

**Material
gathered in
France**

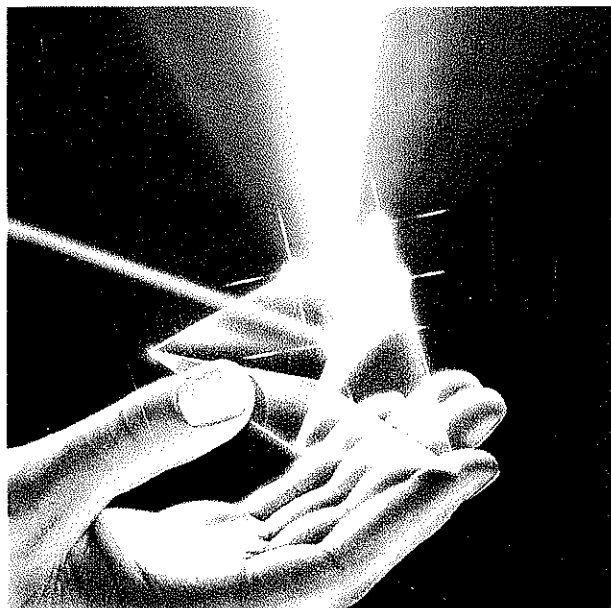


SNCF

TGV
SNCF

®

Favoriser l'innovation du personnel de l'entreprise



Pour promouvoir l'initiative et l'innovation au sein de l'entreprise, la direction de la Recherche a mis en place une structure légère d'assistance technique.

La direction de la Recherche favorise l'émergence d'idées nouvelles en apportant une aide aux agents innovants.

Plus qu'une fonction de conseil, cette aide se traduit par des actions concrètes :

- assistance pour la passation de contrats avec des entreprises extérieures,
- allocation d'un budget dans le cadre d'un contrat conclu entre l'agent et la direction de la Recherche,
- détachement de l'agent au sein d'une équipe de la direction de la Recherche.

La direction de la Recherche suscite une rencontre entre un besoin connu ou supposé

au niveau de l'exploitation du chemin de fer et un certain savoir technologique acquis par ses chercheurs dans des domaines non encore utilisés dans le secteur ferroviaire.

Cette information technologique est diffusée :

- à l'occasion de carrefours où la direction de la Recherche présente auprès des régions ou des directions fonctionnelles les différents domaines techniques sur lesquels elle exerce une activité de veille active et dont elle souhaite favoriser l'émergence de nouveaux concepts d'applications,
- à l'occasion de journées d'information à caractère thématique à Paris, où elle présente les derniers développements d'une technique et ses perspectives d'utilisation,
- à l'occasion de sa participation à des salons scientifiques tels que le SITEF de Toulouse,....

TRAIN CONTROL ON FRENCH RAILROADS

Mars 1991

French National Railroads, Paris, France

SNCF's first high-speed line has been in service between PARIS and LYON for 10 years now and a second high-speed line came into revenue service in September 1989, bringing with it substantial improvements to passenger services to the west and southwest of France.

At the same time SNCF is engaged in construction work for the Northern TGV line which will link PARIS, BRUSSELS and LONDON via the Channel Tunnel in less than 2 years' time. A loop line around the eastern outskirts of Paris will link the Northern and Southeast high-speed lines. The Southeast high-speed line will be extended southwards (initially as far as Valence). High speed emu's will be operated on the new lines at 300 km/h (187 mph) whereas train speed on the Southeast high-speed line is currently limited to 270 km/h (169 mph).

I - BASIC TRAIN OPERATION AND SIGNALING SYSTEM PRINCIPLES FOR VERY HIGH SPEEDS

Two important factors guided SNCF in its choice of high-speed line driving and signaling techniques :

- the higher the speed, the more difficult it is for drivers to perceive lineside signals properly.

The SNCF works on the principle that the maximum speed at which drivers can see lineside signals properly under difficult conditions (e.g. fog) is in the 200/220 km/h (125/137 mph) bracket.

- despite rail's excellent safety record, human beings are more failure-prone than automatic devices.

As a result of these two factors, the following principles were adopted in research into driving and signaling systems:

- the signaling system was to be designed so that the safety of very high speed trains would not be dependent on correct observation of lineside signals,
- trains were to continue to be manually operated with drivers controlling acceleration, deceleration, coasting and braking but a speed monitoring system was to be mounted to check vehicle movement in relation to the signals displayed and intervene if necessary through sharp brake application.

II - SIGNALING ON THE SOUTHEAST AND ATLANTIC HIGH-SPEED LINES

The signaling system designed in relation to line throughput, vehicle braking characteristics and specific operating conditions consists of :

- a continuous data transmission system (18 data items),
 - an intermittent data transmission system (14 data items),
- with track-to-train transmission.

The type and technical characteristics of the transmission systems selected were the result of recognition, early in the research phase, of the fact that it always takes time to design a signaling system because of its vital "safety" function and the many and serious environmental constraints (interference, wide-ranging temperatures, atmospheric agents, vibrations, etc).

Added to which, the SNCF considers it necessary to have a continuous control system for detecting broken rails, whence the choice of track circuit-based signaling technology.

II.1 - Continuous data transmission

Under the circumstances described, the continuous data transmission system selected consists of an a.c. track circuit (carrier frequency $F : 1,700/2,000/2,300$ or $2,600$ Hz) with frequency modulation (f) from 10.3 Hz to 29 Hz, depending on the data items to be transmitted, and frequency excursion of ± 10 Hz.

With track circuits of this type, it is also possible to use resonant blocking circuits instead of the insulated joints required with most track circuits, which, in turn, means that jointless long welded rails can be used with all their advantages in terms of track performance and vehicle stability.

II.2 - Intermittent data transmission

The intermittent data transmission system consists mainly of a 10 m cable loop laid in the track. Frequencies range between 1,300 Hz and 3,700 Hz depending on the data items to be transmitted.

Figures 1 and 2 show the braking and stopping sequence for block sections and for protection at mandatory stopping points.

Adaptations have been made to handle cases of access to track cross over points, junctions and points contiguous with lineside signaling when the high-speed line connects up with conventional lines.

III - SIGNALING ON THE NORTHERN HIGH-SPEED LINE

Line throughput requirements for traffic expected on this line, which will begin revenue service in 1993, are incompatible with the signaling used on the new Southeast and Atlantic high-speed lines. Whereas trains operated at 270 km/h (169 mph) on the Southeast line have 5 minutes headways, it has been cut to 4 minutes on the Atlantic TGV line for trains operated at 300 km/h (187 mph). The objective on the Northern high-speed line is a 3 minutes headway (in practice) for an operating speed of 300 km/h (187 mph).

Moreover, provision has been made for working the line at 320 km/h (200 mph). To achieve these objectives, the SNCF has developed a new signaling system called TVM 430, derived from the system in operation on the Paris Southeast and Atlantic TGV high-speed lines (called TVM 300), but with better performance levels.

III.1 - Functional description of the TVM 430 system

The following measures have been adopted in order to meet throughput requirements :

Shorter block sections (1500 m minimum on the flat)

1) By selecting new speed brackets, the energy dissipated during braking is more uniform (320 300 270 230 170 0).

As a result, switches at track crossover or at junctions can be worked at 170 and 230 km/h (106 and 144 mph) instead of 160 and 220 km/h (100 and 137 mph), speed restrictions for safety purposes raised to 230 and 170 (144 and 106 mph) instead of 220 and 160 (137 and 100 mph). However, 220 and 160 km/h speed limits are maintained for exits to conventional lines.

2) In order to limit system reaction time (TVM, brakes, driver) the driver receives if necessary advance warning information continuously.

Shorter overlaps

3) The speed control mechanism features a higher degree of precision than that possible with TVM 300 and, as a result, overlaps are shorter.

To comply with 2) - advance warning on all cab displays (speed instruction to be observed in a block section: speed limit in the present block section or target speed at the end of the block section), the following principle has been adopted :

- if information is displayed continuously, the speed to be enforced in the next block section is not more restrictive,
- if the information displayed flashes on and off, the driver knows that the speed applicable in the next block section is more restrictive.

Example of a stopping sequence (headway) :

the figures shown in brackets appear as flashing signals on the display.

Display : 300 VL (300 VL) (270A) (230A) (170A) 000 RRR

Fig 3.

Example of a speed reduction sequence (for a switch passed at 170 km/h (106 mph)) in situation where the distance between the tip of the switch and the reference marker preceding it is greater than the overlap length :

Display : 300 VL (300 VL) (270A) (230A) 170A 170E

Fig 4

To comply with 3), at any moment, the train data in the plan (distance, speed) is compared against a speed control graph in the train-borne computer, this graph being based on the characteristic parameters of the train and informations from TVM. Emergency braking is triggered when the curve on the graph is exceeded.

Fig 5

III.2 - Technical description of the TVM 430 system

Continuous transmission of 18 data items has proved to be insufficient; it is therefore necessary to enhance the system in order to transmit more information. With the new approach the frequency modulated UM71 track circuit still acts as carrier but from the Very Low Frequency is worked out a signal with the following form :

$$\left[\sum_{i=1}^{27} \delta_i A_i \sin(2\pi f_i t + \Phi_i) \right] + A \sin(2\pi f t + \Phi)$$

Information TVM Frequency component of 25.68 Hz which is required for the track-circuit function.

f_i : Very Low Frequency (VLF) varies between 0.88 Hz and 17.52 Hz in steps of 0.64 Hz.

$\delta_{i=1}$ if the bit corresponding to this frequency exists

$\delta_{i=0}$ if it does not

A_i : modulation depth

ϕ_i : VLF phase

Handwritten notes: $f_i = 0.88 + (i-1) \cdot 0.64$ Hz

For TVM 430 application, the modulating frequency number is equal to 27 and with it, 27 bit messages can be established. The structure of the message (see Diagram 6) gives the following information:

- Railroad address: this allows the train-borne system to determine the operating mode (TGV North-Eurotunnel...).

- Speed: this enables the train-borne computer to determine:

- . speed indication to be shown on the cab display
- . whether that indication should flash
- . maximum speed limit allowed in the block section
- . ATP speed limit at the end of the block section

- Distance:

The distance between start and end of a block section is called the "target distance". This distance is quantified and the data is transmitted to the moving vehicle for use in speed control graph compilation.

- Coding :

The message coding ensures data integrity.

III.2.1 - Continuous message generation

The ground-based computer compiles messages for each track circuit several times per second. For each cycle, the block section to which the track circuit belongs is selected from the track circuits possible (list of parameters stored in memory) according to the position of the relays which select the direction for track circuits and control switches. This information is fail-safe.

The message can then be prepared as said in the preceding paragraph.

III.2.2 - Ground-based TVM 430 equipment architecture

Two central units (Figure 7) guarantee back-up:

- one central unit is operational and receives input, processes information and generates output,
- the other is on standby; it is initialized and is ready to take over if the central unit in use fails,
- a switching unit transfers from one central unit to the other if a failure occurs or in response to an external command.

Only the functional links between units are represented in Figure 7. In particular switching procedures are not shown, but the dotted circles indicate where they are located. Each unit is structured around two processors which process information in parallel. A single coded processor compares the results and cuts the power controlling the output if there is a disparity (Figure 8).

III.2.3 - Train-borne data processing

The message received is decoded several times per second. The computer checks the display units and establishes the speed control graph. This calculation is initialized each time a track circuit joint is passed; in particular, another target distance is then taken, so that odometer drift can be corrected.

III.2.4 - Train-borne equipment architecture

Figure 9 shows the architecture of train-borne equipment.

Sensors are located over rails and have two windings (each linked to a digital receiver).

The signal processing chain is made up of 2 identical units (digital receivers) each of which receives the signal sent by the sensors. Each train-borne receiver consists of :

- 1 passband analog filter (1660 - 2640 Hz),
- 1 analog-digital convertor,
- 1 dedicated processor (TMS 320 or derivative) which processes the signal in digital mode, i.e. :
 - . removes the continuous component
 - . detects the carrier (passband filters centered on the 4 track circuit carriers),
 - . demodulates by measuring the instantaneous period.

Although processor software is based on the same algorithm, it is different because the two data capture chains are non-synchronous. The central unit compares the results given by the two digital receivers and validates the message. A signal processing chain is associated with each central unit. The two central units are structured around a single coded processor and operate simultaneously. Only one of them is selected by the switching unit and supplies the power needed to light the displays to which it is connected. In simplified terms, a failed unit requests emergency braking (safety); however, two requests have to be made for the emergency braking to come into effect (availability).

III.2.5 - Safety and availability

For both train-borne and ground-based equipment, data is constantly safeguarded in the capture stage by coded information, and, in the processing stage, either by coded information or duplication and by re-reading at the output stage. The single coded processor system is based on use of a single processor and a single program for data processing. Safety is ensured by the very high level of data coding. The code dedicated to each variable has its own signature which relates to the previous process and the exact date of that process. For each cycle, an electronic fail-safe control unit compares all the signatures obtained from codes against a given word.

System availability is based on hardware redundancy and on independent sub-sets so that no single failure will lead to a cab display of RRR (drive at sight with caution) over more than two block sections (exceptionally 3).

III.2.6 - Intermittent transmission

The carrier for the intermittent transmission system is a loop placed in the track carrying current modulated by phase jumps. With this technique a large number of telegrams can be sent to the train.

It is possible for the following functions to be performed :

- activation/deactivation (function controlled by another intermittent transmission system),
- ensure that no absolute stop signals are passed,
- radio channel and system transmission,
- cut power,
- lower pantograph,
-

IV - VERY HIGH SPEED LINE OPERATING SYSTEMS

High-speed lines connect up with the existing network at specific points. In addition, to maintain suitable service standards even if traffic is, for example, stopped at a particular place or on a particular line, cross-overs have been provided between the two tracks every 20-25 km (12.5 - 15.5 miles) and single track working is to be possible on each of these sections. To be economically viable, signaling systems in case of single-track operation must ensure a smooth flow of traffic with a minimum of constraints by comparison with normal conditions.

Each very high-speed line is controlled from a control center which fulfils the following functions for the whole of the line :

- points operation (remote control of signals and switches),
- traffic control,
- remote control of the sub-stations supplying power to the overhead lines.

Traffic control and power supply control are housed together in the same room. For example the 278 km (173.5 miles) TGV Atlantic line is controlled from a single work station, although at peak periods or in cases of disruptions to traffic, dual manning is possible. Power supply control facilities are single-manned for the whole line. Both work stations - traffic control and power supply control - have input keyboards and multicolor display screens. Only overall data (and train describer data) is displayed on the visual control panel.

IV.1 - Traffic control systems

The traffic controller has :

- a wall-mounted visual control panel containing :
 - . the train describer,
 - . signal indications so he can be sure everything is working normally,
 - . general monitoring data (warning systems, hot-box detectors, radio),
- four multicolor screens + keyboard for interfacing with the computerized control and monitoring systems :
 - . the screen's visual control panels display a magnified image of each station for safety purposes. Emergency control data is also displayed,

. the train describer system for which the panel indicates remote train announcing data, train schedule discrepancies as well as hot-box detector data or indications for the devices installed to stop trains automatically if road vehicles fall over bridge parapets.

. the computer based route-setting system also interfaces with the same screens and keyboard.

The traffic controller also has:

- a telephone unit with a keyboard + screen displaying ground-to-train radio information,
- a passenger commercial data and statistics processing system.

Route-setting is automatically controlled from the control center using a computer control module of similar design to that used in the SNCF's computerized signal boxes.

The system described above is based on the use of standard modules developed by the SNCF and French industry and widely used on facilities other than high-speed lines.

In conclusion, this description of the systems to be used on very high speed lines in France shows the factors and developments research engineers took as a basis in their design work to ensure better, even more cost-effective operations than on the Southeast and Atlantic lines. Today's sophisticated signaling techniques, especially those that are microprocessor-based, will be one of the many features underlying the commercial success of the Northern TGV.

STOPPING SEQUENCE FOR BLOCK SECTIONS

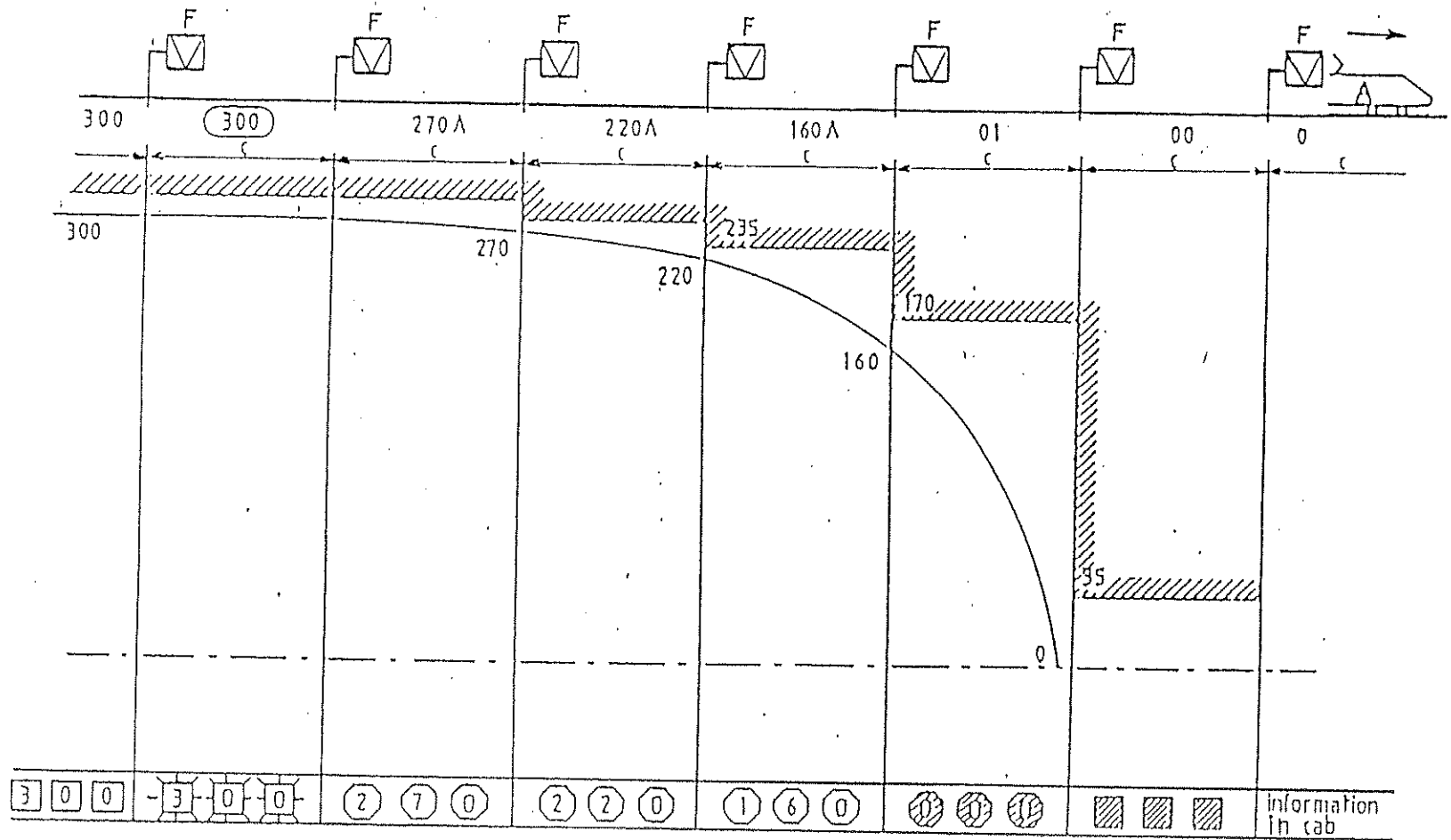
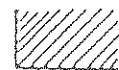
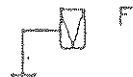


FIGURE 1



Forbidden Speed (Powerful automatic braking in effect)



