

Vývoj TGV a LGV

Nápad o provozování vysokorychlostních vlaků ve Francii se zrodil 20 let před než první vlaky TGV vstoupily do provozu. V tom čase, kolem roku 1960, byl vymyšlen nový radikální koncept; kombinace vysokých rychlostí a poměrně vysokých sklonů umožňuje lepší kopírování terénu. Namísto hodnot 10 nebo 20 promile, které by se používaly u klasických staveb jsou uskutečnitelné sklony až do 40 promile. Po dalších několika letech dal tento nápad vzniknout několika konceptům vysokorychlostních tratí.

Zároveň se SNCF snažily zvýšit rychlost konvenčních vlaků na 180 až 200 km/h na neelektrifikovaných tratích pomocí pohonu využívající plynové turbíny. Energie byla v těchto letech relativně levná a plynové turbíny (původně navržené pro helikoptéry) byly efektivní cesta jak dosáhnout vyšších výkonových požadavků. V březnu 1970 tak byly zavedeny mezi Paříží a Cherbourg "turbovlaky" vycházející z prototypu z roku 1967.

Přání provozovat vlaky vyššími rychlostmi a úspěšný vývoj programu "turbovlaků" se spojily dohromady v pozdních šedesátých letech 20. století. Nápad provozovat vysokorychlostní vlaky byl také podporován úspěchy japonského Shinkansenu. V roce 1967 tak vznikl nový projekt s kódovým označením C03.

Test Experimentálního vozidla X4300 TGS v říjnu 1971 až do rychlosti 252 km/h přinesl slibné výsledky. Avšak SNCF si představovaly provoz rychlostmi 250 až 300 km/h, z toho



důvodu byl postaven prototyp vozidla TGV 001, poháněný taktěž plynovou turbínou.

Testy TGV 001 spočívaly v ověřování a výzkumu chování vozidla z hlediska trakce, dynamiky, brždění, aerodynamiky, zabezpečovacího zařízení a dalších záležitostí nutných pro provoz vysokorychlostních vlaků. Byl

vyroben pouze jeden exemplář, i když se uvažovalo o výrobě druhé verze vybavené naklápačím systémem. Studie pro naklápačící verzi byly kompletní, avšak nikdy se nepřikročilo k výrobě kvůli technickým problémům vyvolaným naklápením.

TGV 001 se skládalo ze dvou motorových vozů a tří vozů vložených. Poháněna byla všechna dvojkolí, jednotka byla vybavena elektrodynamickou brzdou. Každý motorový vůz měl

dvojici turbín (TURMO IIIIG a později TURMO X), které poskytovaly výkon 3760 kW resp. 4400 kW, jež postačovaly k dosažení maximální rychlosti 280 km/h, resp. 300 km/h.

Plány na uplatnění jednotek TGV poháněných plynovými turbínami vzaly za své v roce 1974, kdy svět sužovala energetická krize. Proto bylo změněna základní koncepce pohonu a nově byl zvolen pohon plně elektrický s napájením z trakčního vedení. V dubnu 1974 začaly zkoušky s experimentální elektrickou jednotkou přezdívanou "Zébulon". Na tomto vozidle byly provedeny různé inovace, například byly zabudovány nové trakční motory, byl vyvinut nový vysokorychlostní sběrač. Během testů, které trvaly dvacet měsíců najel Zébulon téměř jeden milion kilometrů při rychlostech přesahujících 300 km/h, maximální dosažená rychlost byla 309 km/h. Byly tak získány dobré vyhlídky pro projekt C03, jež byl plně podpořen francouzskou vládou v roce 1976. Brzy nato začala výstavba první vysokorychlostní tratě z Paříže do Lyonu.

