassek A., Rabsztyn M., Raczyński J., *Pociągi dużych prędkości TGV*, EmiPress Łódź 1996.
- [4] Hughes M. *Die Hochgeschwindigkeits Story. Eisenbahnen und Rekordfahrten* Alba Publikation 1994 (tłumaczenie z j. angielskiego).
- [5] Materiały informacyjne koncernu *Alstom Transport* 2005 – 2011.
- [6] Redoutey D. *Le matériel moteur de la SNCF*, La Vie du Rail, Paris 2007.
- [7] Soulié C., Tricoire J. *Le grand livre du TGV* Éditions La Vie du Rail, Paris 2002.

## [8] Roczniki czasopism:

- Chemins de Fer*. FerPress, Paris.  
*Eisenbahn-Revue International*. Minirex AG, Luzern.  
*International Railway Journal*. Simons-Boardman Publ. Corp. Ashford/  
 /New York.  
*Le Rail*, Paris.  
*Rail Passion*. La vie du Rail, Paris.  
*Railvolution*. Modelbahnpresse s. r. o. Praha.  
*Railway Gazette Int*. Reed Press Publishing, Sutton.  
*Revue Générale des Chemins de Fer*. Paris.  
*Świat kolei*. Emi-Press Łódź.  
*Technika Transportu Szynowego*. EmiPress Łódź/WNT Radom.

Współpraca (i serdeczne podziękowania):  
 Laurent Charlier i Michał Dembowski

**Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP Oddział w Krakowie** przy udziale:

- Krajowej Sekcji Kolejowej SITK RP
- Politechniki Krakowskiej – Katedra Infrastruktury Transportu Szynowego i Lotniczego
- PKP Polskich Linii Kolejowych S.A.
- Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Krakowie

zapraszają do udziału w XI Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej

# Nowoczesne technologie i systemy zarządzania w transporcie szynowym

**Zakopane-Kościelisko, 5–7 grudnia 2012 r., Wojskowy Zespół Wypoczynkowy „Zakopane”**

## Patronat honorowy

Adam Wielądek – Honorowy Przewodniczący UIC  
Andrzej Gołaszewski – Honorowy Prezes Senior SITK RP  
Krzysztof Dyl – Prezes Urzędu Transportu Kolejowego  
Marek Sowa – Marszałek Województwa Małopolskiego  
Jerzy Miller – Wojewoda Małopolski  
Remigiusz Paszkiewicz – Prezes Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.



WOJEWODA  
MAŁOPOLSKI



PKP POLSKIE LINIE KOLEJOWE S.A.

## Komitet naukowy

prof. dr hab. inż. Henryk Bałuch (Instytut Kolejnictwa)  
prof. dr hab. inż. Roman Bogacz (Politechnika Krakowska)  
prof. dr hab. inż. Tadeusz Basiewicz (Politechnika Warszawska)  
prof. dr hab. inż. Włodzimierz Czyczula (Politechnika Krakowska)  
prof. dr hab. inż. Kazimierz Furtak (Politechnika Krakowska)  
prof. dr hab. inż. Kazimierz Kłosek (Politechnika Śląska)  
prof. dr hab. inż. Władysław Koc (Politechnika Gdańska)  
prof. dr hab. inż. Marek Krużyński (Politechnika Wrocławska)  
prof. dr hab. inż. Łucjan Siewczyński (Politechnika Poznańska)  
prof. dr hab. inż. Wiesław Starowicz (Politechnika Krakowska)  
prof. dr hab. inż. Kazimierz Towpik (Politechnika Warszawska)  
prof. dr hab. inż. Wiesław Zabłocki (Politechnika Warszawska)  
dr inż. Andrzej Żurkowski (Instytut Kolejnictwa)

## Patronat medialny



## Tematyka

- Nowoczesne technologie w projektowaniu, budowie, utrzymaniu i eksploatacji infrastruktury kolejowej i taboru szynowego do przewozu osób i rzeczy
- Uwarunkowania formalno-prawne, organizacyjne i ekonomiczne dla rozwoju transportu kolejowego, w tym kontrakt wieloletni, kształcenie kadr
- Możliwości usprawnienia realizacji kolejowych projektów inwestycyjnych poprzez stosowanie innowacyjnych technologii, poprzez racjonalizację przepisów prawa itp.:
  - w aspekcie kończącej się perspektywy 2007–2013
  - przygotowania do nowej perspektywy 2014–2020

## Dane teleadresowe

SITK RP Oddział w Krakowie, 30-804 Kraków, ul. Siostrzana 11  
tel. 12 658 93 72, 12 658 93 74, fax 12 659 00 76, e-mail: [krakow@sitk.org.pl](mailto:krakow@sitk.org.pl); [mrowinska@sitk.org.pl](mailto:mrowinska@sitk.org.pl)

Więcej informacji i karta uczestnictwa <http://krakow.sitk.org.pl/konferencje/2012/konf2012.html>