Block Section Marker

PRINCIPLE OF BRAKING BEFORE AN ABSOLUTE STOPPING POINT

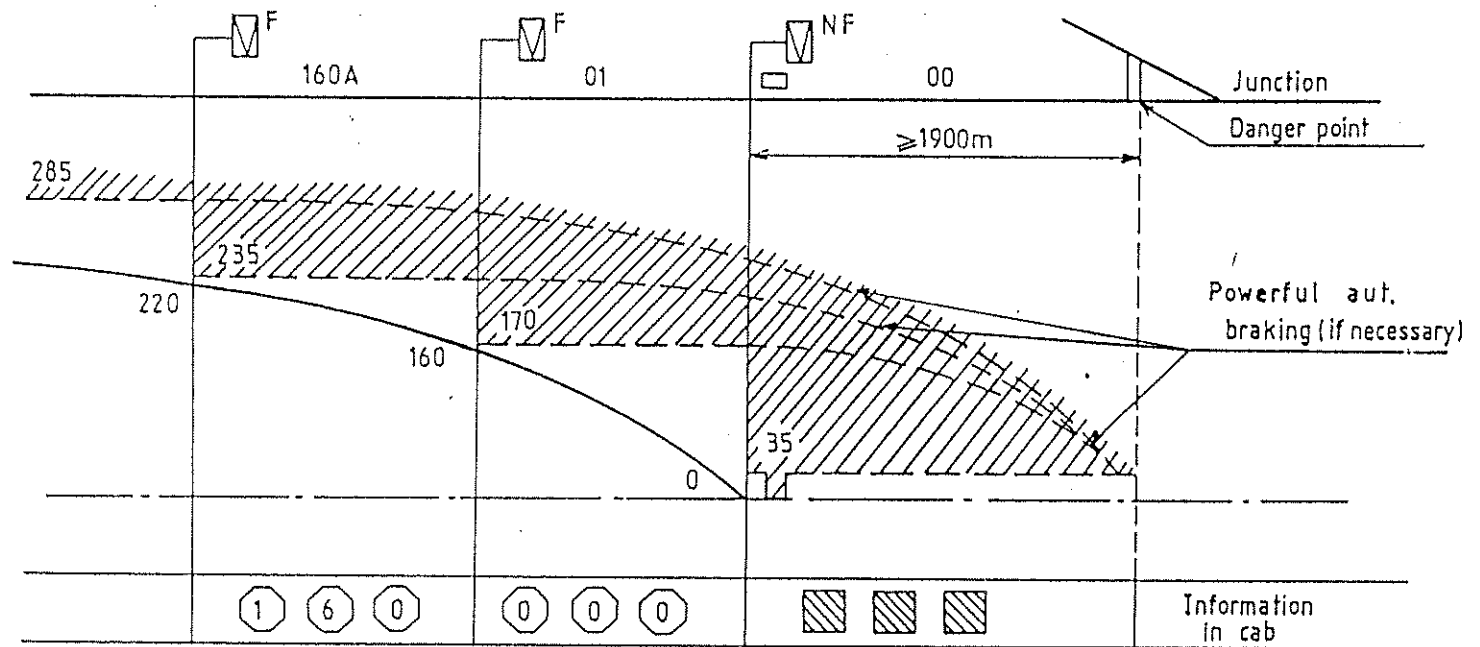
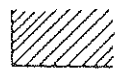
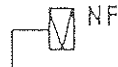
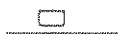


FIGURE 2

-  Forbidden speed (Powerful automatic braking in effect)
-  Absolute stop marker
-  Specific punctuated information system giving absolute stop information or not

NORTH TGV

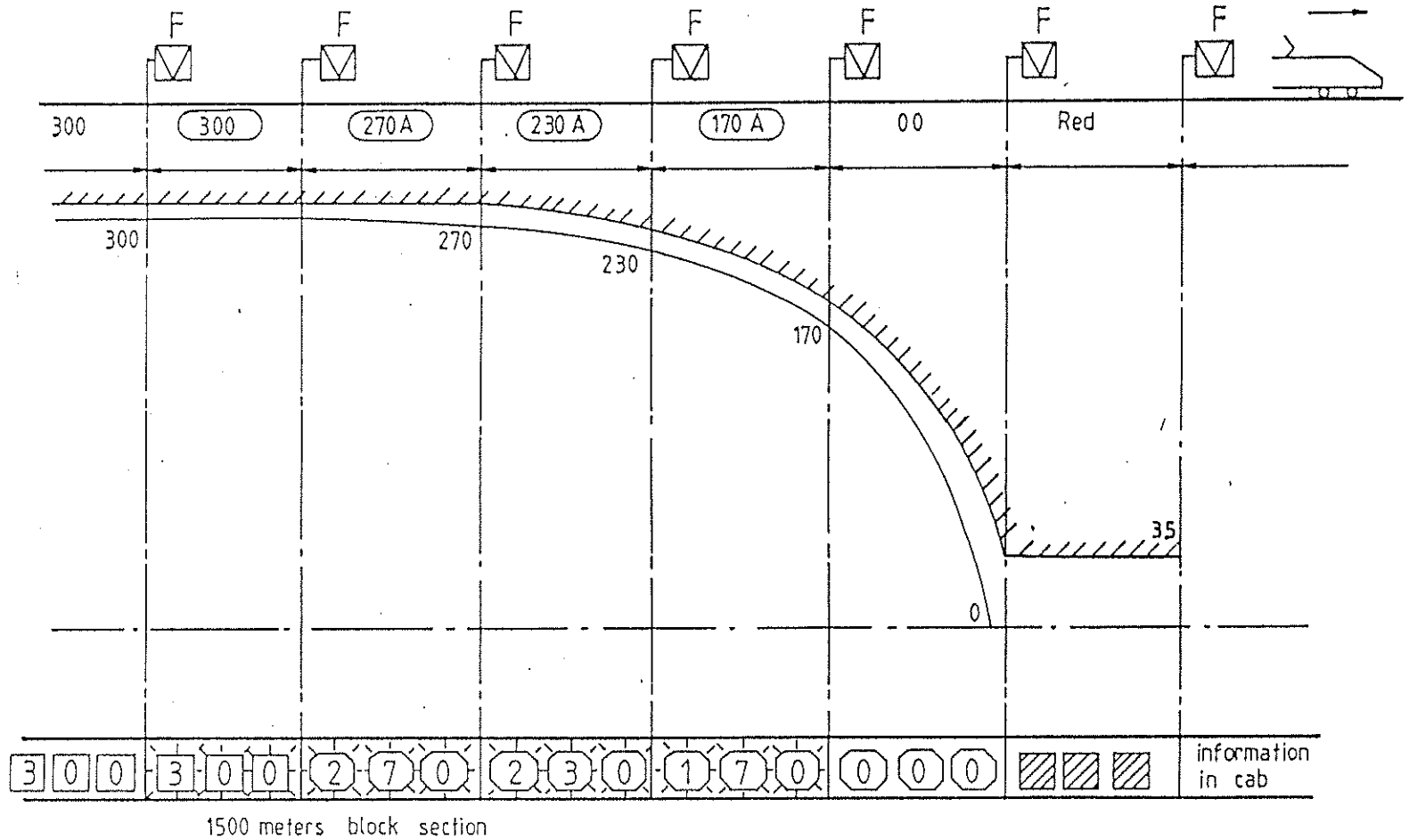


FIGURE 3

forbidden speed area (powerful automatic braking in effect)

block section marker

NORTH TGV

Speed slowing down for changing track (cross over)

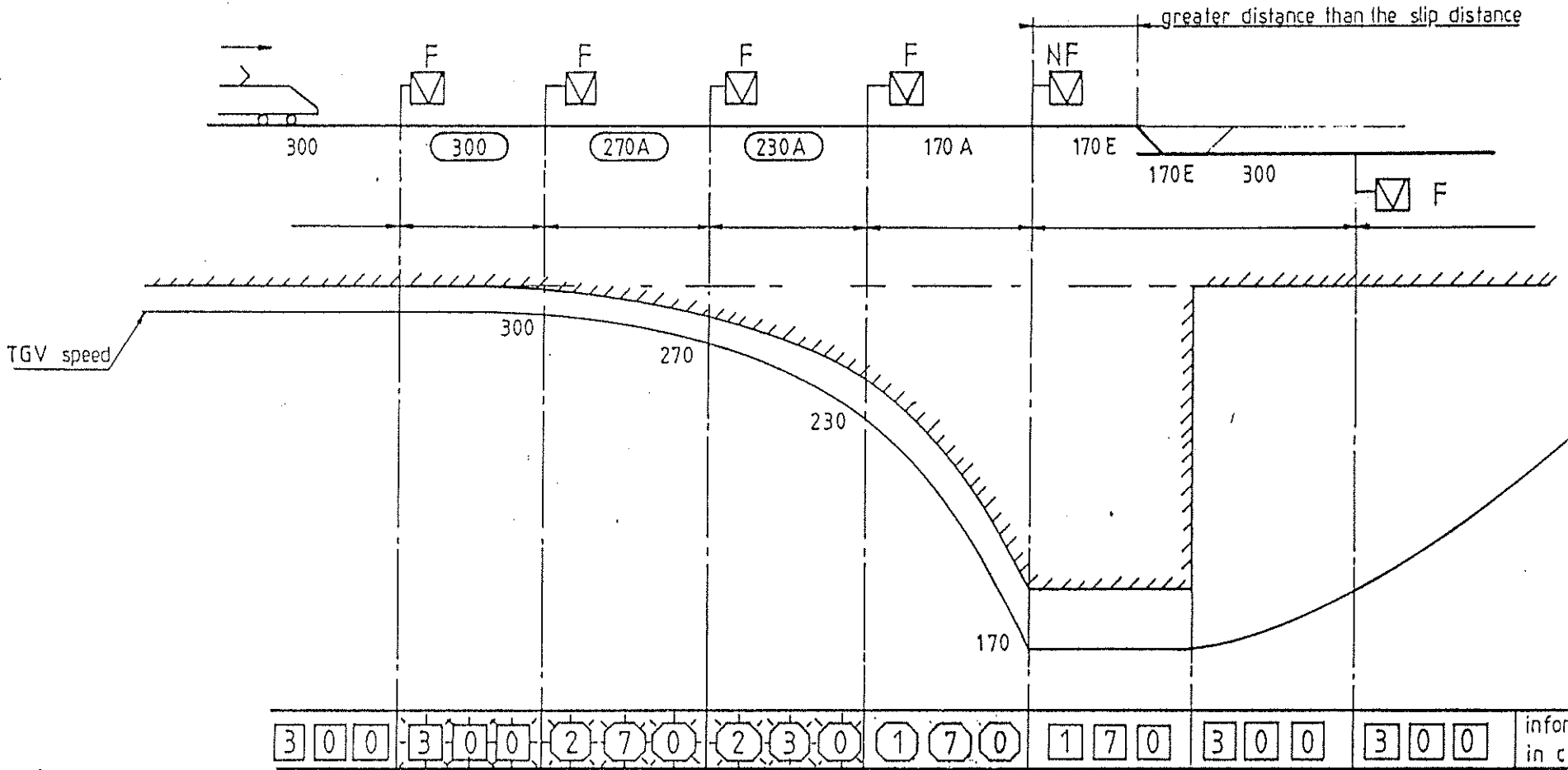




FIGURE 4

 forbidden speed area (powerful automatic braking in effect)

 block section main

 flashing signal display

NORTH TGV

(automatic braking in case of exceeding speed)

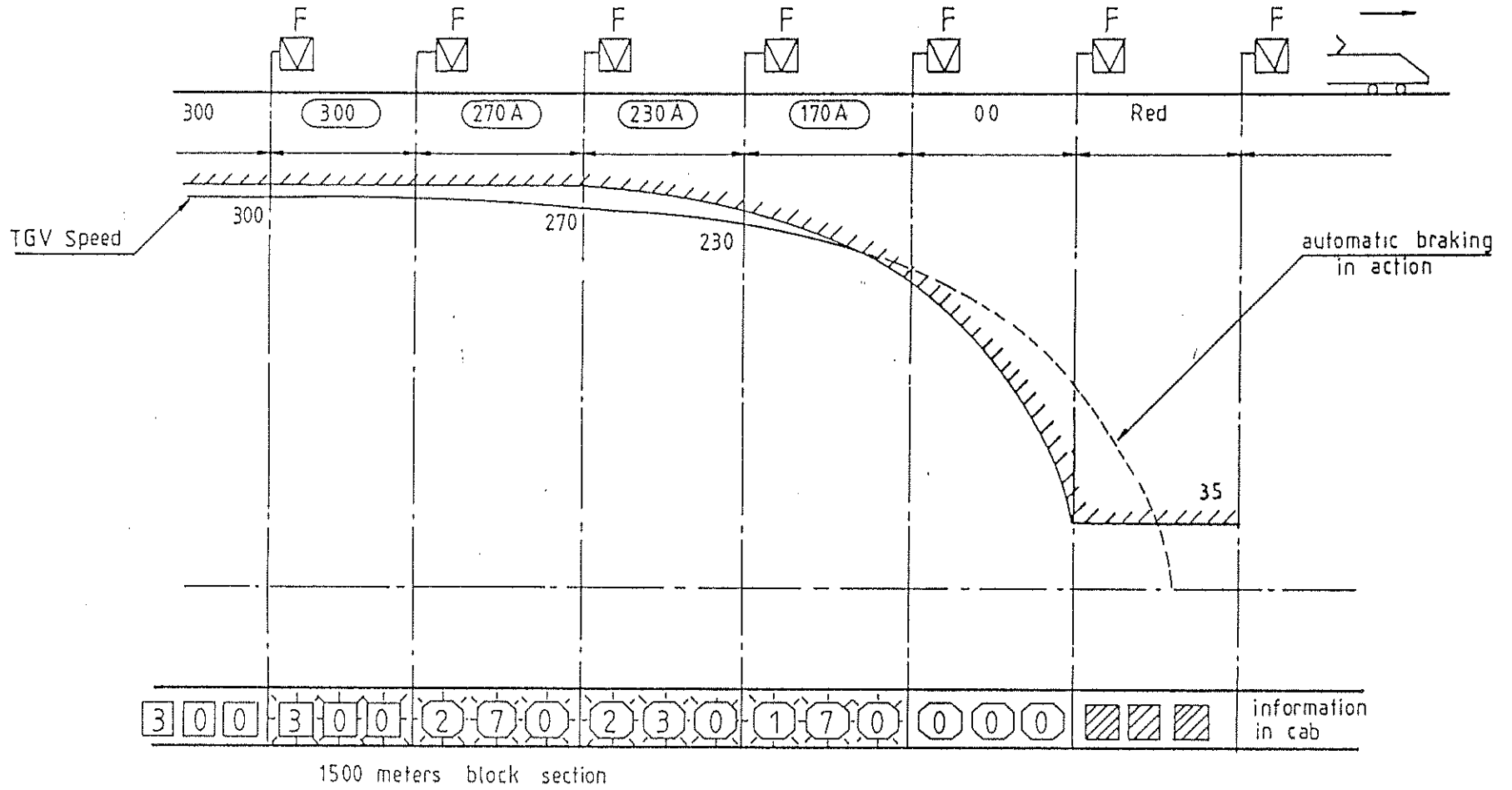


FIGURE 5

forbidden speed area (powerful automatic braking in effect)

block section marker

	TVM 430	North TGV			TVM 430
Field name	Operation	Speed	Distance	Gradient	Coding
Length (number of bits)	3	8	6	4	6