28. července 1978 opustily první dvě předseriové jednotky výrobní závod Alstomu v Belfortu. Tyto jednotky nezískaly předpokládané označení TGV Sud-Est 01 a 02, ale byly pojmenovány Sofie a Patrik. V následujících měsících bylo na prototypch uděláno 15000 změn, ale i tak byly Sofie a Patrik značně daleko od bezproblémového provozu. Nejvýznamnější problém při vysokých rychlostech byly vibrace, kvůli kterým vozy neposkytovaly požadovaný komfort. Problém se nakonec vyřešil vložením gumových bloků pod systém primárního vypružení. Řešení problémů se protáhlo až do roku 1980, kdy byl otevřen první úsek tratě z Paříže do Lyonu. První sériová jednotka byla dodána 25. dubna 1980, Dalších 87 jednotek bylo dodáno do roku 1981. V témže roce se uskutečnily první z řady rychlostních rekordů, postupně byly překonány rychlosti 360 km/h a následně 380 km/h. Maximální



rychlost, kterou kdy jednotka dosáhla je 574,8 km/h, stalo se tak 3.4.2007 na trati Paříž - Štrasburk.

Rekord vykonala jednotka V150, kromě zmíněné úpravy trakčního vedení, ve kterém bylo zvýšení i napětí na hodnotu 31 kV, byl upraven i vlak a to použitím kol s větším průměrem a zvýšením

výkonu na 19,6 MW, což je cca 26 700 koňských sil.

LGV

Nejnovější vysokorychlostní tratě dovolují jízdu běžným vlakům rychlostí až 320 km/h. Původně byly tratě LGV (*lignes à grande vitesse*, high-speed lines, vysokorychlostní tratě) navrženy pro tratě vyšší než 200 km/h. Následně byla tato rychlost zvýšena na 250 km/h. Vlaky TGV jezdí také po konvenčních tratích, které umožňují maximální rychlost 220 km/h. Toto je velkou výhodou oproti jiným systémům, např. vlaky na principu magnetické levitace neumožňují naprosto rozdílná konstrukce trati přejíždět z jednoho systému na druhý.

Konstrukce tratí LGV je podobná konvenčním tratím, ale jsou zde některé klíčové odlišnosti. Poloměry oblouků jsou větší, konkrétně se jedná o hodnoty vyšší než 4000 m, což umožňuje zvýšení traťové rychlosti a snížení účinku odstředivé síly na cestující při průjezdu vozidla obloukem. Nově se navrhuje poloměry oblouků o hodnotách vyšších než 7000 metrů z důvodu možnosti dalšího zvyšování rychlostí vlaků v běžném provozu.

Další výhodou, kterou mohou tratě LGV využívat je možnost zvýšení sklonu tratě, což umožňuje také snížení nákladů na její výstavbu. Například první trať LGV - Sud-Est z Paříže do Lyonu charakterizuje sklon až 35%. Další možnosti ukazuje vysokorychlostní trať mezi městy Cologne a Frankfurt, kde sklon dosáhl hodnoty až 40%.

U tratí LGV je více dbáno na minimum odchylek v geometrické poloze koleje, šterkové lože je charakterizováno větší mocností, výsledkem je lepší stabilita a vyšší únosnost tratě. Na trati jsou jako kolejnicové podpory použity železobetonové pražce klasické příčné nebo blokové, osová vzdálenost pražců je menší než u běžných tratí. Na tratích LGV se používá kolejnice UIC 60, která je na pražcích uložena s úklonem 1:40, kolej je bezstyková, používá se bezpodkladnicové pružné upevnění s velkým uplatněním upevňovadel Pandrol Fastclip.

Na tratích LGV jsou provozovány primárně vlaky TGV. Je to z několika důvodů. Jedním z nich je omezení kapacity tratě v případě vpuštění pomalejších vlaků na trať. Dalším důvodem může být nestabilita uloženého nákladu, především kontejnerů, při míjení jednotlivých vlaků při takto vysokých rychlostech, vysoké hodnoty sklonu tratě, jež limitují hmotnost nákladních vlaků a také zvýšené opotřebení trati, konkrétně kolejnicových pasů v případě pojíždění vozidly nižší rychlostí, kdy je v obloucích nadměrně zatěžován vnitřní kolejnicový pas.