FIGURE 6

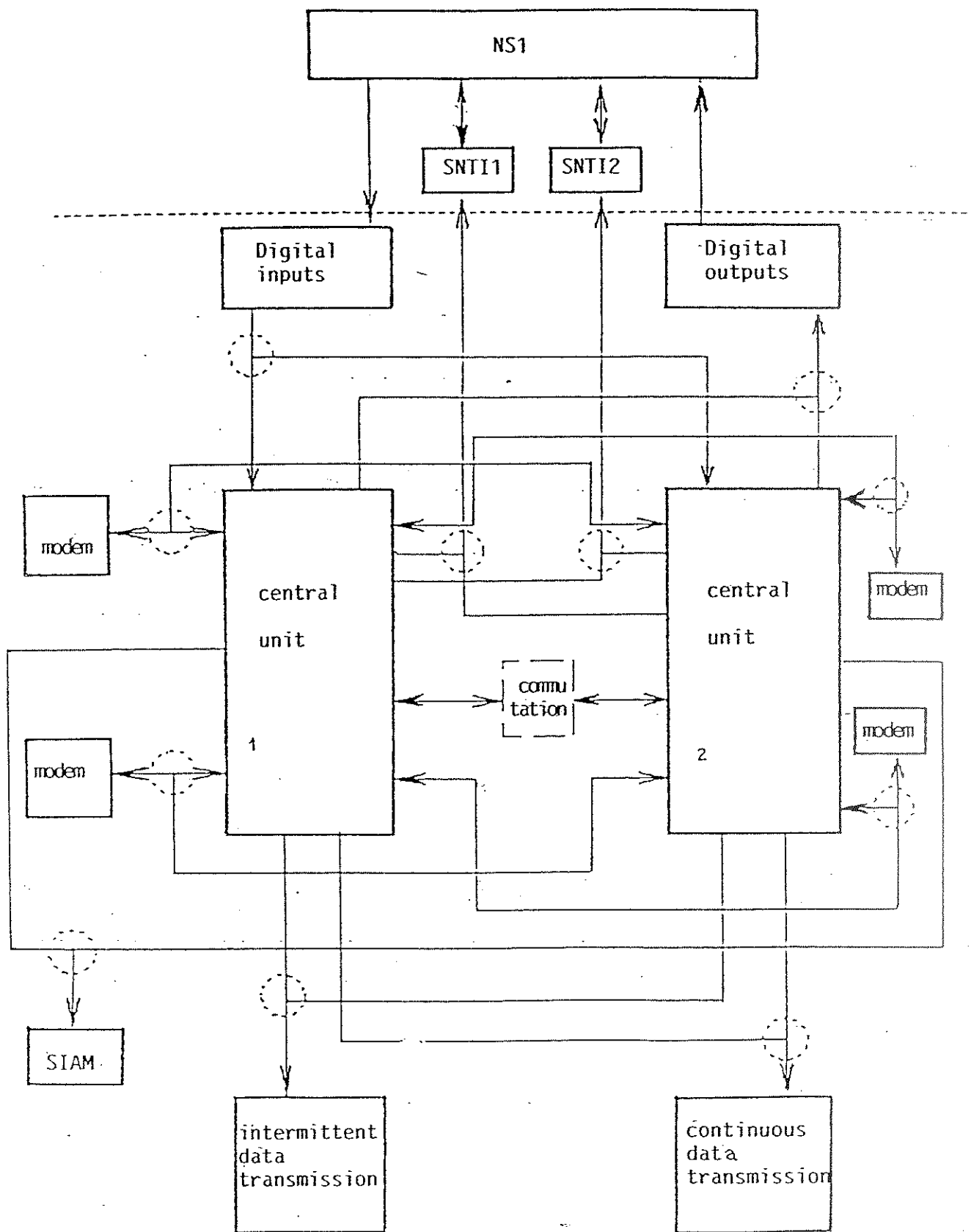


FIGURE 7

SAFETY DATA PROCESSING

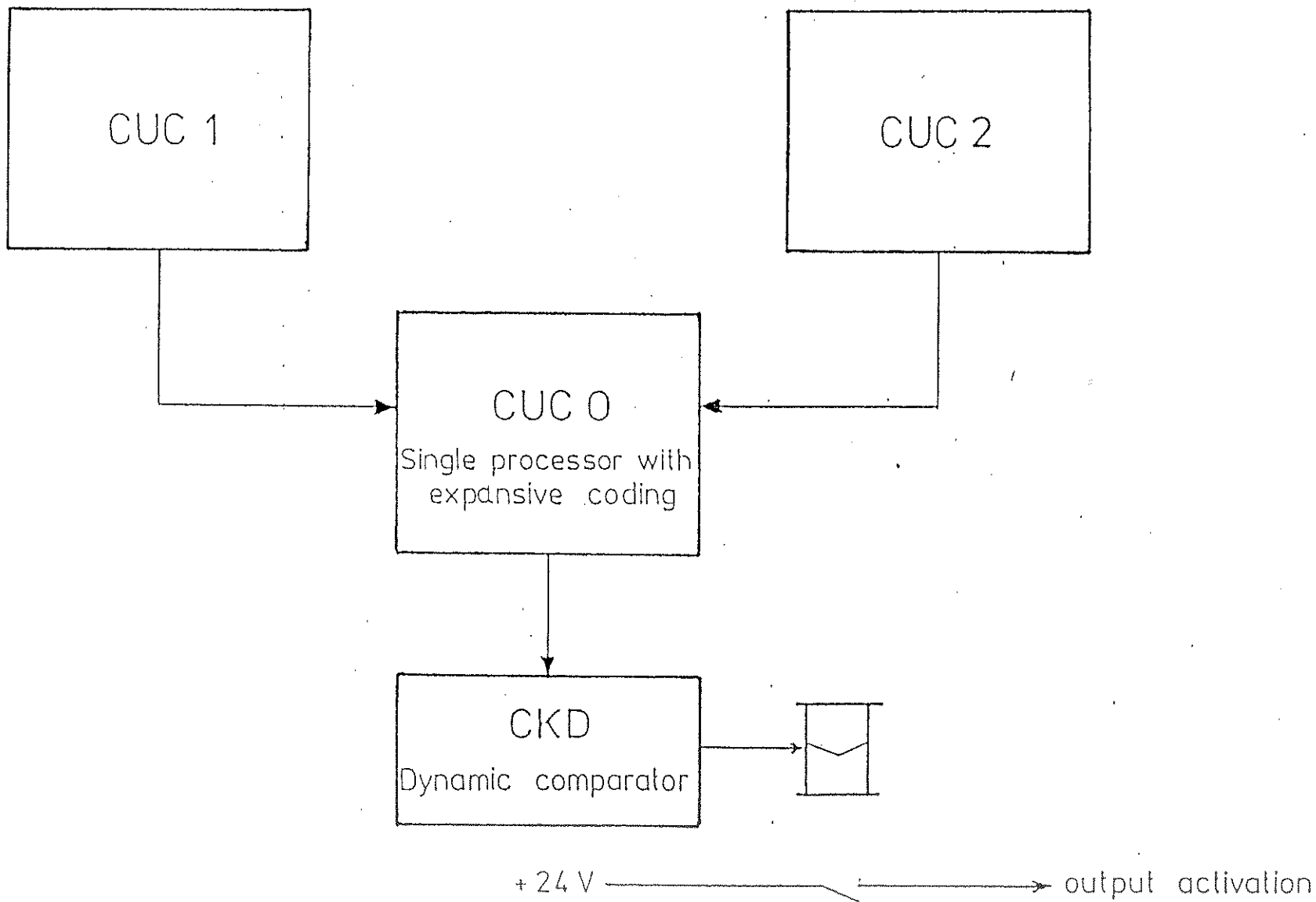


FIGURE 8

ON BOARD EQUIPMENT

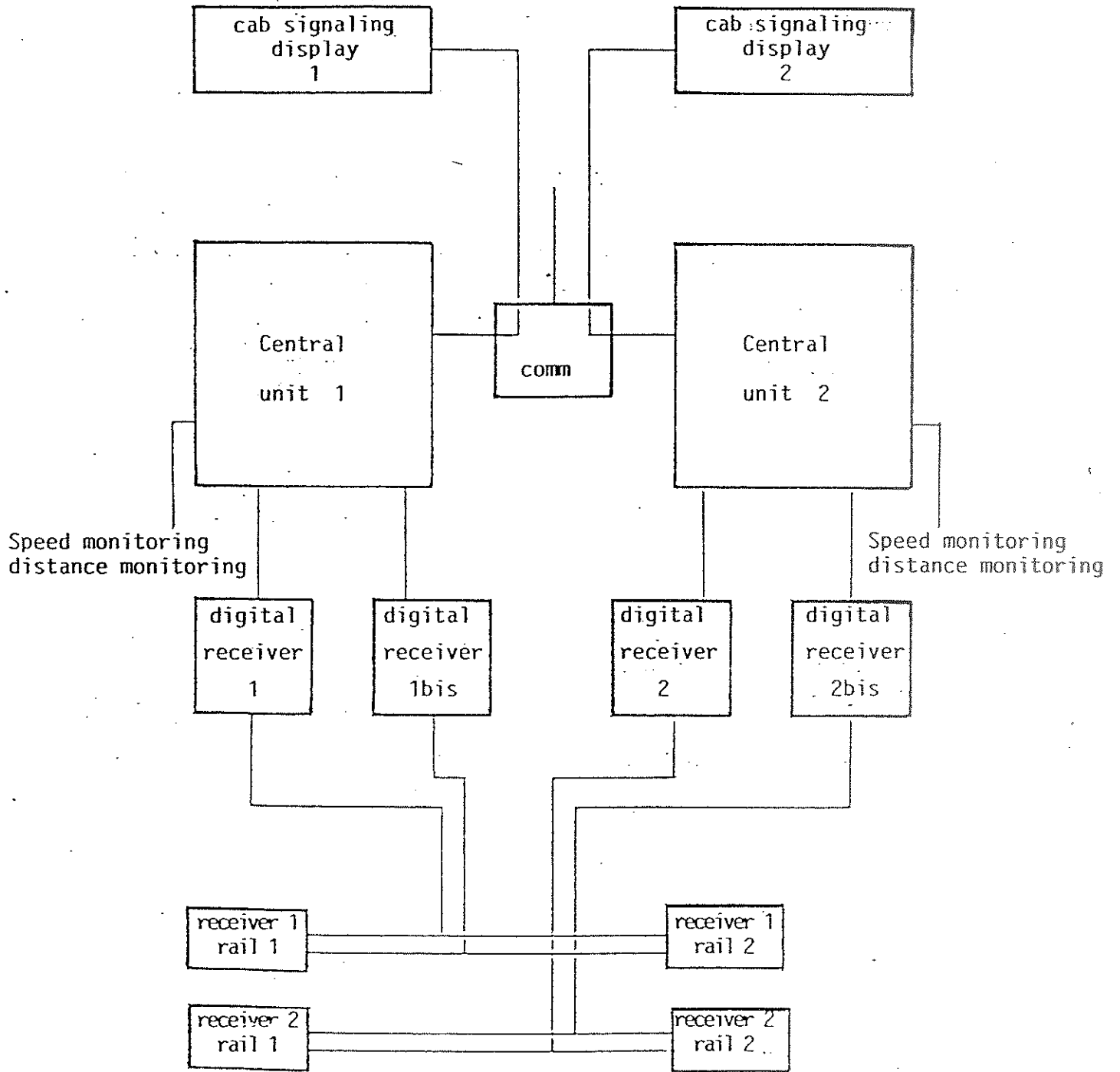
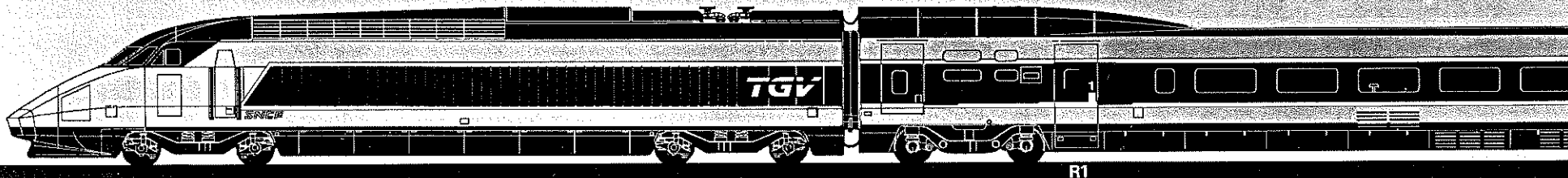
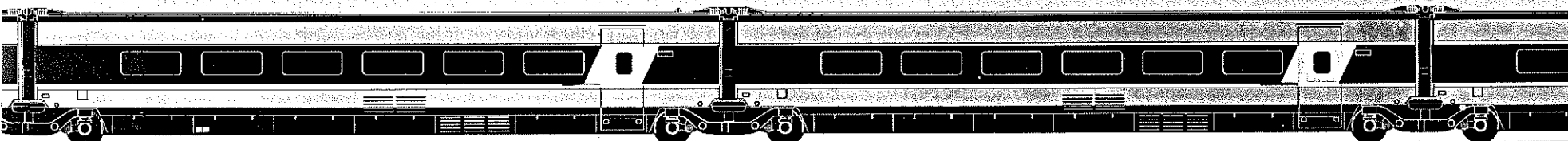


FIGURE 9



R1



R6

R7

In 1981, the TGV Southeast represented the most advanced technological phase then known and proven. Today, with the TGV Atlantic, SNCF has taken a true technological leap.

TRACTION AND BRAKING

By means of synchronous self controlled motors, the TGV A benefits from a gain in power of nearly 40% compared with the TGV Southeast. This power is perfectly controlled by a new braking system provided with an automatic control avoiding axle locking.

SUSPENSION

The pneumatic suspension which provides for travel at 300 km/h as comfortably as in a Corail train at 160 km/h. The TGV Southeast is in fact being progressively equipped with it.

COMPUTERIZATION

While increasing the safety and availability of the train sets, a network of microcomputers distributed throughout the train provides real time information to the driver, the on board team and to the ground control center with all the information necessary for perfect operation.

TGV atlantique



TRACTION UNIT 1

R1
1st class
VIDEO
SALOON
no-smoking



1st class
COACH
Handicapped WC
no-smoking

R2
1st class
6 CLUB PLACES
no-smoking



TELEPHONE
BOOTH

300 km/h
485 seats
10 carriages
Total length of train set 237.60 m

- Continuous power of the train set with 25,000 volt current: 8,800 kw (12,000 HP)

- Four motor bogies

- Self controlled synchronous motors providing for implementation of safety electrical braking even in the absence of line voltage.

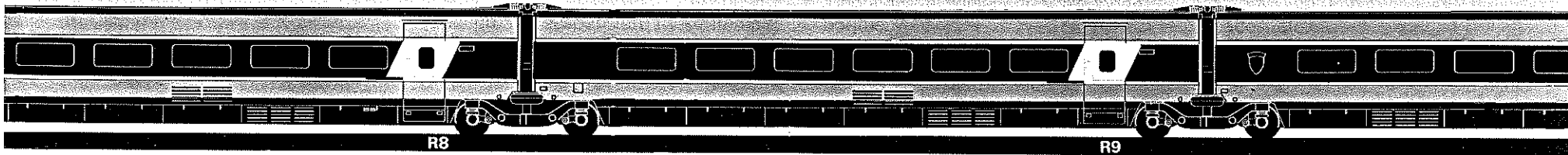
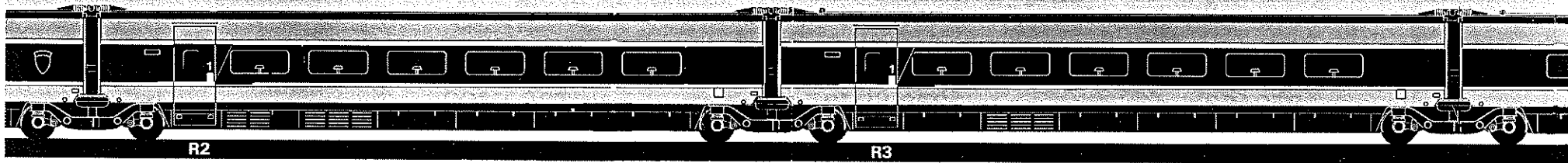
- Optimum primary suspension obtained by a metal spring system which eliminates any vertical rigidity.

- Secondary pneumatic type SR10 suspension, the secrets of which are a new design in shock absorber systems, associated with the use of a variable flexibility diaphragm.

- Network of microcomputers providing for immediate transmission of information between the ground control center (PAR) and the onboard computer system of the TGV.

- Automation of virtually all of the checking operations before the start.

- Permanent monitoring of the train's vital functions for increased safety.



All these innovations improve not only the performance of the TGV Atlantic but also its comfort.

COMFORT

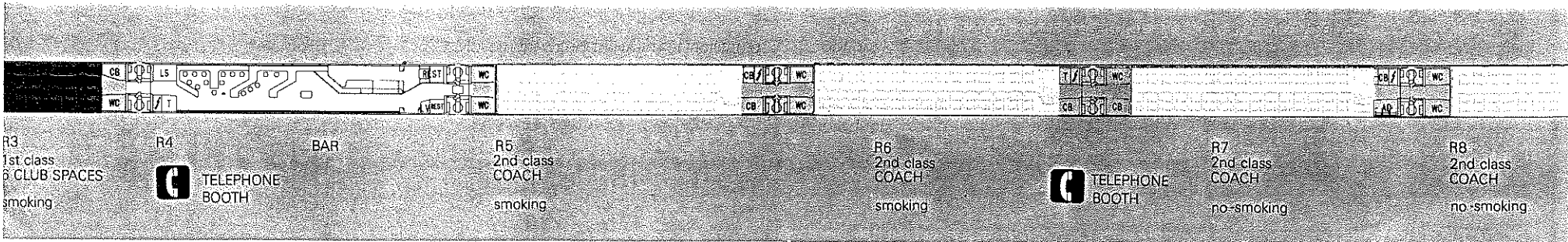
Computer aided design (CAD) has made it possible not only to increase the space offered to passengers but also provide them with anti-vibration seats. Associated with the new pneumatic suspension, these items offer an unequalled level of comfort.

SERVICES

One of the characteristics of the TGV A is to offer services capable of satisfying almost all demands: one car fully fitted out as a relaxation bar, a boutique, a nursery and telephone booths.

SPACES

The diversification of spaces inside the train set meets the desire to adapt to the different needs of customers: coach type areas, small saloons, children's spaces, family spaces, etc.



- Silent air conditioning providing for two ventilations rates depending on the outside weather conditions.

- Movement within the train set facilitated by the elimination of closure doors between the carriages.

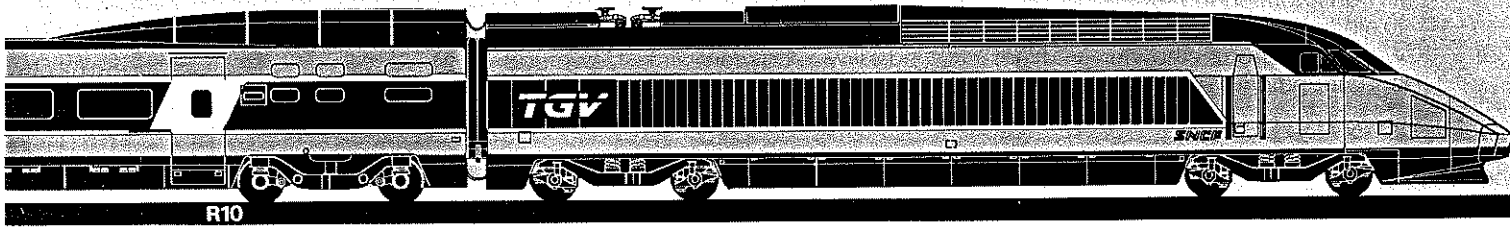
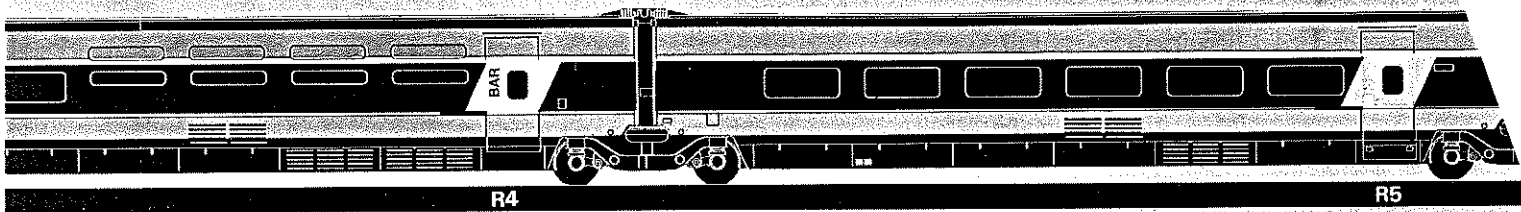
- New catering service offered by the SERV AIR group:

- meals served in seats in 1st class (several options)

- relaxation bar open over the whole distance to all passengers with new products.

- Small areas intended for families in two adjacent carriages offering four semi-compartments each with four seats, close to a nursery.

- Compartment with 17 lift up seats suitable for children.



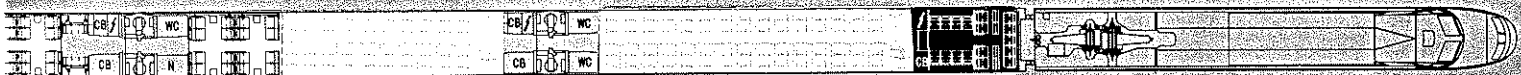
In spaces adapted to everyone's needs, a capacity of of 485 seats (116 in 1st class and 369 in 2nd) represent SNCF commercial ambition.

TOWNS SERVED

The TGV Atlantic network extends from Brest to Hendaye, a zone that groups together 25 million inhabitants. Towns served by the new line, compatible with the West and Southwest rail network, will be provided from the Montparnasse station (see map on last page).

FUTURE

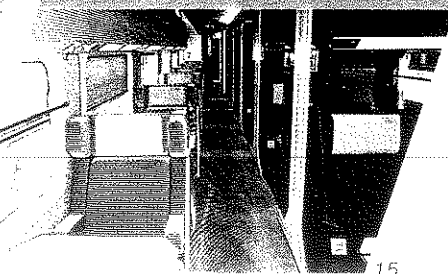
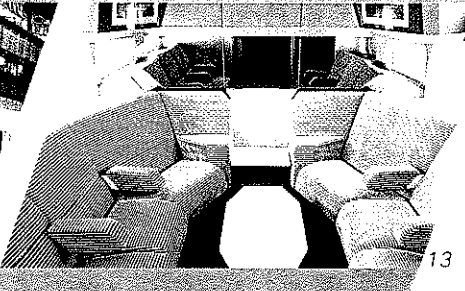
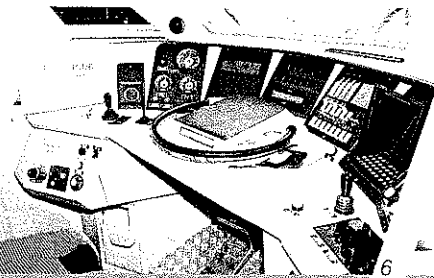
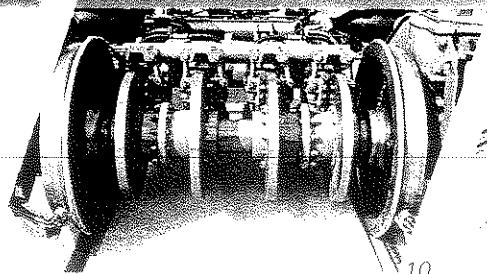
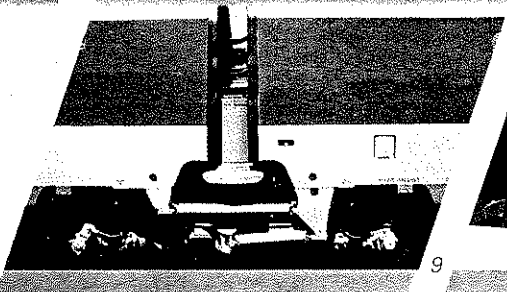
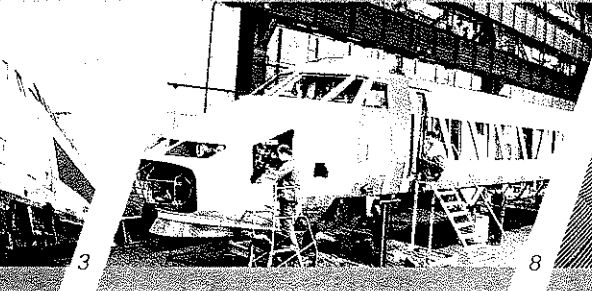
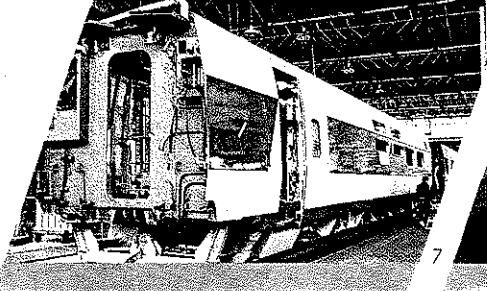
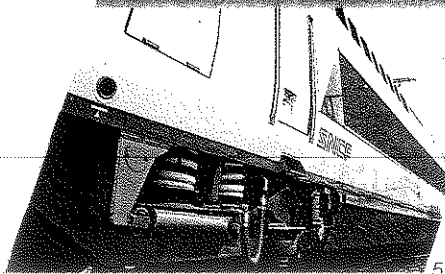
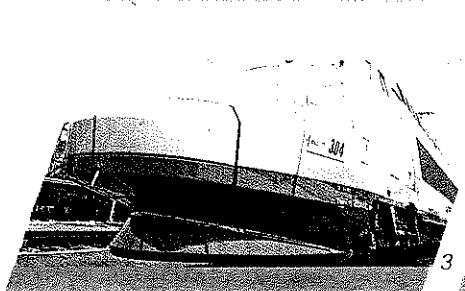
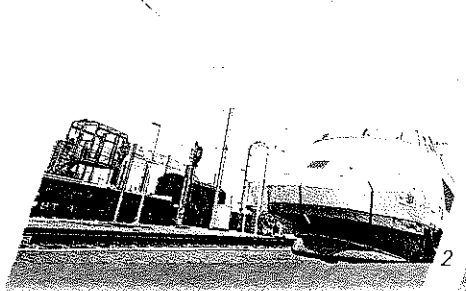
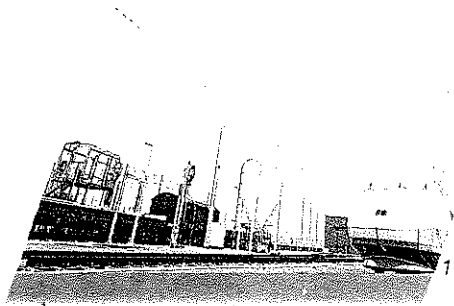
The TGV system continues to extend with the introduction in 1993 of the TGV North. The construction of a high speed interconnection line will begin in 1991. It will link the whole of the TGV networks and provide new interregional links running around Paris.



- FAMILY SPACES
no-smoking
- NURSERY
- FAMILY SPACES
no-smoking
- R9
2nd class COACH
no-smoking
- R10
2nd class COACH
no-smoking
- CHILDREN'S SPACE
no-smoking
- TRACTION UNIT-2

- 24 September 1989: bringing into service of the western branch of the TGV A: Paris - Nantes and Paris - Rennes, Brest.
- September 1990: bringing into service of the Southwest branch: Paris - Bordeaux and serving the south of Bordeaux.
- Summer 1992: service from Paris to Quimper by the TGV A.

- Winter 1993: service from Paris to La Rochelle by the TGV A.
- Summer 1991: start of the interconnection between the TGV Southeast and Atlantic networks.
- Summer 1993: bringing into service of the TGV North.
- Summer 1994: interconnection between the three TGVs (Southeast, Atlantic and North).



1. 2. 3. 4. 5
The train set passing at a speed of 100 meters/second.

6. TGV A driver's cabin

7. TGV A being built in La Rochelle

8. TGV A being built in Belfort

9. Y 237 bogie with SR10 pneumatic suspension.

10. TGV A disc brakes

11. 2nd class coach carriage

12. Bar carriage

13. 1st class carriage: video saloon

14. 1st class coach carriage

15. 1st class carriage: club space

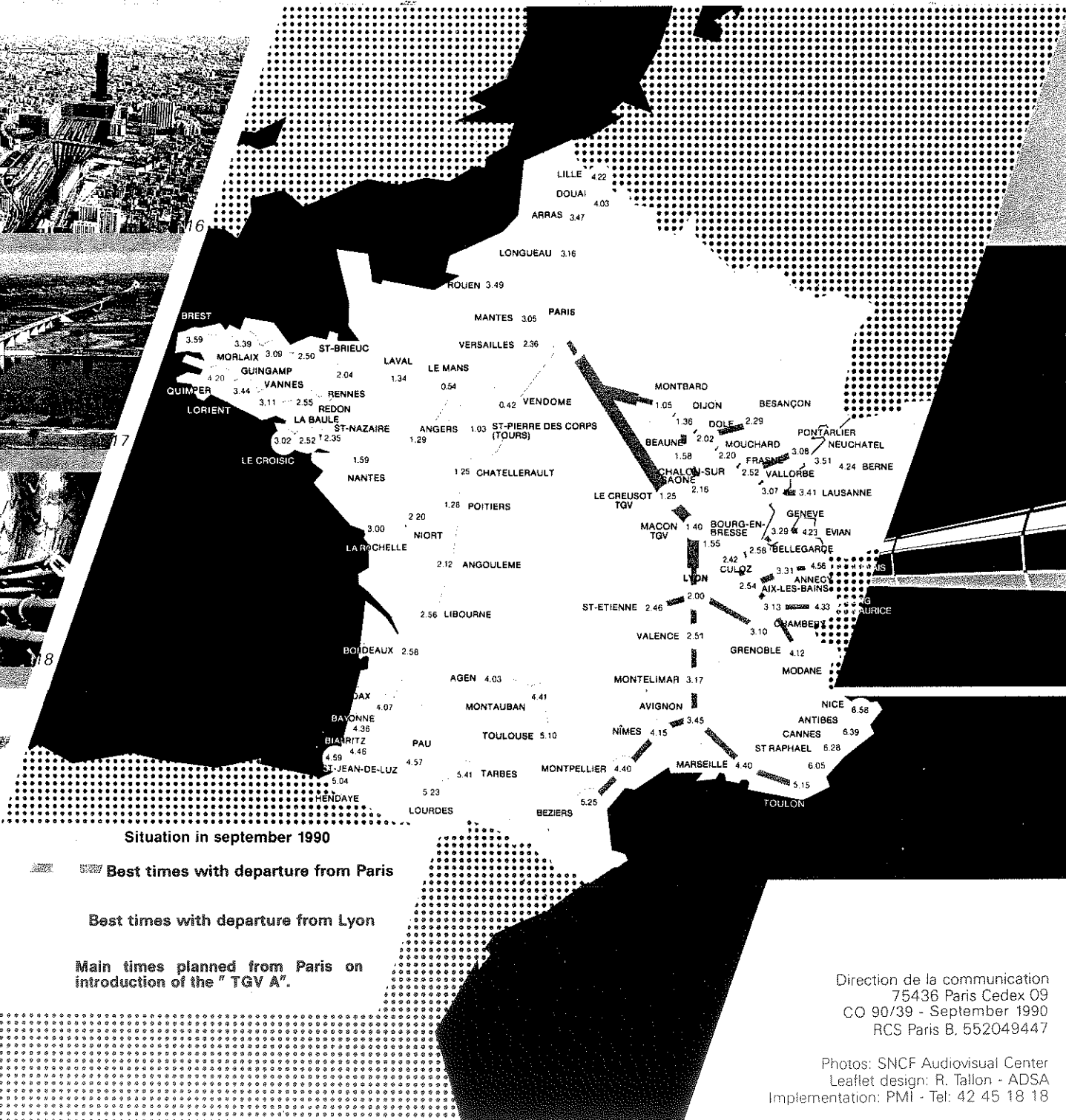
16. Aerial view of the Montparnasse station

17. Viaduct over the Loire near Tours

18. Inside view of the Villejust tunnel under construction

19. Laying the TGV A track in Eure-et-Loir

20. Mock up of the future Vendôme station.



Direction de la communication
 75436 Paris Cedex 09
 CO 90/39 - September 1990
 RCS Paris B. 552049447

Photos: SNCF Audiovisual Center
 Leaflet design: R. Tailon - ADSA
 Implementation: PMI - Tel: 42 45 18 18

A black and white photograph of a train car, possibly a passenger or freight car, with the SNCF logo prominently displayed on its side. The background shows a blurred landscape, suggesting the train is in motion.

SNCF

A black and white photograph of a train car, likely a high-speed train, with the TGV atlantique logo on its side. The background is dark and indistinct.

TGV *atlantique*

Le nouvel âge du rail

Le TGV représente une conception entièrement nouvelle des transports qui, érigée en système, offre à la collectivité des avantages socio-économiques évidents en plus d'une excellente rentabilité.

Les liaisons ferroviaires à grande vitesse facilitent les déplacements par la desserte de centre-ville à centre-ville, garantissent une sécurité accrue aux voyageurs et participent au renouveau du rail dans le monde.

En outre, elles limitent au maximum les atteintes à l'environnement et permettent des économies d'énergie substantielles avec l'utilisation de la traction électrique. C'est dire qu'elles représentent un enjeu important en termes d'activité industrielle, d'emploi, de technologie et d'exportation.

Un produit évolutif

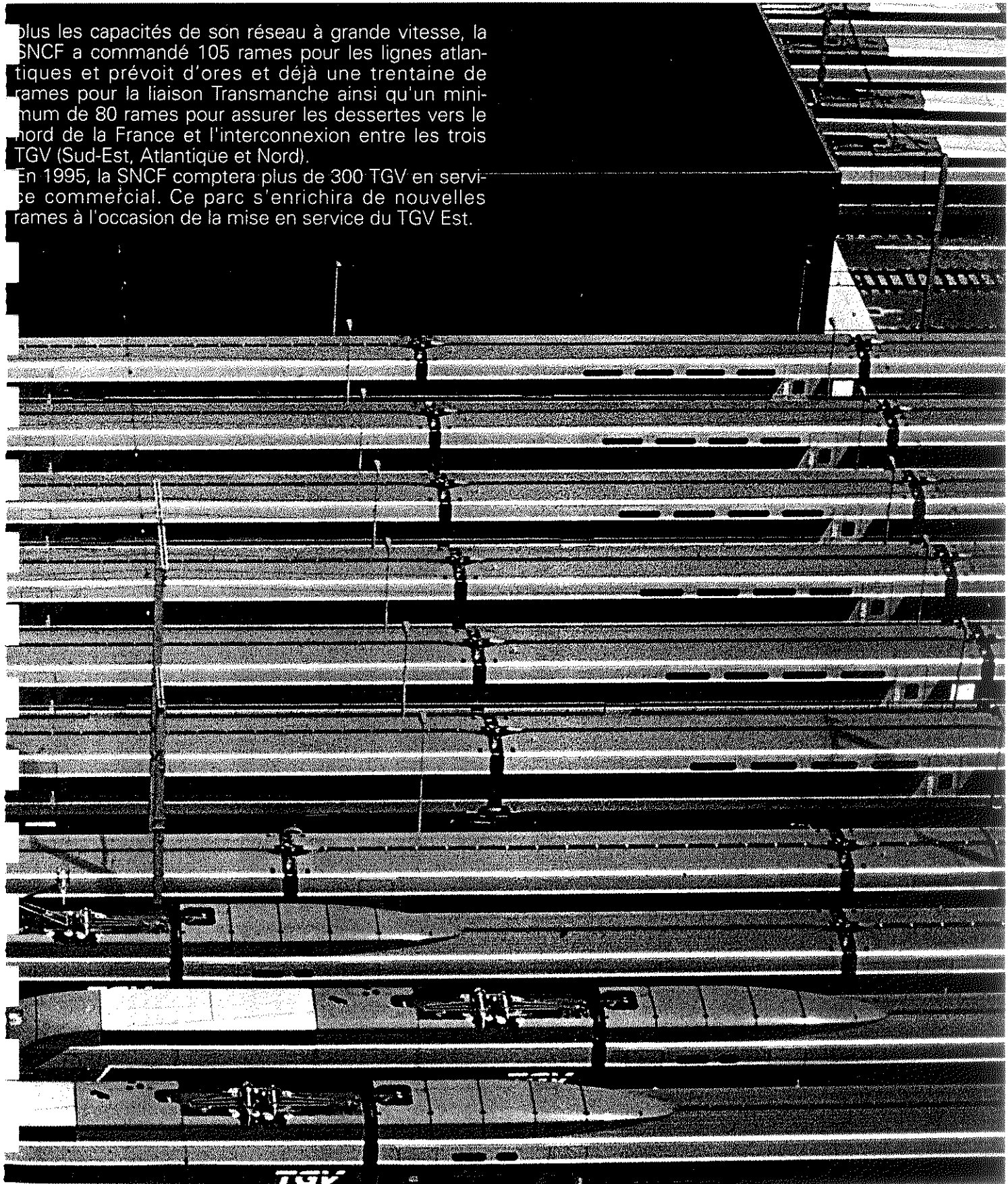
Depuis septembre 1981, la desserte du TGV Sud-Est s'est progressivement étoffée vers le midi de la France, la Suisse et le Nord avec les trajets directs Lille-Lyon et Rouen-Lyon. Plus de cent rames assurent ce trafic, chaque création de desserte ou augmentation des rotations s'étant traduite par une fréquentation accrue.

Dans le même temps, la SNCF a poursuivi son effort de recherche, en liaison avec les constructeurs, pour la mise au point d'un matériel de deuxième génération : le TGV Atlantique. Le TGV Sud-Est n'en continue pas moins d'évoluer, bénéficiant de certaines des innovations du TGV Atlantique. Développant toujours



Plus les capacités de son réseau à grande vitesse, la SNCF a commandé 105 rames pour les lignes atlantiques et prévoit d'ores et déjà une trentaine de rames pour la liaison Transmanche ainsi qu'un minimum de 80 rames pour assurer les dessertes vers le nord de la France et l'interconnexion entre les trois TGV (Sud-Est, Atlantique et Nord).

En 1995, la SNCF comptera plus de 300 TGV en service commercial. Ce parc s'enrichira de nouvelles rames à l'occasion de la mise en service du TGV Est.

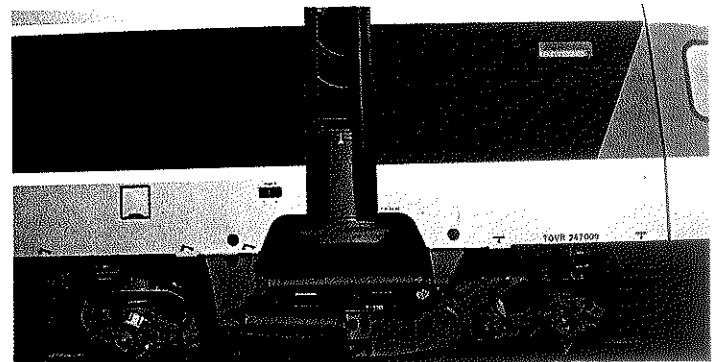
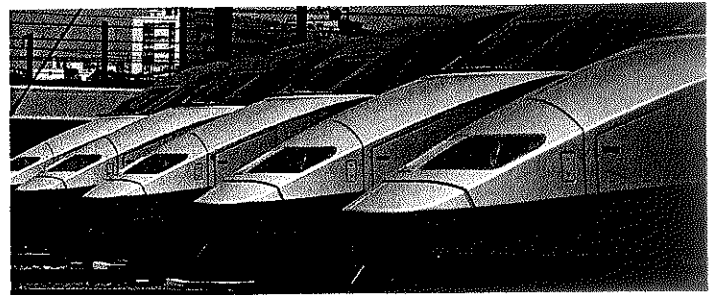
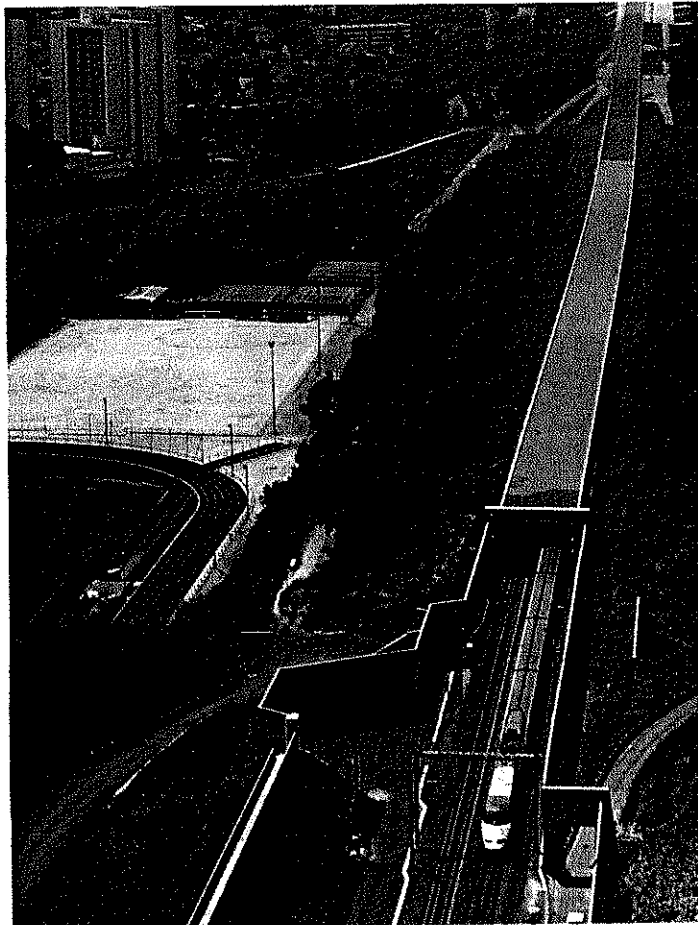
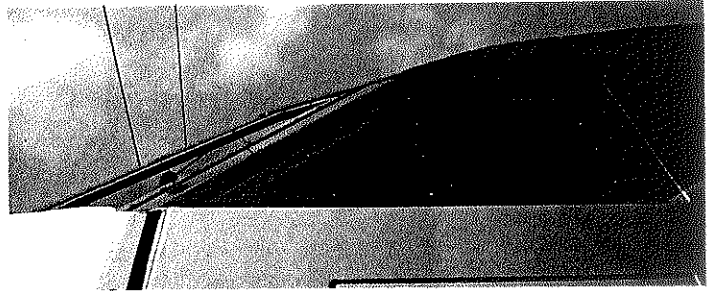


TGV

Un système cohérent

Les TGV Sud-Est et Atlantique sont le résultat de vingt ans de recherche et de réflexion des services de la SNCF en collaboration avec les constructeurs de matériel ferroviaire. Consciente qu'il fallait accroître la rapidité pour satisfaire les voyageurs et concurrencer efficacement les autres modes de transport, la SNCF a développé depuis les années soixante-dix un projet de réseau ferré à grande vitesse. Sa création était la réponse indispensable et originale à une saturation prévisible des lignes classiques.

Pour mieux répondre aux attentes de la clientèle, le TGV a été pensé dès le départ comme un système complet : des lignes nouvelles compatibles avec le réseau existant, un train puissant d'une conception révolutionnaire, fiable et capable d'accueillir de nombreux voyageurs, une politique à long terme permettant le développement régulier d'un réseau TGV français et son extension vers l'Europe. Le TGV Sud-Est fut le premier élément de ce dispositif et il a prouvé, par son succès commercial et sa rentabilité,



La ligne nouvelle à grande vitesse

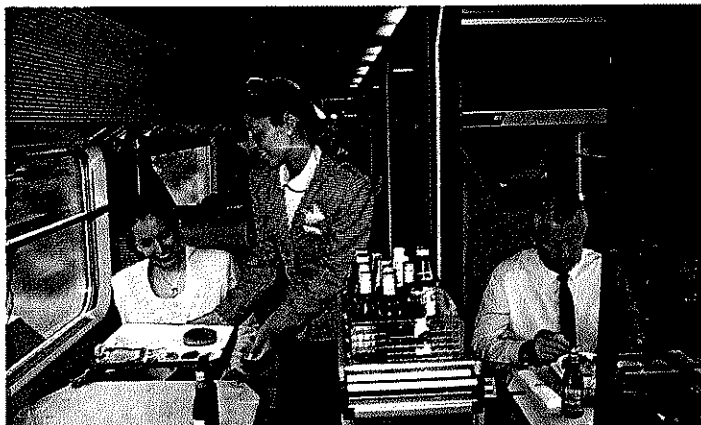
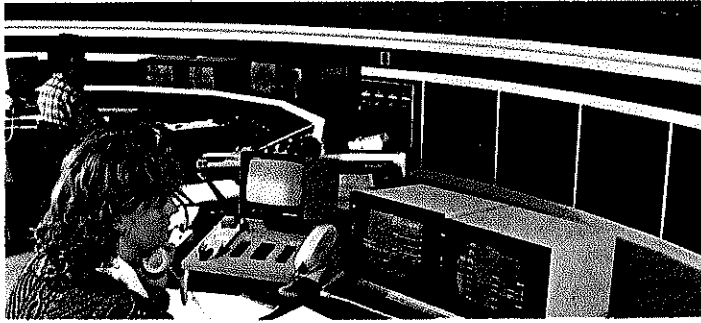
- spécialisation au trafic voyageurs à grande vitesse et dessertes à fréquences élevées ;
- sécurité renforcée par l'absence de passages à niveau ;
- signalisation de la voie reportée en cabine ;
- réduction du nombre d'ouvrages d'art grâce aux performances du matériel.

Le matériel à grande vitesse

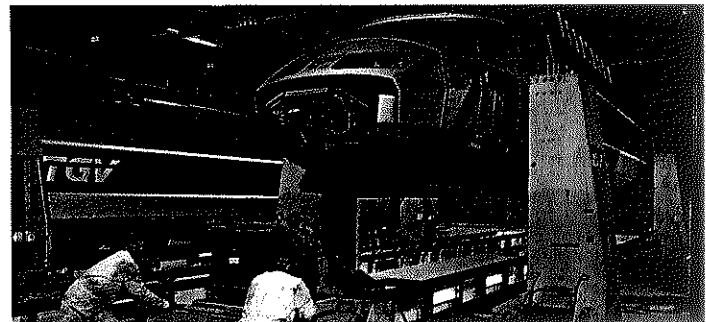
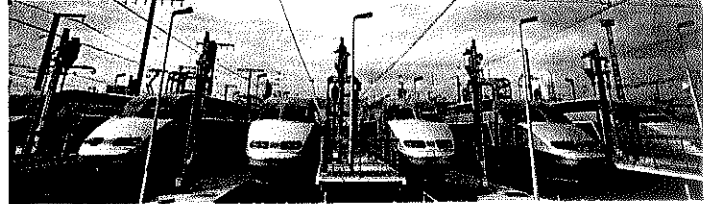
- rames automotrices articulées ;
- puissance et aérodynamisme renforcés permettant de gravir des pentes à forte déclivité ;
- circulation du TGV sur toutes les lignes existantes grâce à son gabarit standard.

que la SNCF s'était engagée sur la bonne voie.