Údržba se provádí převážně v noci, aby nebyl narušen pravidelný provoz vlaků TGV.

Tratě LGV jsou elektrifikovány střídavou soustavou 25 kV 50 Hz. Vodiče trakčního vedení jsou napnuty více než u konvenčních systémů, protože rychlost sběrače způsobuje ve vodiči kmitání. To byl problém především při pokusech dosáhnout rychlosti 500 km/h, kmitání troleje se vyřešilo právě vyšším mechanickým napětím v troleji.

Z důvodu zamezení střetů se zvěří případně i lidmi na širé trati jsou tratě LGV oploceny. Zřizují se výhradně mimoúrovňová křížení a to jak se silničními komunikacemi tak s ostatními železničními tratěmi, navíc jsou pod mosty instalována zařízení detekující překážku spadlou na trať.

Stanice

Jednou z mnoha výhod TGV je skutečnost, že může využít stávající infrastrukturu, kdy vysokorychlostní úseky jsou na již existující tratě vhodně napojovány tak, aby byly umožněna dobrá dostupnost center velmi významných měst a snadné přestupy na ostatní spoje.

Avšak z důvodu minimalizace cestovní doby byly a jsou tendence navrhovat mezilehlé stanice mimo osídlené oblasti několik kilometrů od aglomerací případně na jejich předměstích. To umožňuje vlakům výrazně zkrátit cestovní dobu, kdy k tomuto snížení dochází z důvodu kratší vzdálenosti (nezajíždí se až do centra) a také většího podílu vysokorychlostní trati. Důsledkem tohoto řešení je obcházení měst tratěmi LGV, v některých případech dochází k situaci, že stanice je vybudována "na zelené louce" mezi dvěma městy. Příkladem tohoto řešení je například stanice TGV Haute-Picardie, což je malá stanice na trase LGV Nord - Europe mezi Lille a Paříží. Je vybavena čtyřmi kolejemi a dvěma nástupišti, vlaky zde nezastavující tudy projíždějí rychlostí 300 km/h. Geograficky je orientována mezi městy Saint Quentin a Amiens. Právě její umístění bylo velmi kritizováno, podle odpůrců tohoto umístění se nachází příliš daleko od významnějších měst. Podle svého umístění si také získala svou přezdívku *la gare des betteraves* (*beet station*, řepná stanice); stanice je totiž umístěna přímo uprostřed polí, kde se tato plodina pěstuje.



Sít' LGV

V současnosti jsou ve Francii a v přilehlém okolí v provozu následující tratě:

- **LGV Paris Sud-Est** - Paříž - Lyon; výstavba 1975 až 1983 (St. Florentin - Lyon 1981); délka 538 km; traťová rychlost 270 km/h
- **LGV Atlantique** - Paříž - Le Mans, Tours; výstavba 1985 až 1990; délka 282 km; traťová rychlost 300 km/h
- **LGV Nord-Europe** - Paříž - Lille - Calais; výstavba 1989 až 1993; délka 333 km; traťová rychlost 300 km/h
- **LGV Rhône-Alpes** - Montanay Junction - Valence; výstavba 1990 až 1994; délka 115 km; traťová rychlost 300 km/h
- **LGV Méditerranée** - Valence - Nimes, Marseille; výstavba 1996 až 2001; délka 251 km; traťová rychlost 300 km/h
- **LGV Belgium** - Lille - Brusel; výstavba 1993 až 1997; délka 84 km; traťová rychlost 300 km/h
- **LGV Est** - Paříž - Strasbourg; výstavba 2002 až 2007; délka 350 km; traťová rychlost 350 km/h (provoz pouze na 320 km/h)

V následujících letech se plánuje zprovoznění těchto tratí:

- **LGV Perpignan-Figueras** - Perpignan - Figueras (Španělsko); výstavba 2004 až 2009
- **LGV Aquitaine** - Tours - Bordeaux; výstavba 2006 - 2013; délka 361 km
- **LGV Rhin - Rhône** - Lyon - Dijon - Mulhouse; předpoklad uvedení do provozu v roce 2011
- **HSL-Zuid** - Brusel - Amsterdam; předpokládaný termín uvedení do provozu v roce 2008
- **Trať Haut-Bugey** - rekonstrukce tratě mezi Bellegarde a Bourg-en-Bresse (Paříž - Ženeva; bude otevřena v roce 2009)
- **Lyon Turin Ferroviaria** - Lyon - Turín
- V roce 2015 začne provoz na prodloužené trati LGV Est do Vídně a poté do Bratislavy

Zabezpečovací zařízení

Z důvodu vysokých rychlostí vlaků nebylo možno použít klasické zabezpečovací zařízení. Na LGV je proto nainstalován automatický systém TVM (*Transmission Voie-Machine*, or *track-to-train transmission*, přenos signálu z tratě na vozidlo). Signály jsou přenášeny na stanoviště strojvedoucího elektrickými impulsy přes kolejnici a poskytují důležité informace o rychlostech a ostatních návěstech. Vysoký stupeň automatizace systému nijak nesnižuje schopnost strojvedoucího ovládat vozidlo, avšak do systému jsou zabudovány bezpečnostní pojistky, které umožní bezpečně zastavit vlak v případě kdy strojvedoucí chybí.

Trať je rozdělena do traťových oddílů o délce přibližně 1500 m, které jsou ohraničeny návěstí. Palubní přístroje signalizují nejvyšší dovolenou rychlost v daném oddílu a traťovou rychlost. Na tratích LGV se používají dvě varianty tohoto zabezpečovacího zařízení. Jedná se o TMV-430 a TVM-300. Novější verze, TVM -430, byla prvně použita na trati LGV Nord z Paříže do Belgie a Eurotunelu. Hlavní výhodou novějšího systému je možnost efektivnějšího řízení rychlosti vlaku, kdy je na základě většího množství dostupných dat možno optimalizovat jízdu vlaku a vyhnout se tak nežádoucímu prudkému brždění apod.

Signál "stůj" má permissivní význam, tzn. že je strojvedoucímu je dovoleno projet do následujícího traťového oddílu i v případě že je označen jako obsazený, ale nejvyšší dovolená rychlost je v tomto případě limitována na 30 km/h, pokud dojde k překročení této rychlosti, je automaticky aktivována rychlobrzda. Pokud strojvedoucí obdrží signál nf (*non-franchissable*, nesjízdny), není význam návěsti permissivní a strojvedoucí musí žádat o povolení k vjezdu PAR (*Poste d'Aiguillage et de Régulation, Signalling and Control Centre*, centrum signalizace a kontroly).

LGV Est

Nejnovější vysokorychlostní trati, na které jsou či budou provozovány vlaky je trať LGV Est z Paříže do Štrasburku. První práce pracovní skupiny zabývající se touto problematikou započaly již v roce 1986. Ovšem až 14. května roku 1996 byl projekt premiérem, ministerstvem dopravy a životního prostředí zařazen mezi projekty veřejně prospěšné. Výstavba trati započala prvními pracemi až na jaře roku 2002 a slavnostní otevření proběhlo 10. června loňského roku. Cestující si tak mohou užít zkrácení cestovní doby mezi cílovými městy ze čtyř hodin na dvě hodiny a dvacet minut.