La mise en service du TGV Atlantique est la deuxième étape du plan de développement et de réorganisation du réseau ferré français entrepris par la SNCF avec le TGV Sud-Est. La desserte du TGV Atlantique s'étend à l'Ouest et au Sud-Ouest, avec une vitesse encore améliorée. Une ligne d'interconnexion des TGV entre eux, prévue en Ile-de-France, permettra par la suite des trajets directs de province à province en contournant Paris.



Cette interconnexion et la construction du TGV Nord constitueront la troisième phase du développement du système TGV en France. Grâce à l'action conjointe de la SNCF et d'autres compagnies ferroviaires, le TGV est appelé à se prolonger vers l'Europe et à s'adapter, pour mieux répondre aux demandes des voyageurs, notamment en offrant un service de nuit sur des trajets internationaux.



L'exploitation de la grande vitesse

- centralisation de la gestion du trafic ;
- ajustement permanent de l'offre de transport à la demande ;
- services à bord personnalisés et diversifiés.

La maintenance de haute efficacité

- installations nouvelles, autonomes, et spécialisées TGV ;
- équipements d'entretien "sur mesure" et très automatisés (télémaintenance) ;
- vérifications/essais/contrôles, assurés à hautes fréquences (télédiagnostics).

Une nouvelle ligne à grande vitesse

Pour supporter des vitesses élevées, la voie TGV doit répondre à des exigences spécifiques :

- ballast plus épais ;
- fixation renforcée du rail sur les traverses ;
- contrôle rigoureux de l'alignement et du parallélisme du rail.

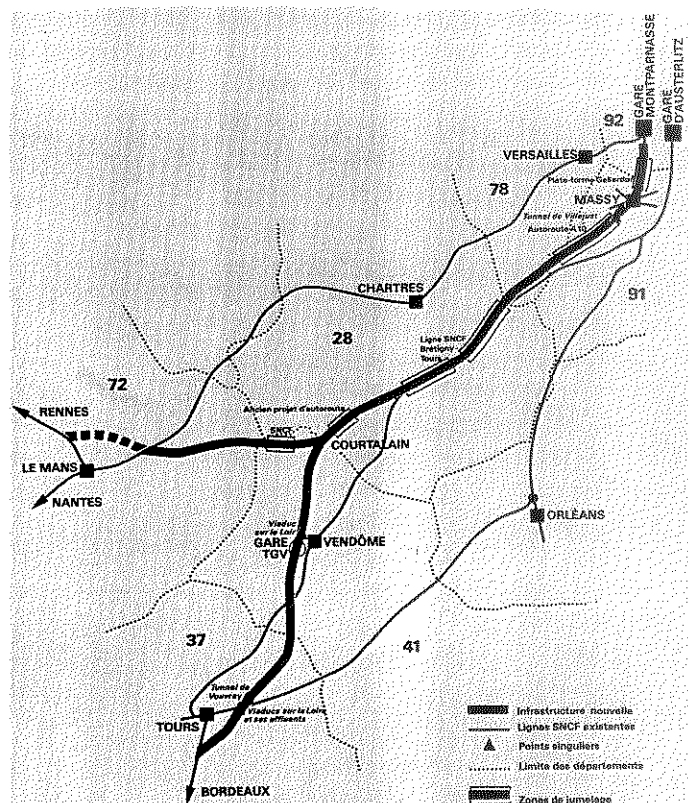
Le tracé : l'Y optimal

Il résulte de deux objectifs :

- il doit être le plus court et le plus économique possible, tout en ayant deux directions distinctes ;
- il doit se raccorder au réseau traditionnel à chacune des trois extrémités pour desservir le plus grand nombre de villes.

En forme de Y, ce tracé long de 280 km comprend trois parties :

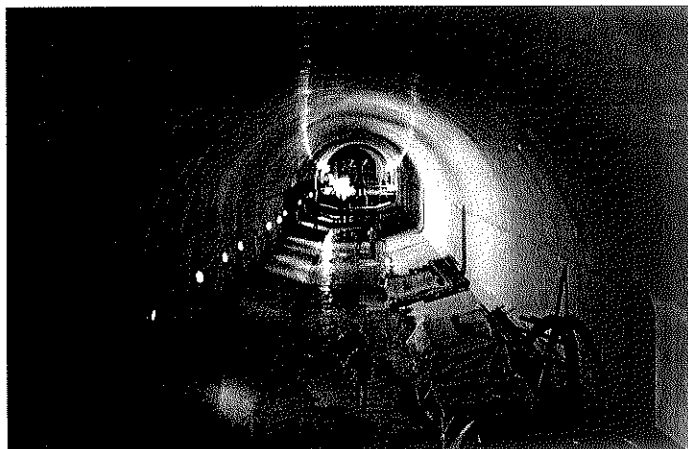
- 1/ un tronc commun de 124 km entre Fontenay-aux-Roses et Courtalain ;
- 2/ une branche Ouest de 52 km reliant Courtalain à Conneré (où le TGV rejoint la ligne classique Paris-Le Mans) ;
- 3/ une branche Sud-Ouest de 87 km, de Courtalain à Saint-Pierres-des-Corps, prolongée par 17 km de ligne nouvelle contournant Tours.



La ligne est jumelée à des emprises appartenant à la SNCF ou à l'Etat sur 80% de sa longueur entre Paris-Montparnasse et Courtalain.

Les travaux

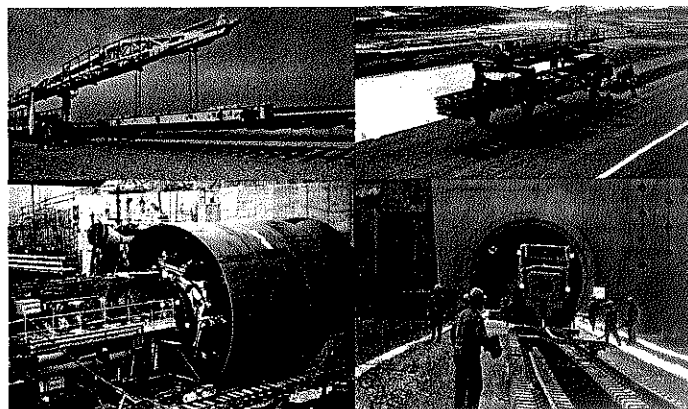
Entrepris le 15 janvier 1985, ils ont été réalisés dans les délais prévus. En cinq années, des entreprises spécialisées auront creusé plus de 20 km de souterrains, construit 559 ouvrages d'art et posé 569 km de voie et d'équipements ferroviaires (ballast, signalisation électrique et installations de sécurité). Notamment, un poste d'aiguillage et de régulation (PAR) a été aménagé à Paris-Montparnasse : il contrôle le trafic, assure la régularité et la sécurité des circulations sur la totalité de la ligne à grande vitesse.

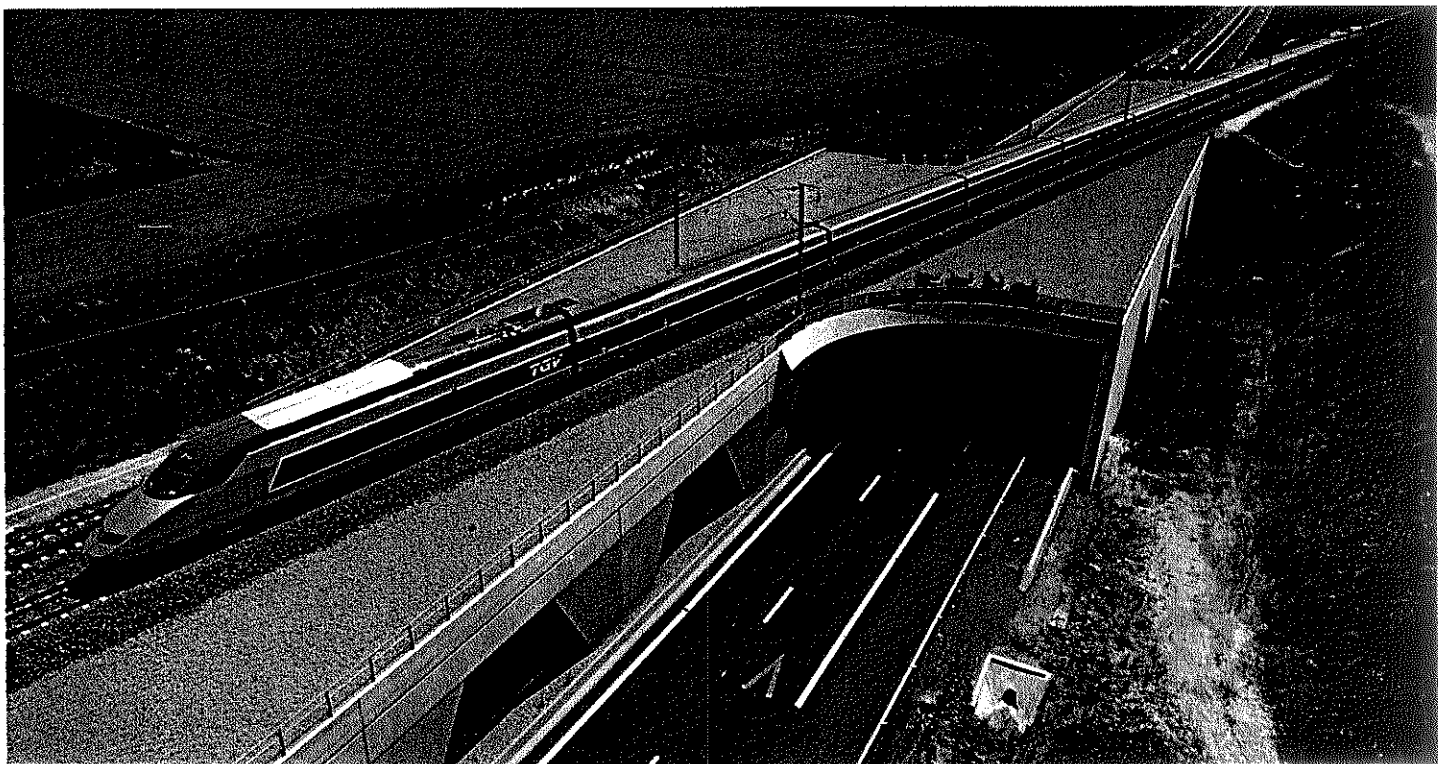


L'environnement

Le respect de l'environnement a été pris en compte à chacune des étapes de la construction de cette ligne. Elle évite les massifs forestiers et longe les autoroutes et voies ferrées existantes. Afin de protéger les zones d'habitation exposées, la voie passe en souterrain ou derrière des écrans phoniques.

Tout au long de son tracé, les voies de communication préexistantes ont été rétablies, des passages à gibiers et des systèmes d'écoulement d'eau aménagés.





TGV Atlantique : la deuxième génération de matériel

Accroître la vitesse peut paraître simple : il suffit d'augmenter la puissance de traction.

En fait, s'il est techniquement possible de faire une locomotive assez puissante pour tirer dix voitures à 300 km/h, un train classique ne peut atteindre cette vitesse commerciale pour des raisons de stabilité sur la voie. Le TGV, pensé d'une façon entièrement nouvelle, est un ensemble intégré regroupant motrices et remorques dans un même bloc articulé. De plus, la suspension, la stabilité, le confort et le freinage répondent aux exigences de la grande vitesse. Comme le TGV Sud-Est, le TGV Atlantique est conçu selon ces principes directeurs. Il bénéficie en plus de l'expérience de sept années de service commercial et des progrès technologiques accomplis par les constructeurs ferroviaires. Les innovations du TGV Atlantique font de ces nouvelles rames une deuxième génération de matériel à grande vitesse.

Plus légers et plus puissants : les moteurs synchrones autopilotés

Avec ces nouveaux moteurs de traction électrique, la SNCF réalise un véritable saut technologique ; le nombre de moteurs est moins important (8 au lieu de 12 sur le TGV Sud-Est), tandis que les performances augmentent. La vitesse maximale en service commercial atteint les 300 km/h pour une rame de plus grande capacité (485 places).

Le freinage haute sécurité : un double système

L'expérience du TGV Sud-Est a prouvé l'excellence de ses dispositifs de freinage. Afin de tenir compte de l'augmentation de la vitesse, ceux-ci ont fait l'objet de nombreux perfectionnements sur les rames du TGV Atlantique. Le freinage électrique rhéostatique développe les trois quarts de la puissance totale de freinage. De nouveaux disques de freinage d'une puissance supérieure de 70 % à ceux de la première génération ont été mis au point. De plus, ils sont munis d'un automatisme évitant le blocage des essieux.

Le confort à 300 km/h : une nouvelle suspension

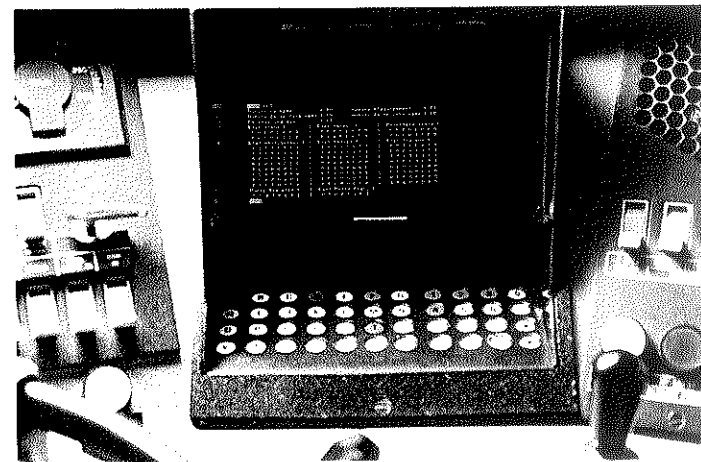
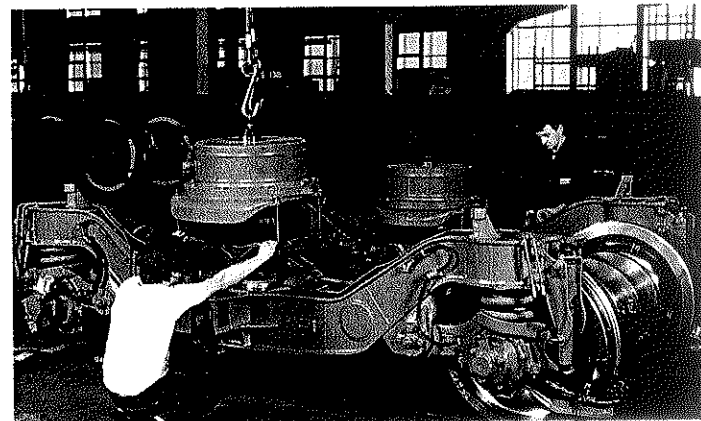
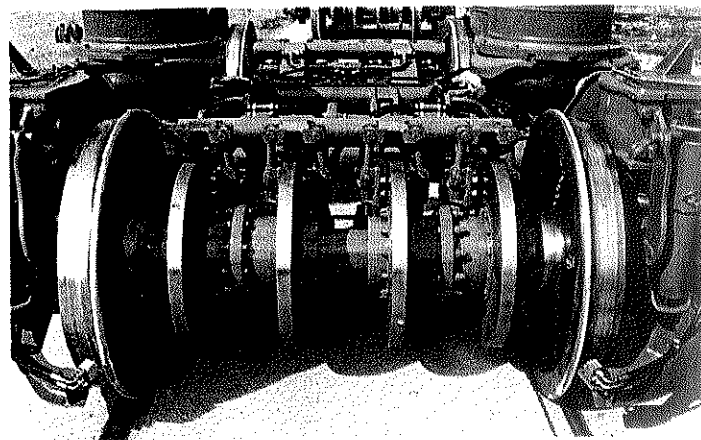
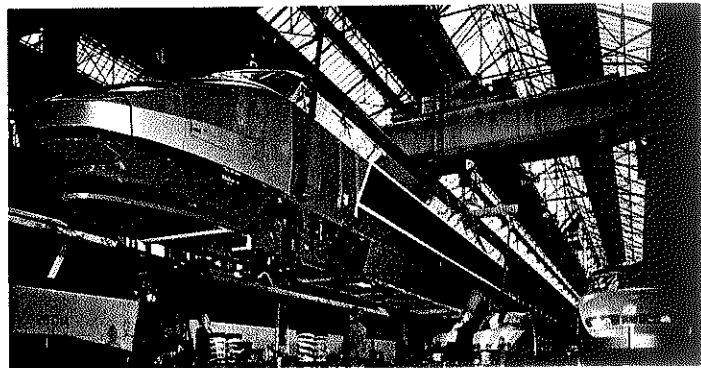
Grâce à la suspension pneumatique SR 10 associée à l'utilisation d'une membrane à flexibilité variable, le TGV Atlantique assure aux voyageurs, à 300 km/h, un confort plus grand que jamais. Cette suspension absorbe parfaitement les vibrations et confère au train une très grande stabilité à vitesse élevée.

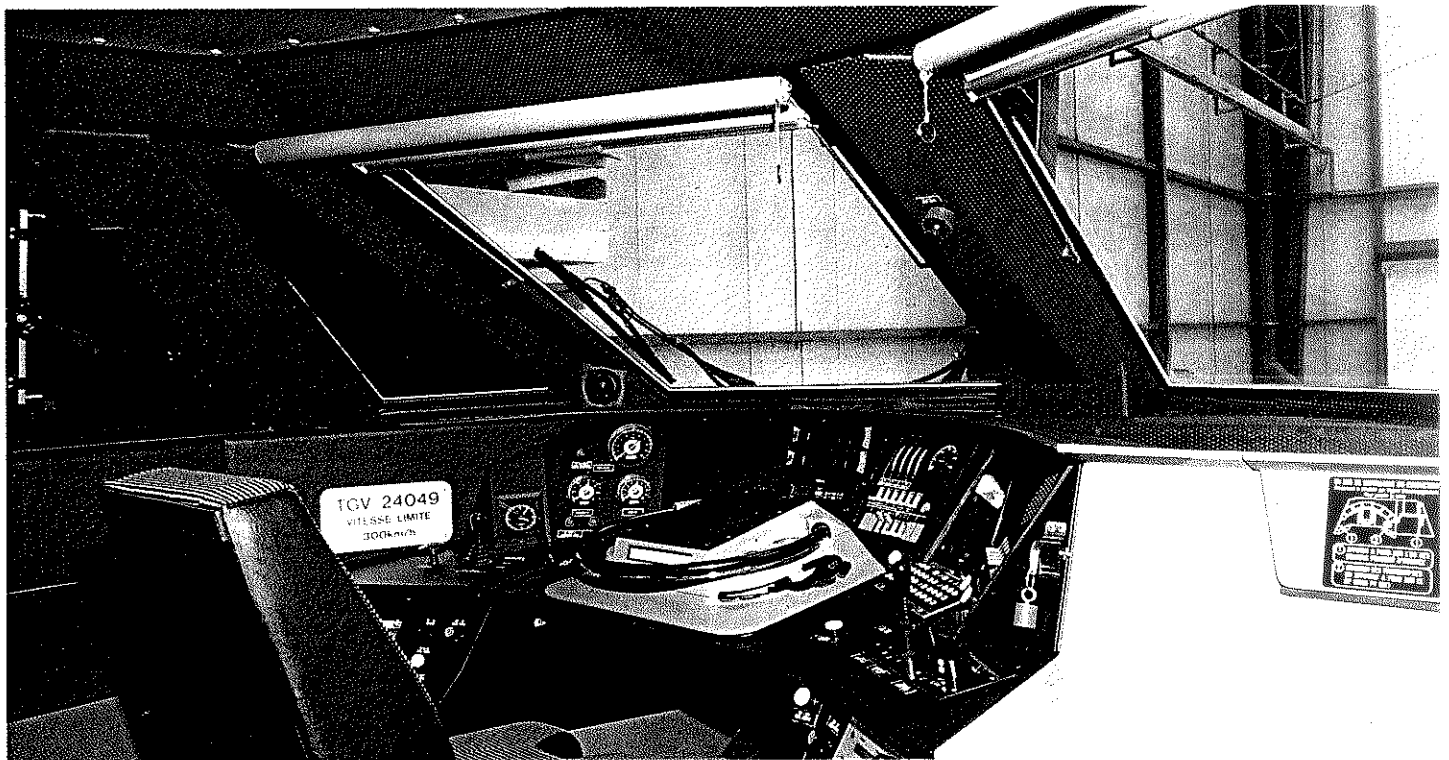
L'informatique à bord : un train intelligent

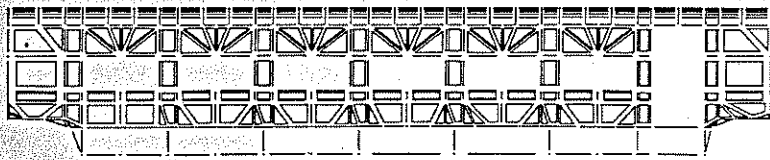
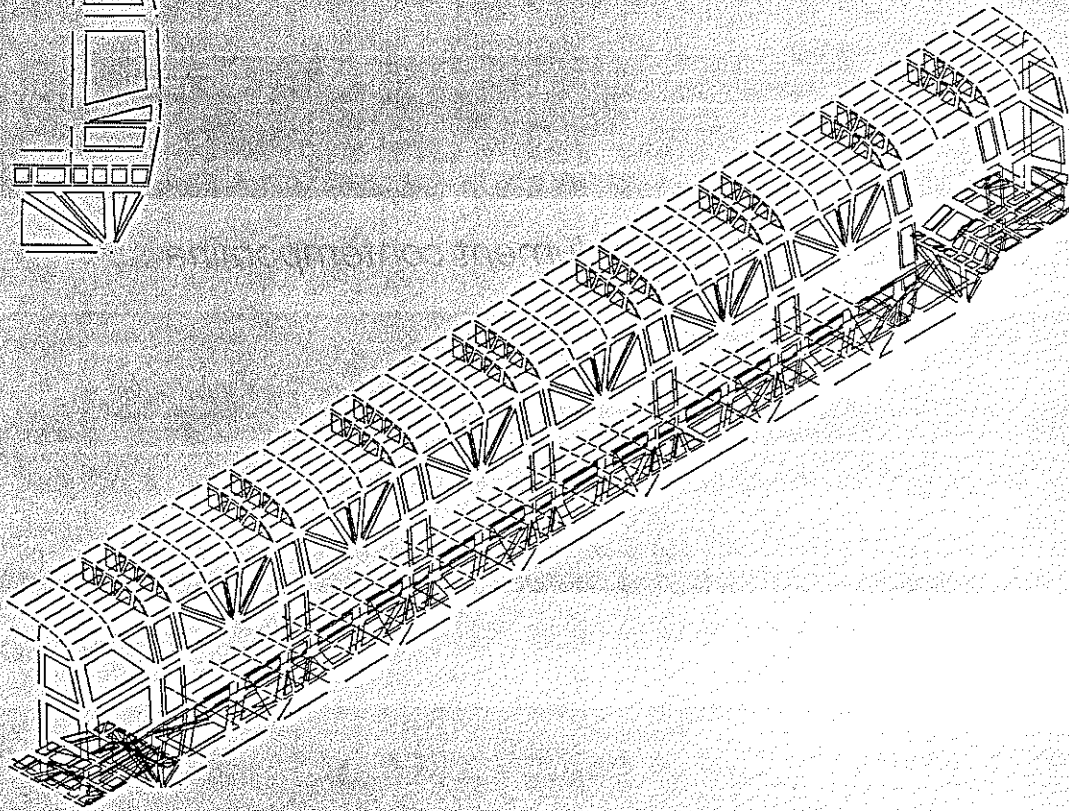
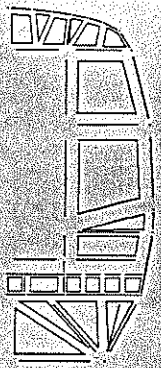
Des ordinateurs répartis dans toute la rame établissent un circuit exceptionnel d'informations entre le TGV, son conducteur, son personnel d'accompagnement et les installations au sol.