Správce železniční infrastruktury, který měl výstavbu trati v kompetenci Réseau ferré de France (RFF) se od počátku projektu musel vrovňovat s četnými protesty, pocházejících převážně z úst ekologů. Protože se trať v několika místech přibližovala k osídleným oblastem,

byly vznešen požadavek na vedení trati co nejdále od těchto aglomerací. Na základě dalších požadavků a výkřiků nevole RFF vytvořila politiku ohleduplnosti k životnímu prostředí zahrnujícího všechny a všechno týkající se stavby. Tato politika má několik základních bodů

- voda - společné dědictví, které je nutné chránit
- hluk - veřejný nepřítel číslo 1
- krajina - co nejlepší sladění trasy se siluetou terénu
- životní prostředí - zachování různorodosti prostředí
- odpad - identifikace, třídění a recyklování

Na základě této politiky byly vytvořeny v každém kraji komise vedené členy místní samosprávy, zástupci stran zabývající se sociálními, ekonomickými a ekologickými dopady stavby. Cílem těchto komisí je posuzování stavby podle výše uvedených faktorů.

charakteristiky stavby:

Základní charakteristiky	
Délka	300 km
Nové stanice	3 - Champagne-Ardenne, Meuse, Lorraine
Traťová rychlost	350 km/h
Napájecí systém	25 kV - 50 Hz
Rozsah zemních prací	
Zářezy	49 * 10 ⁶ m ³
Násypy	34 * 10 ⁶ m ³
Materiál odvezený na skládku	21 * 10 ⁶ m ³
Umělé stavby (celkem 327)	
Křížení s pozemními komunikacemi	221
Křížení s železničními tratěmi	20
Křížení s řekami a vodními plochami	57
"Ekodukty"	24
Železniční trať	
Délka kolejnic (UIC 60)	1288 km
Štěrk	3,1 * 10 ⁶ t
Počet blokových pražců	přibližně 1 * 10 ⁶

Projekt se zrodil po několika letech provádění studií, které byly použity k definování specifického druhu financování a k návrhu trasy respektující životní prostředí a negativní vlivy na blízké obyvatelstvo. Je to také první železniční stavba ve Francii financovaná z velké části z regionů, kterými prochází, a také Evropskou unií. Celý projekt si vyžádal náklady zhruba 3, 125 miliardy €.

Vozový park:

Jednotky TGV mají několik zvláštností. Především se jedná o použití Jacobsových podvozků. tyto podvozky jsou umístěny mezi jednotlivými vozy, takže jeden podvozek vlastně podporuje dva vozy, každý na jednom konci. Nevýhodou tohoto řešení je obtížná změna řazení vlaku, případně se nedá vadný vůz z jednotky jednoduše vyřadit. Naproti tomu hnací vozidla, každý na jednom konci soupravy, jsou nesena klasickými podvozky.

SNCF provozují na čtyři stovky jednotek TGV, k tomu se musí připočítat ještě jednotky TGV Eurostar provozované nadnárodním dopravcem.

Všechny jednotky jsou dvou (25 kV 50 Hz AC, 1, 5 kV DC) nebo vícesystémové. Každá vícesystémová jednotka je vybavena dvěma páry sběračů, dva sběrače slouží pro odběr stejnosměrného, zbylé dva pro odběr střídavého proudu.

Nejvýznamnější linky TGV:

Paris - Lyon: 24 párů vlaků TGV, cestovní doba 1:57, 294 km, $V_c=151$ km/h

Paris - Genéve: 7 párů vlaků TGV denně, cestovní doba 3:22 - 3:35, 276 km, $V_c=77 - 82$ km/h

Paris - Grenoble: 8 párů vlaků TGV, cestovní doba 2:56 - 3:00, 460 km, $V_c=153$ km/h

Paris - Marseille: 16 párů vlaků TGV, cestovní doba 3:10, 501 km/h, $V_c=158,2$ km/h

Paris - Nice: 5 párů vlaků TGV, cestovní doba 5:40, 907 km, $V_c=160$ km/h

Paris - Bordeaux: 23 párů vlaků TGV, cestovní doba 3:04, 544 km, $V_c=179$ km/h

Paris - Toulouse: 5 párů vlaků TGV, cestovní doba 5:30, 533 km $V_c=97$ km/h

Paris - Nantes: 22 párů vlaků TGV, cestovní doba 2:08, 287 km, $V_c=134$ km/h

Paris - Rennes: 19 párů vlaků TGV, cestovní doba 2:03, 328 km, $V_c=160$ km/h

Paris - Luxemburg: 5 párů vlaků TGV, cestovní doba 2:06, 381 km, $V_c=181$ km/h

Paris - Frankfurt: 1 pár vlaků ICE, cestovní doba 3:49, 610 km, $V_c=160$ km/h

Paris - Nancy: 10 párů vlaků TGV, cestovní doba 1:30, 162 km, $V_c=108$ km/h







Paris - Strasbourg - 15 párů vlaků TGV, cestovní doba 2:18, 476 km, $V_c=207$ km/h


Paris - Lille: 24 párů vlaků TGV v taktu 1/2 až 1 hodina, cestovní doba 0:59, 203 km, $V_c=206$ km/h

Paris - Bruxelles: 26 párů vlaků THA (TGV) v taktu 1/2 až 1 hodina, cestovní doba 1:22, 260 km, $V_c=190$ km/h

Paris - Amsterdam: 5 párů vlaků THA, cestovní doba 4:11, 466 km, $V_c=111$ km/h

Paris - London: 15 párů vlaků EST, cestovní doba 2:21, 522 km, $V_c = 222$ km/h

Typ	Vmax[km/h]	Kapacita	Délka [m]	Hmotnost [t]	Výkon [kW]	Napájecí systém	
TGV Sud-Est	270, reko 300	345	200, 2	385	6 450	25 kV 50 Hz + 1,5 kV ss	
TGV Atlantique	300	485	237, 5	444	8 800	25 kV 50 Hz + 1,5 kV ss	
TGV Réseau	300	377	200	383	8 800	25 kV 50 Hz + 1,5 + 3 kV ss	
TGV Duplex	320	512	200	386	8 800	25 kV 50 Hz + 1,5 kV ss	
Thalys	300	377	200	385	8 800	25 kV 50 Hz + 15 kV 16,7 Hz + 1,5 + 3 kV ss	
TGV POS	320	377	200	423	9 600	25 kV 50 Hz + 15 kV 16,7 Hz + 1,5 kV ss	
Eurostar	300	794/ 596	393,7/ 318,9	752/ 665	12 240	25 kV 50 Hz + 1,5 + 0,75 (TR) kV ss	

							
--	--	--	--	--	--	--	---

Použité zdroje:

- [1] <http://en.wikipedia.org/wiki/TGV>
- [2] <http://www.railway-technology.com/projects/>
- [3] <http://www.iussp.org/France2005/Traintimes.pdf>
- [4] http://www10.centralwings.com/gallery/promocje_pl/Timetable_TGV.pdf
- [5] <http://www.rff.fr>
- [6] <http://www.zelpage.cz>
- [7] <http://rail.sk/tgv/upd.htm>
- [8] <http://cs.wikipedia.org/wiki/TGV>
- [9] <http://fr.wikipedia.org/wiki/TGV>
- [10] <http://ecsel.psu.edu/~dbieryla/highspeed/history.html>
- [11] <http://www.toffsworld.com/travel/train/tgv-est-europeen-/>
- [12] http://www.railway-technology.com/projects/LVG_Est/index.html#LVG_Est1
- [13] http://www.cd.cz/static/old/NEW/TCD2007/7_17sncf.htm
- [14] http://membres.lycos.fr/cartesferro/france/france_en.Huml
- [15] <http://www.trainweb.org/tgvpages>
- [16] <http://www.railfaneurope.net>
- [17] <http://fr.structurae.de/structures/data/index.cfm?id=s0004584>
- [18] <http://www.denislogerotphotargonne.com/>