Ce système unique au monde :

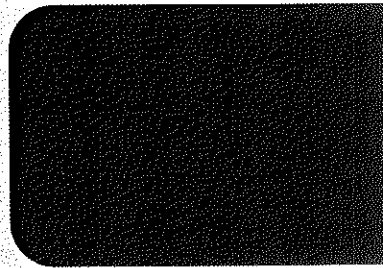
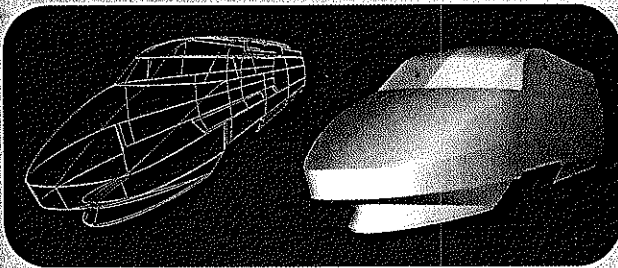
- renforce la sécurité en testant avant le départ les organes vitaux du TGV et en surveillant constamment leur bon fonctionnement durant les trajets ;
- allège la maintenance en détectant et mémorisant les défauts de fonctionnement pour informer les postes de maintenance au sol quant aux interventions à prévoir (les coûts d'entretien en sont réduits de 20 %) ;
- améliore le confort des voyageurs en apportant au personnel d'accompagnement les renseignements indispensables au bien-être des passagers (informations pratiques, destinations, verrouillage des portes, climatisation...).



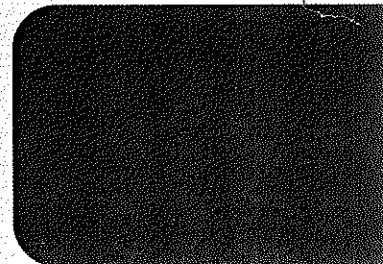
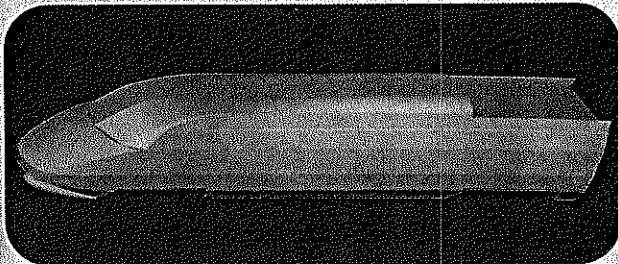




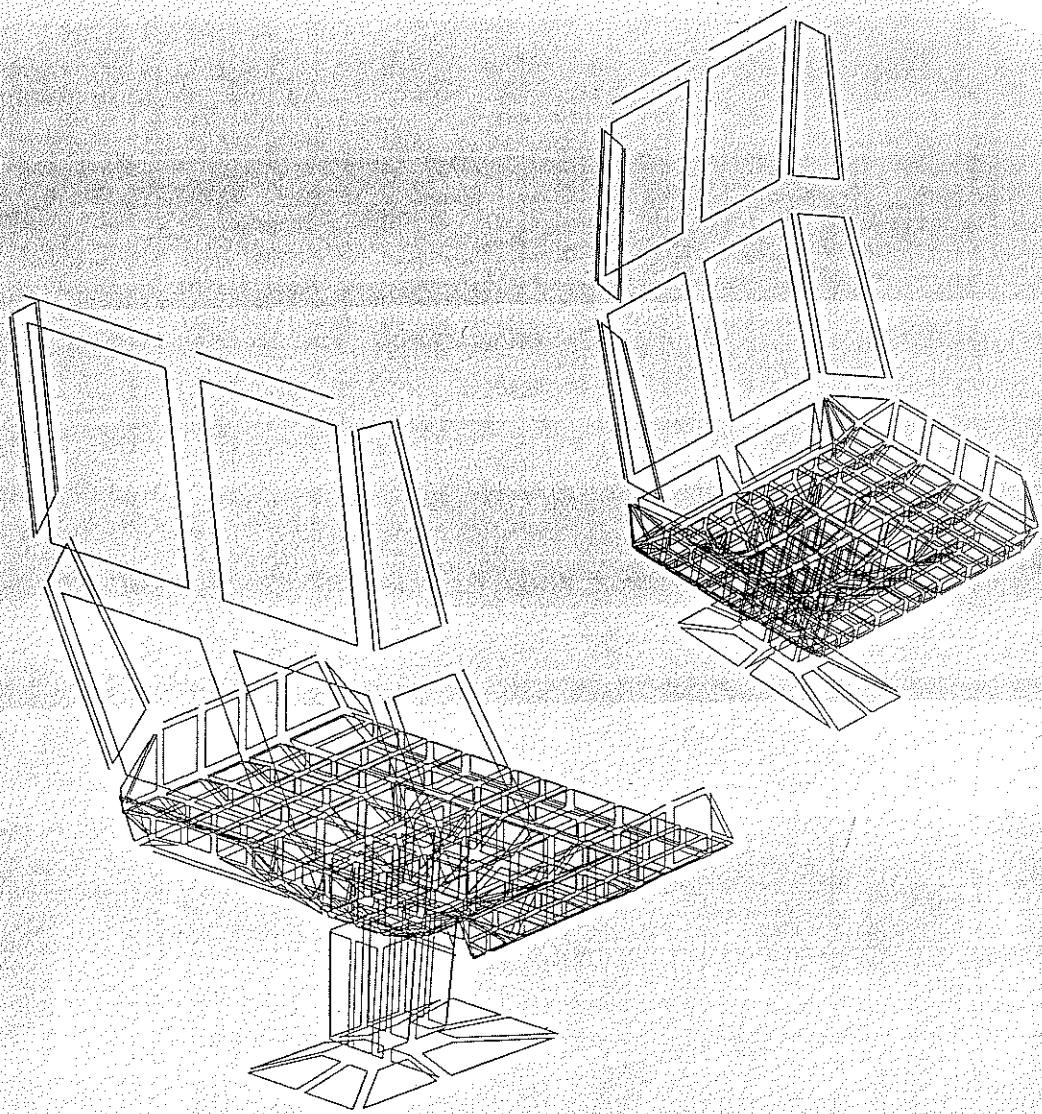
Calcul des structures de voitures



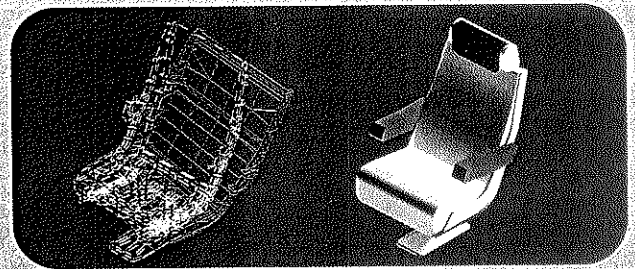
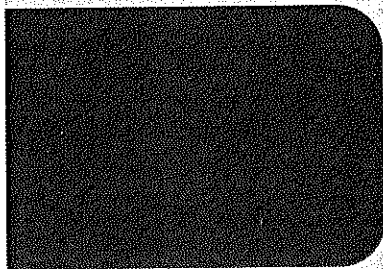
Visualisation du remodelage de la motrice



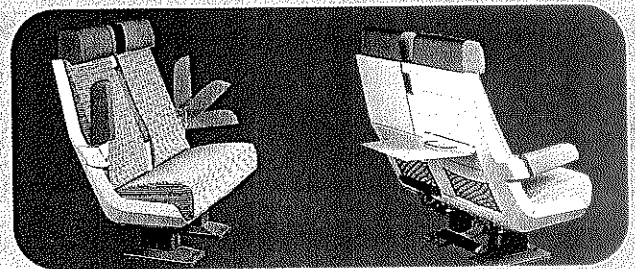
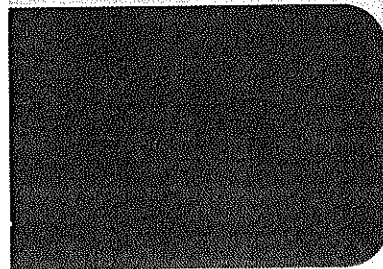
Maquette d'essai



Calcul des structures de sièges



Représentation infographique des sièges



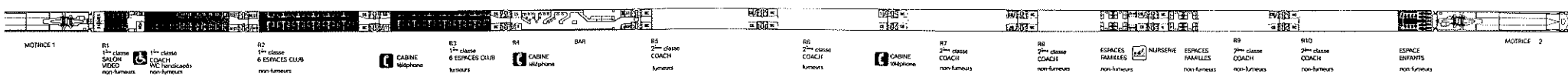
Prototypes d'essai des sièges



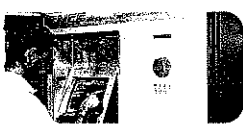
résolument contemporaine ...



... les espaces diversifiés à la mesure des besoins d'aujourd'hui...



la volonté de privilégier la qualité du service ...



Service instantané



L'accueil élégant



Les personnels de restauration très qualifiés



Le silence et le confort à 300 km/h



Le téléphone en direct



La nurserie bien équipée

... les détails qui marquent la différence ...



Niveau de haute stabilité



La voiture spéciale "for TGV"



Un véritable choix de prestations



Le retour des issues velours



Les repose-pieds repliables



Les W.C. pour "personnes à mobilité réduite"

Le voyage repensé

Le TGV est une nouvelle façon de voyager en train. Il permet d'aller plus vite, certes, mais aussi de se déplacer plus confortablement et en bénéficiant de nouveaux services à bord.

Tous assis

Au plan du confort, la première innovation du TGV est de garantir une place assise à chaque voyageur, comme c'est le cas dans les avions. A cet effet, le TGV a mis en place un système de réservation obligatoire. A la réservation classique au guichet, en agence ou par téléphone se sont ajoutés le Minitel et les distributeurs automatiques placés dans les gares desservies par TGV.

Plus de confort

Dans tout le train, les sièges, élargis, offrent plus d'espace. Conçus pour éviter les vibrations, ils renforcent la qualité du confort qu'assure la nouvelle suspension pneumatique.

A bord du TGV Atlantique, la liberté de mouvement est améliorée grâce à la suppression des portes dans les anneaux d'intercirculation. Cette innovation permet de tirer le meilleur parti des espaces diversifiés créés sur le TGV Atlantique afin de répondre aux besoins des différentes clientèles.

Des aménagements nouveaux

En plus des voitures coach ont été créées :

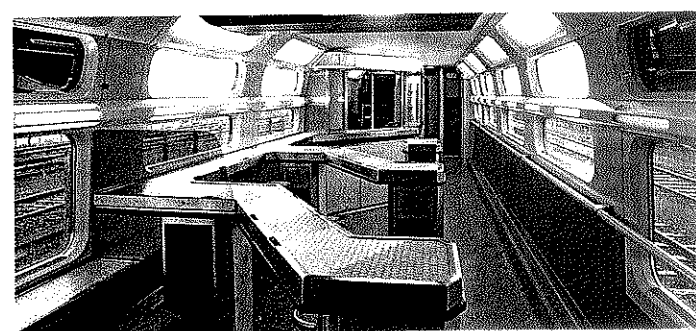
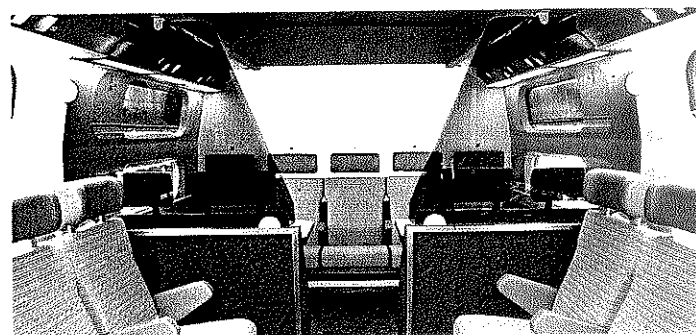
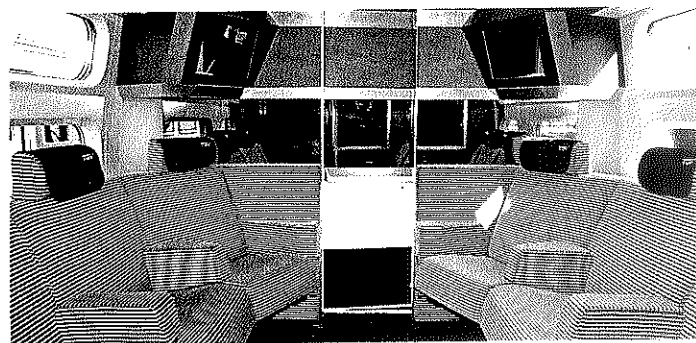
- en deuxième classe, des compartiments de quatre personnes (le Carré) principalement destinés aux voyages familiaux ;
- en première classe, des salons semi-compartmentés de quatre personnes (Club Quatre) et un salon vidéo pouvant accueillir des petits groupes ;
- un espace librement accessible à tous, y compris aux enfants (le Kiosque).

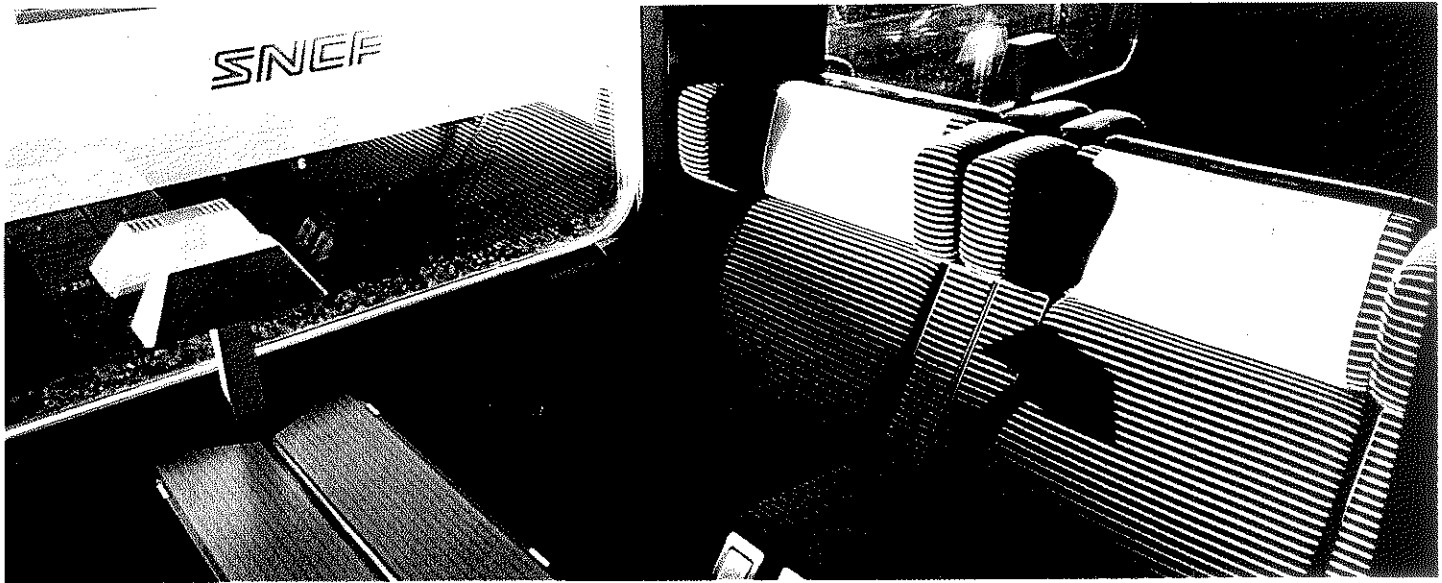
Situé entre les voitures de première et deuxième classe, le bar occupe quant à lui une voiture entière ; il reste ouvert pendant toute la durée du trajet. Les voyageurs ont le choix entre une restauration traditionnelle à la place, en première classe, et des formules simplifiées originales, au bar. Enfin, des cabines téléphoniques équipent le TGV, permettant de communiquer avec l'extérieur pendant le voyage.

Pratique et accessible à tous

Grâce à la situation des gares au centre des villes, l'accès au train se trouve facilité. Ainsi, le temps total du voyage en TGV sur des trajets de moyennes distances est tout à fait concurrentiel par rapport au même déplacement effectué en avion. Les habitants des régions desservies par le TGV Atlantique et ceux de l'Île-de-France ne sont plus qu'à quelques heures de train les uns des autres.

Cette simplicité d'usage, associée à la réduction des temps de transports, améliorera les déplacements professionnels ou de loisirs, et en suscitera certainement d'autres.





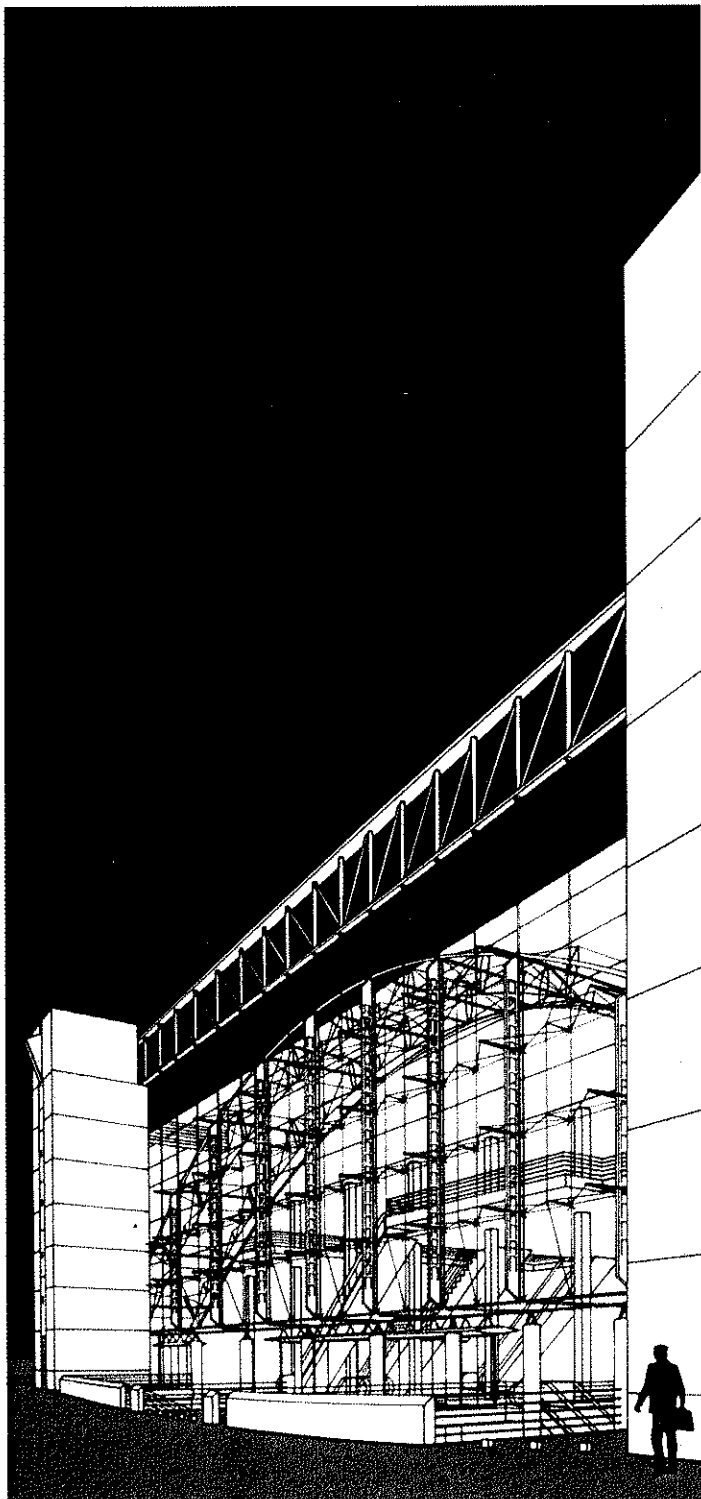
Gares et dessertes

Des gares à l'image du TGV

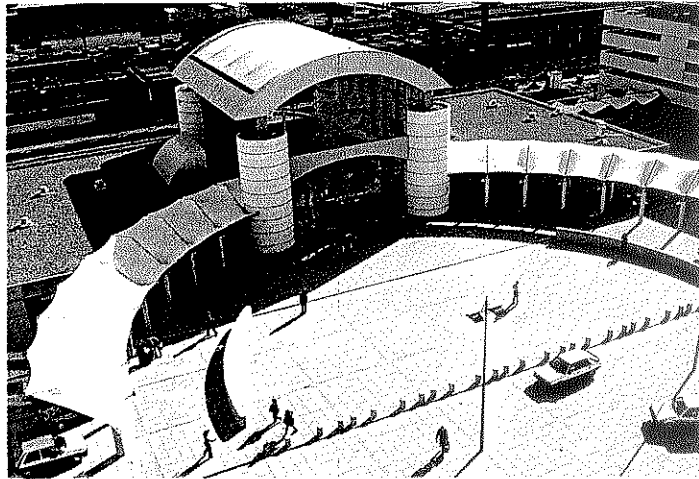
Pour exprimer la modernité du système de transport TGV, l'architecture des nouvelles gares se fait dynamique, légère, lumineuse et fonctionnelle, adoptant, au fil des régions traversées, la pierre blonde ou le granit rose. De Brest à Hendaye, en passant par Paris, 37 gares vont être ainsi créées ou transformées pour répondre à une augmentation de trafic de 25 à 30 %.

Paris-Montparnasse, qui se prépare à devenir la première gare de France, donne le ton d'un nouveau style ferroviaire. Plus vaste que la place de la Concorde (80 000 m²), elle accueillera dans un avenir proche près de 60 millions de passagers par an.

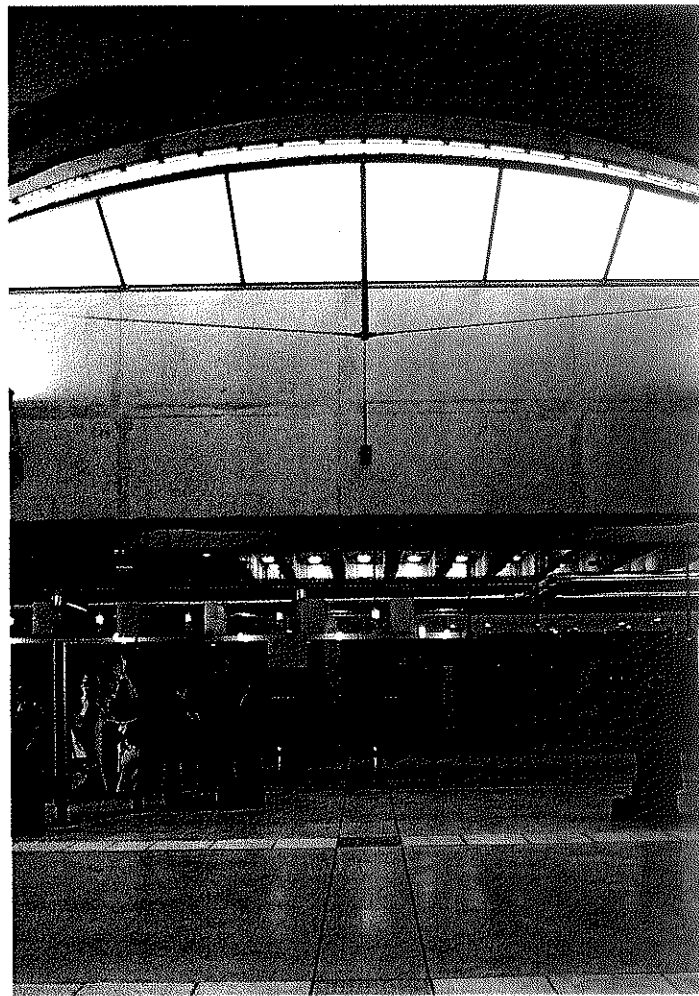
D'autres projets d'envergure accompagnent la mise en œuvre de la ligne nouvelle : la reconstruction et l'agrandissement de la gare de Rennes, la rénovation d'autres gares telles Saint-Brieuc, Tours



Gare de Paris Montparnasse (Porte Océane).



Gare de St-Pierre-des-corps.



Gare de Paris Montparnasse (Pasteur).

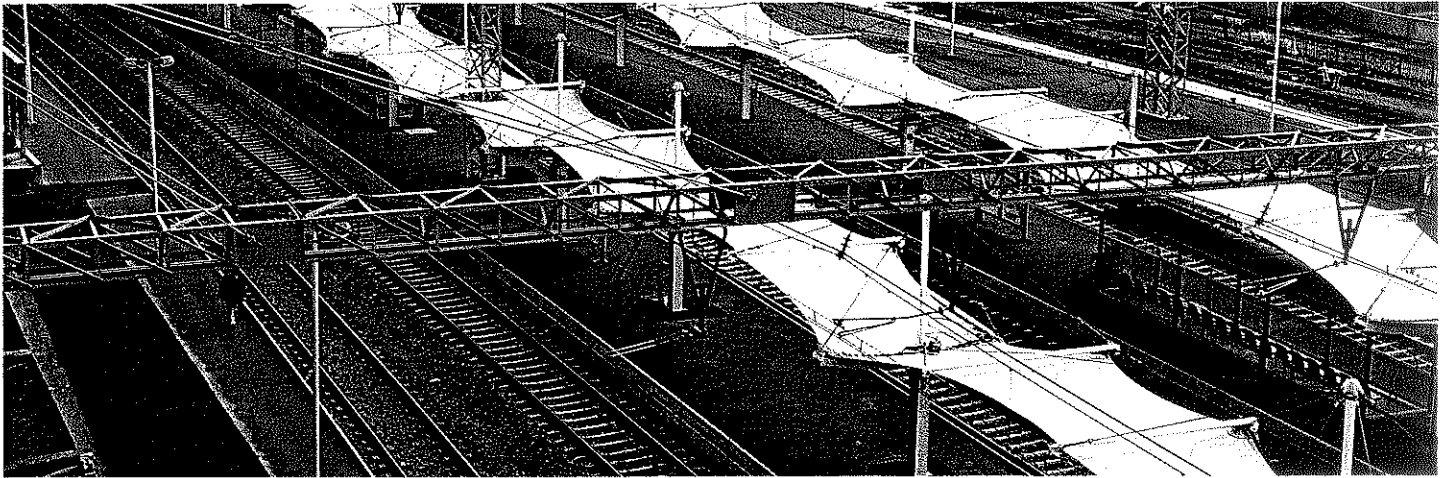
et Le Mans, ainsi que la gare nouvelle de Vendôme-Villiers. Dans chacune d'elles, les installations commerciales sont repensées et la capacité d'accueil des voyageurs est augmentée.

Une heure en moins

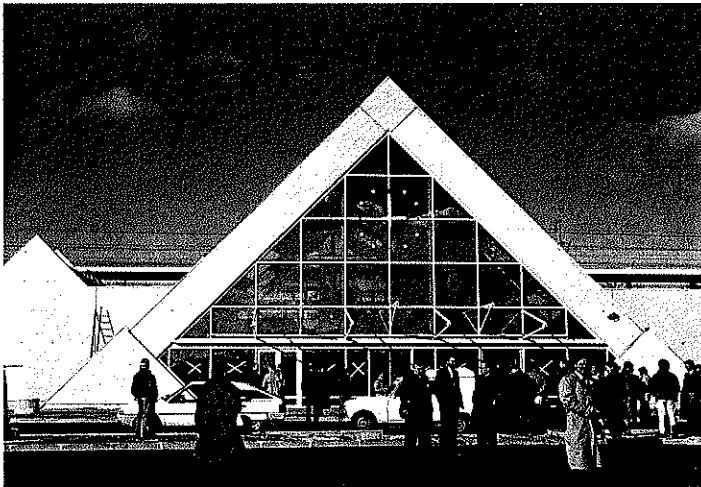
Entre Paris et les villes desservies par le TGV, les temps de trajet seront réduits d'une heure en moyenne.

Là où le TGV ne s'arrêtera pas, les populations concernées bénéficieront néanmoins de "l'effet TGV" ; des améliorations de dessertes sont prévues grâce à la réorganisation des trains régionaux (augmentation des fréquences, trains modernisés, ajustements d'horaires, etc.).

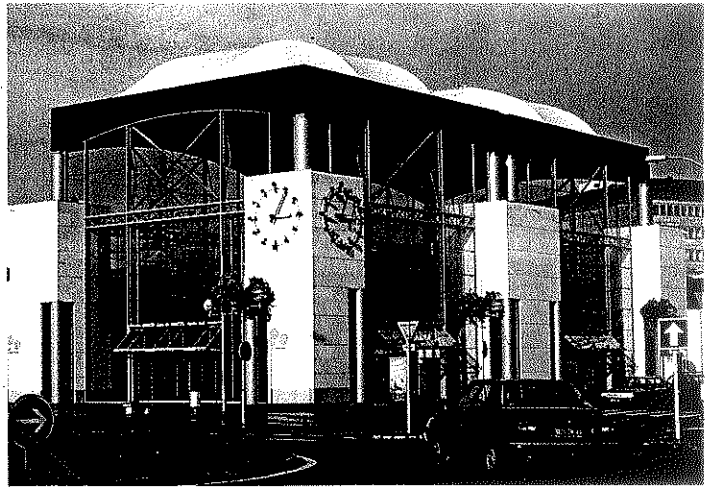
Dans les six grandes régions traversées par le TGV Atlantique et entre les vingt-cinq millions d'habitants concernés, les relations seront ainsi facilitées.



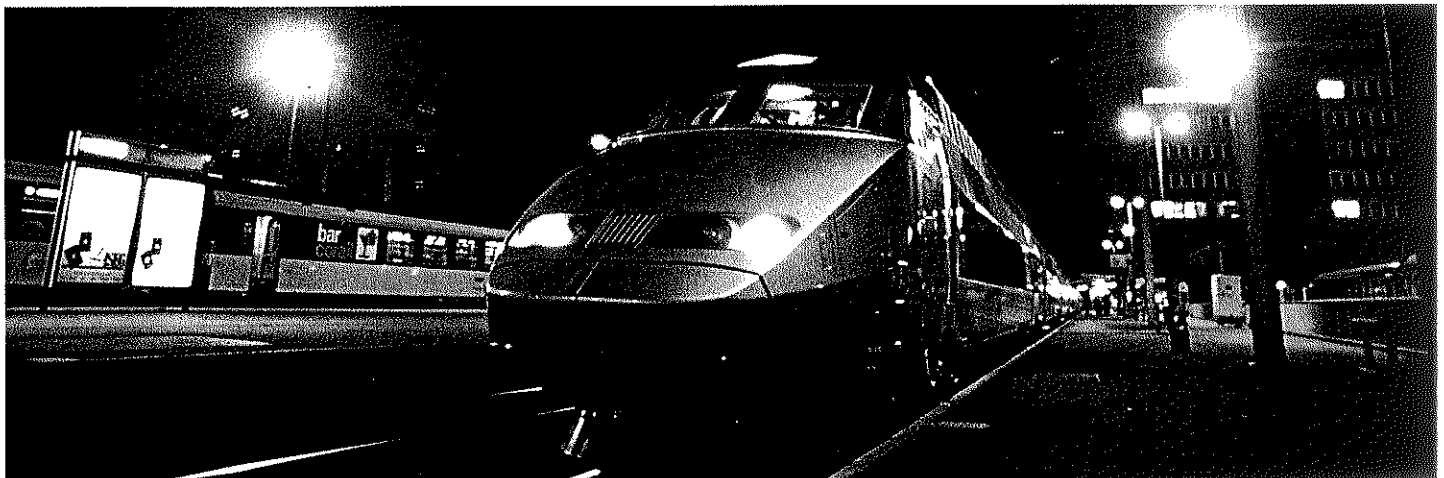
En gare de Le Mans.



Gare de Vendôme-Villiers.



Gare de Nantes.



En gare de Nantes.

Un réseau TGV pour la France ...

En octobre 1987, les pouvoirs publics ont donné leur accord pour construire le TGV Nord et réaliser l'interconnexion, en Ile-de-France, des lignes TGV existantes afin de créer un réseau intégré à grande vitesse.

Ils ont également décidé le prolongement de la ligne Sud-Est jusqu'à Valence, première étape du futur TGV Méditerranée qui permettra de relier Paris et Marseille en trois heures.

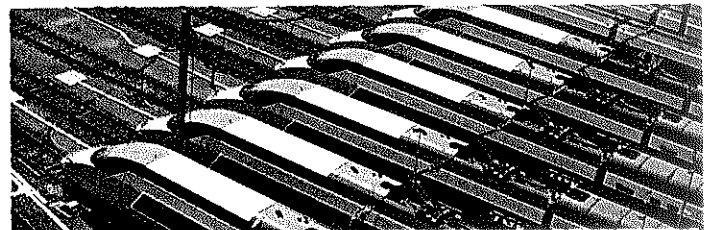
Les principaux projets à moyen terme concernent non seulement le TGV Méditerranée, mais le TGV Est et l'aménagement des dessertes Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon en direction de l'Espagne.

A long terme, grâce à l'utilisation de 2 300 km de lignes nouvelles ou aménagées, le réseau total de lignes parcourues par des TGV atteindra 7 000 km.

Cet ensemble de projets constitue la base du schéma français des futures liaisons ferroviaires qui relieront directement les régions entre elles.



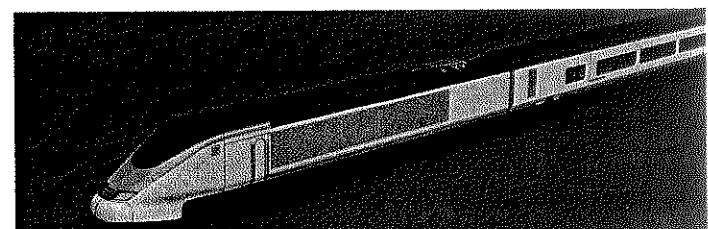
FRANCE 1981 : TGV Sud-Est - 109 rames - Vitesse commerciale 270 km/h



FRANCE 1989 : TGV Atlantique - 105 rames - Vitesse commerciale 300 km/h



FRANCE 1993 : TGV Réseau - 110 rames - Vitesse commerciale 300 km/h



FRANCE 1993 : TGV Transmanche - 34 rames - Vitesse commerciale 300 km/h

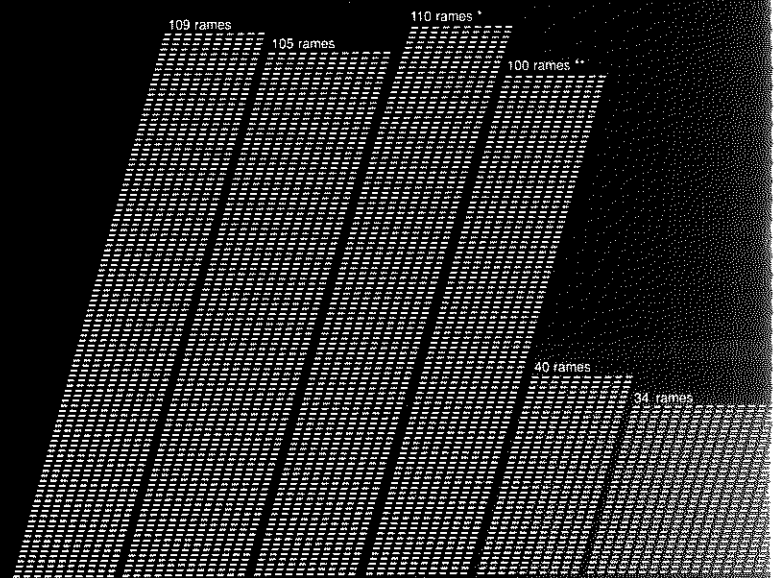
Les pays d'Europe s'apprêtent aujourd'hui à conjuguer leurs efforts de recherche et de développement pour se doter d'un système de transport terrestre à grande vitesse, économique et performant.

Le TGV est adapté aux liaisons à moyenne distance (200 à 1000 km) entre des zones urbaines denses et à fort potentiel de trafic. Le succès de la liaison Sud-Est le confirme. L'Europe offre donc un contexte très favorable, renforcé par la perspective du marché unique en 1993.

Le schéma directeur préparé pour l'horizon 2010 comprend les lignes essentielles pour la structuration du réseau européen, soit 9 000 km de lignes nouvelles, 15 000 km de lignes aménagés et 1 200 km de lignes de maillages.

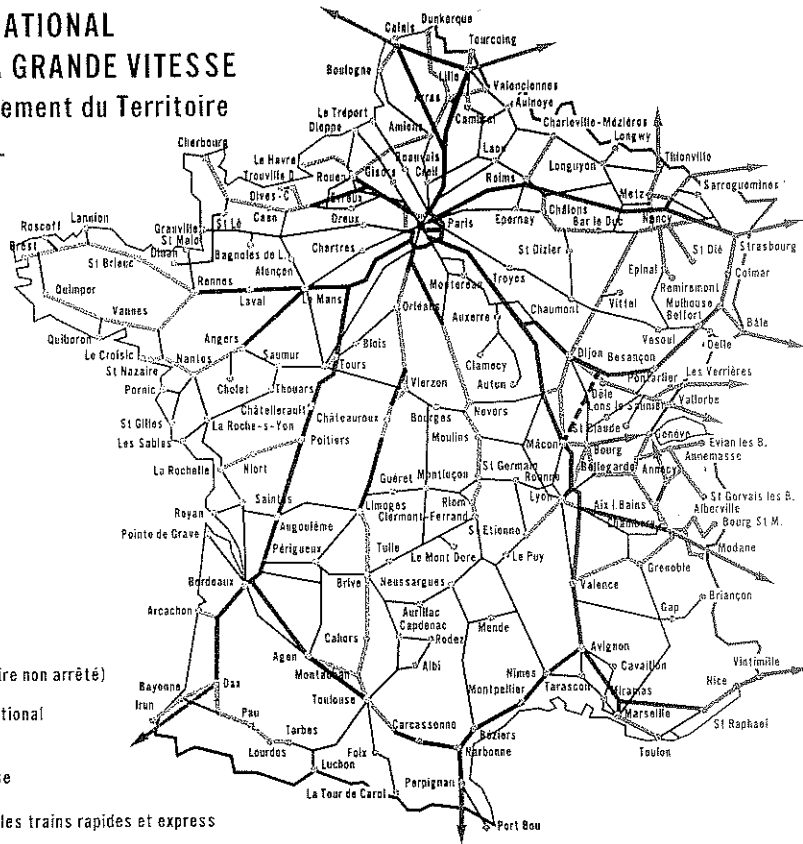
Le futur réseau TGV européen s'appuie sur la liaison Paris-Londres-Bruxelles, premier projet commun, et sur les réalisations prévues dans chaque pays : 800 km en RFA, 2 200 km en Italie, 1 700 km en Espagne et 2 300 km en France.

Pour tirer pleinement partie du développement de ces réseaux et favoriser l'intégration européenne, il faut relier entre eux et réaliser les "maillons manquants", par exemple la traversée des Alpes. A l'horizon 2015, ce réseau comportera 30 000 km de lignes, dont 19 000 nouvelles, parcourues à plus de 250 km/h ou aménagées pour la grande vitesse.



FRANCE					PROGRAMMES EUROPEENS	
TGV-Sud-Est	TGV-Atlantique	TGV-Réseau	TGV2Niveaux	PBKA	Transmanche	
270 km/h	300 km/h	300 km/h	300 km/h	300 km/h	300 km/h	300 km/h
40 300 places	50 900 places	42 300 places	54 500 places	15 000 places	27 000 places	
* dont 30 optionnelles						
** dont 55 optionnelles						

**SCHEMA DIRECTEUR NATIONAL
DES LIAISONS FERROVIAIRES A GRANDE VITESSE**
Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire
- 14 Mai 1991 -



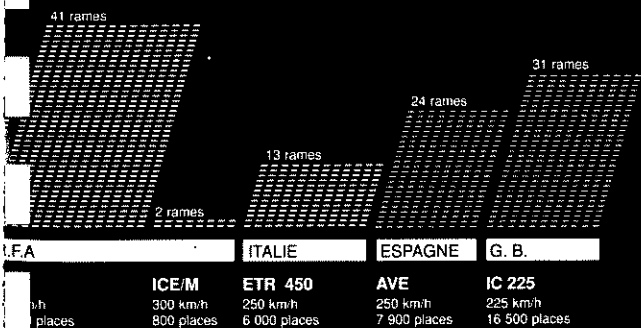
- Lignes nouvelles (Itinéraire non arrêté)
- Connexions nécessitant un accord international
- Lignes aménagées et lignes classiques empruntées par les trains à grande vitesse
- Autres lignes existantes empruntées par les trains rapides et express

... et à l'échelle de l'Europe

PROGRAMMES EUROPEENS
"TRES GRANDE VITESSE"

287 000 places
Estimation pour 1995

----- 1 rame :
10 voitures, 2 motrices



Les étapes de la grande vitesse en France et dans le monde

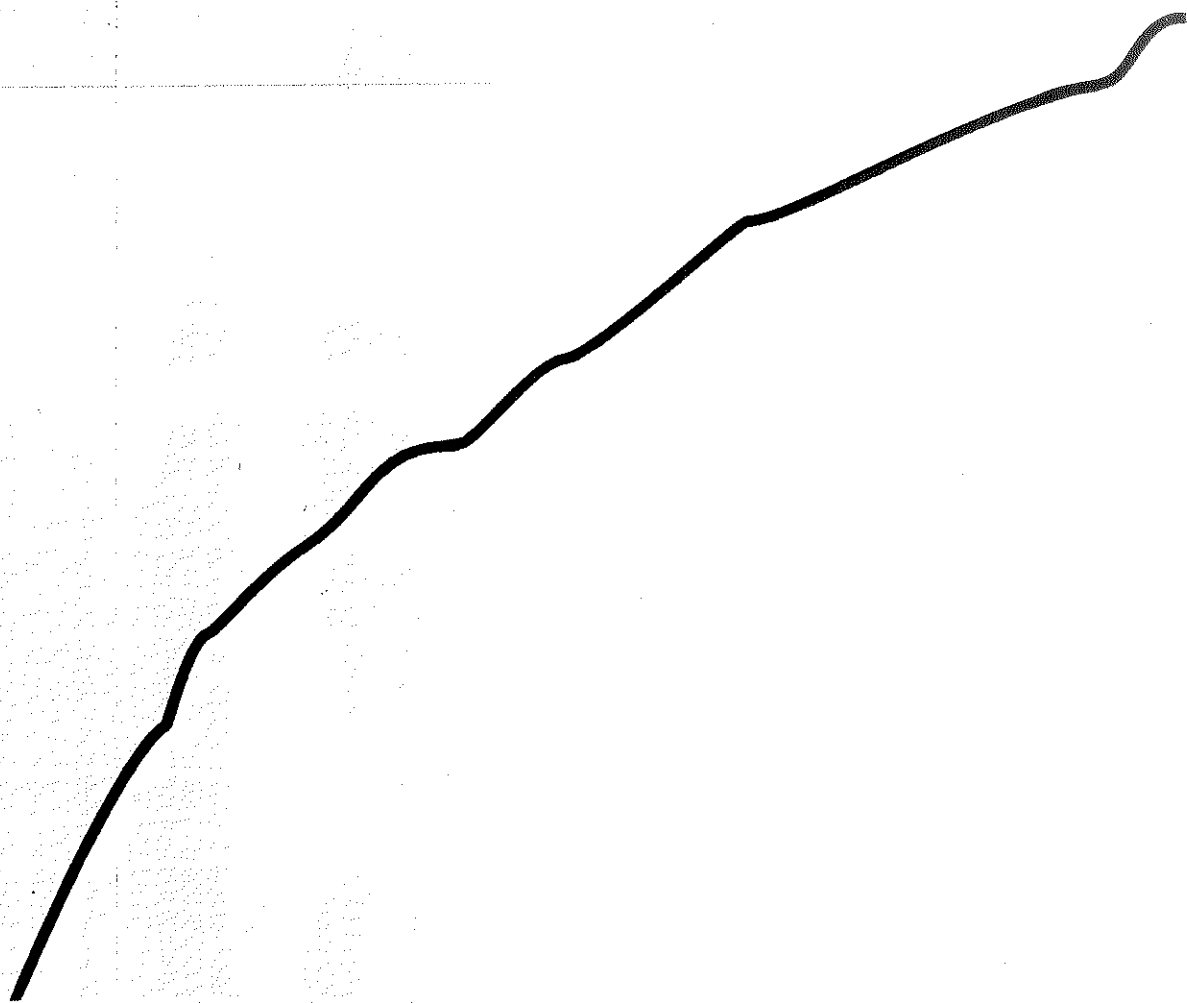
1964	14 oct.	JAPON	Mise en service du Tokaido.	210 km/h
1972		FRANCE	Essai vitesse du prototype TGV 001.	317 km/h
1972 / 1975		JAPON	Mise en service du Sanyo en deux étapes.	220 km/h
1981	27 sept.	FRANCE	Première mise en service du TGV Sud-Est.	260 km/h
1982	juin/nov.	JAPON	Mise en service du Tohoku puis du Joetsu.	210 km/h
1983	29 sept.	FRANCE	Mise en service complète du TGV Paris Sud-Est.	270 km/h
1985	mars	JAPON	Relèvement de la vitesse du Tohoku.	240 km/h
1985	nov.	RFA	Essai vitesse du prototype de l'ICE en configuration réduite.	345 km/h
1987	9 oct.	FRANCE	Décision gouvernementale de réaliser le TGV Nord puis l'interconnexion directe des réseaux TGV Sud-Est / Atlantique / Nord et le prolongement du TGV Sud-Est jusqu'à Valence.	300 km/h
1987	26 oct.	RFA, FRANCE, GRANDE - BRETAGNE, BELGIQUE, HOLLANDE.	Décision des ministres des Transports de réaliser le TGV nord-européen.	250/300 km/h
1988		FRANCE	Essais à "très grande vitesse" sur rame PSE, de la nouvelle motorisation synchrone TGV Atlantique.	364 km/h
1988	juin	ITALIE	Premières circulations du train ETR 450 sur la Direttissima.	250 km/h
1988		GRANDE - BRETAGNE	Introduction de la locomotive Electra sur la ligne Londres- Leeds.	225 km/h
1989	sept.	FRANCE	Mise en service de la branche Ouest du TGV Atlantique.	300 km/h
1990		ITALIE	Mise en service complète de la Direttissima.	250 km/h
1990	sept.	FRANCE	Mise en service de la branche Sud-Ouest du TGV Atlantique.	300 km/h
1990		SUEDE	Mise en service de trains pendulaires.	200 km/h
1991		GRANDE - BRETAGNE	Mise en service de l'IC 225.	250 km/h
1991		RFA	Mise en service de l'ICE.	250 km/h
1992		ITALIE	Mise en service du 250 km/h de Milan à Naples et Battipaglia.	250 km/h
1992		ESPAGNE	Mise en service de la ligne Madrid-Séville.	250 km/h
1993	15 juin	GRANDE - BRETAGNE / FRANCE / BELGIQUE	Ouverture du tunnel sous la Manche et mise en service des relations Paris-Londres/Bruxelles.	300 km/h
1993 / 1994		FRANCE	Mise en service des lignes nouvelles TGV Nord puis interconnexion des lignes TGV.	300 km/h

C'est dans le cadre de son programme d'essais systématiques que la SNCF a réalisé ses récentes performances en vitesse de pointe.

Le but vise non pas d'atteindre des niveaux spectaculaires mais de tester le comportement des différents éléments du système TGV : matériel, composants, voies, ballast, équipements, captage de courant, ... afin d'en tirer des enseignements pour les programmes d'exploitation futurs.

Pour un record de 515,3 km/h, l'important fut de totaliser le maximum de kilomètres à très haut régime (166 km au-dessus de 480 km/h).

Dans la campagne d'essais de 1989-1990, plus de 2000 km ont été parcourus à très haute vitesse (au-delà de 400 km/h) dont 700 km au-dessus de 450 km/h (la vitesse de 500 km/h ayant été dépassée à 9 reprises).



Les records de la grande vitesse

1955	mars	FRANCE	record mondial de vitesse sur rail :	331	km/h
1981	février	FRANCE	amélioration du record mondial :	380,4	km/h
1988	mai	RFA	record mondial de vitesse sur rail avec l'ICE prototype :	406,9	km/h
1988	déc.	FRANCE	essais SNCF d'une rame Atlantique :	409	km/h
1989	déc.	FRANCE	amélioration du record :	482,4	km/h
1990	mai	FRANCE	nouveau record mondial de vitesse sur rail :	515,3	km/h



SNCF



TGV *atlantique*

SNCF

TGV

a few facts and figures



T H E T G V N E T W O R K T O D A Y . . .

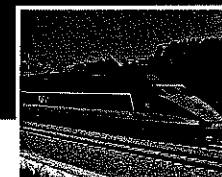
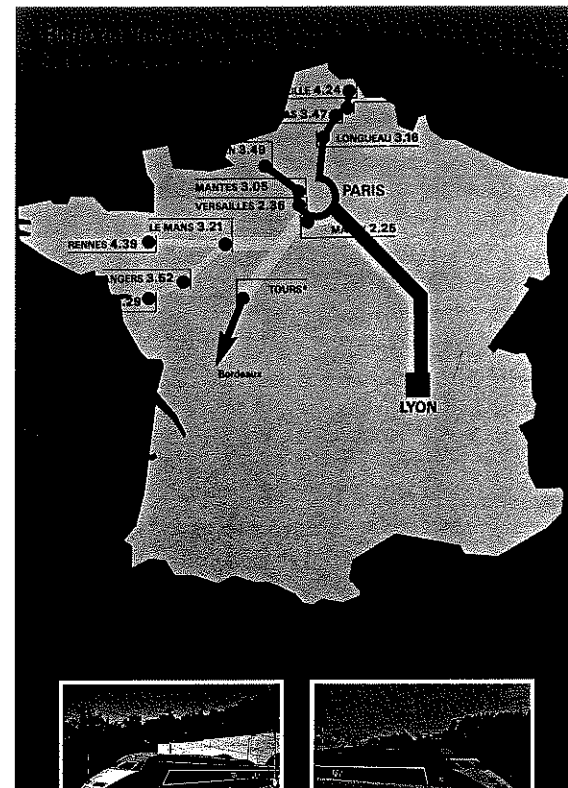
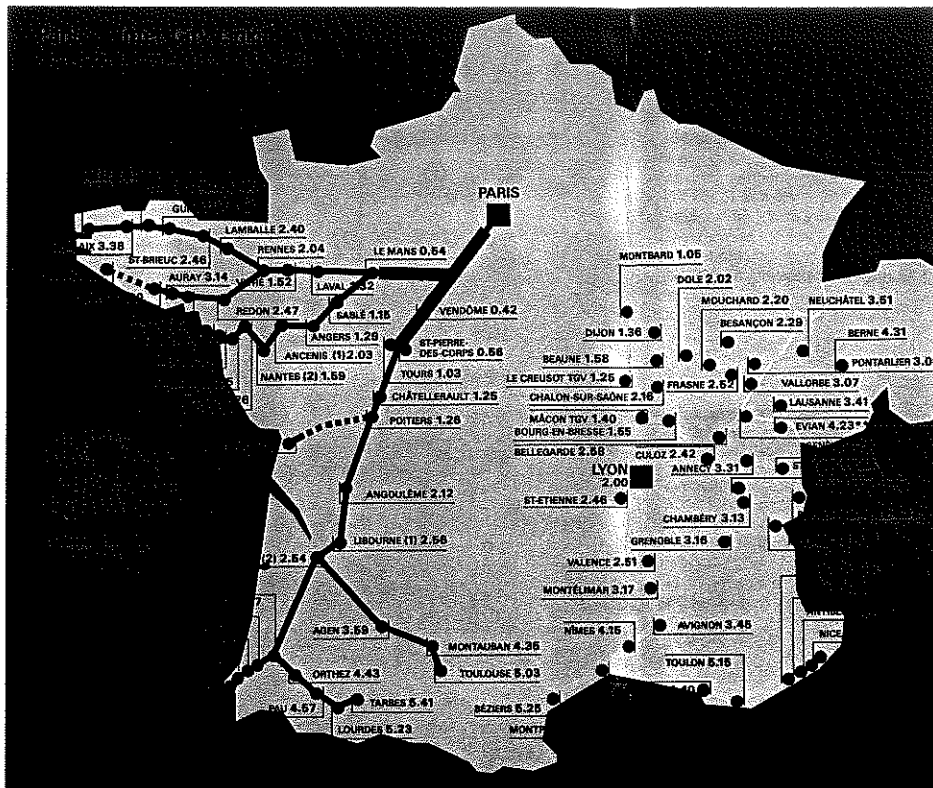
The picture at the end of 1991

TGV Southeast

- Composition : 8 passenger vehicles with a locomotive at each end.
- 107 trains in service.
- 368 seats (108 in 1st class, 260 in 2nd class).
- Maximum schedule speed : 270 km/h.
- 417 km of new line.
- Services to 37 towns, including 5 in Switzerland (56% of the French population).
- 110,000 km covered daily, with 54,000 passengers on board.
- Seat occupancy rate : 80%.

TGV Atlantic

- Composition : 10 passenger vehicles with a locomotive at each end.
- 105 trains on order.
- 485 seats (116 in 1st class, 369 in 2nd class).
- Maximum schedule speed : 300 km/h.
- 280 km of new line.
- Services to 43 towns (25 million inhabitants).



NUMBER OF DIRECT RETURN JOURNEYS IN AN ORDINARY DAY (some examples)

TGV Southeast

- 10 TGVs Paris-Dijon - 25 TGVs Paris-Lyons
- 5 TGVs Paris-Geneva - 6 TGVs Paris-Grenoble
- 3 TGVs Paris-Chambéry - 6 TGVs Paris-Montpellier - 9 TGVs Paris-Marseilles - 2 TGVs Paris-Nice.

TGV Atlantic

- 14 TGVs Paris-Rennes - 5 TGVs Paris-Brest
- 4 TGVs Paris-Lorient - 15 TGVs Paris-Nantes - 15 TGVs Paris-Bordeaux - 3 TGVs Paris-Hendaye - 3 TGVs Paris-Tarbes - 2 TGVs Paris-Toulouse.

TGV TGV Regional Inter-City

- 2 TGVs Lyons-Lille - 1 TGV Lyons-Rouen - 2 TGVs Lyons-Rennes/Nantes.



CALENDAR OF FUTURE TGV SERVICES

- 1992 : planned opening of Tours-Lyons service.
- winter 1992 : service to Quimper via TGV Atlantic.
- winter 1993 : service to La Rochelle via TGV Atlantic.

EXTENSION OF THE TGV NETWORK

- summer 1993 : opening of TGV North.
- 1994 : opening of the continuation of the high-speed Paris-Southeast line as far as Valence.
- Opening of the junction line between TGV North and :
 - 1994 : TGV Southeast
 - summer 1996 : TGV Atlantic

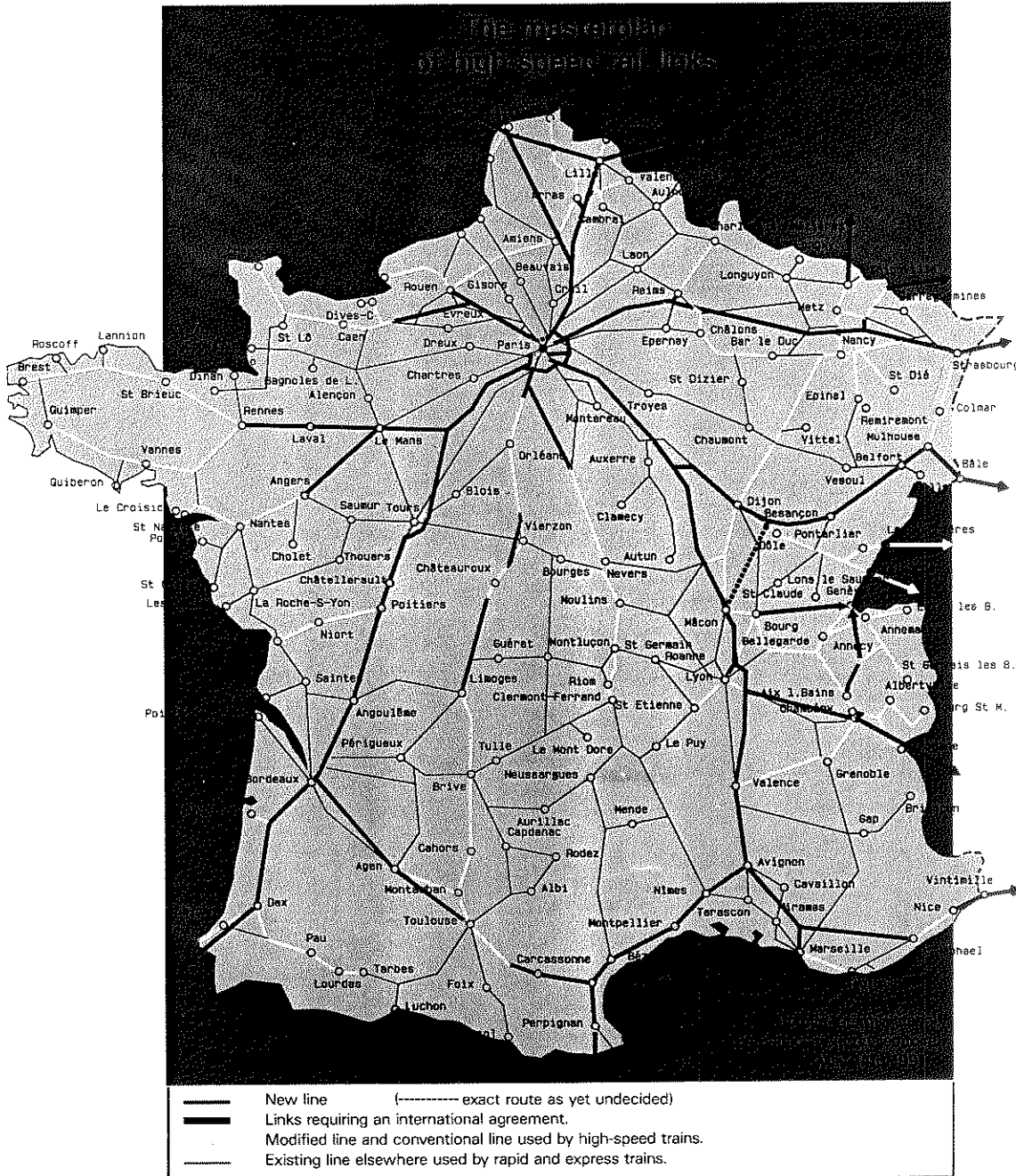
Length of line used by TGVs (in km)	1988	1989	1990	1992	1993	1994
	(high-speed and conventional line)	2,500	3,400	4,400	4,700	5,700

To find out further details about timetables, prices, reservations, etc., consult the TGV traveller's guides available from stations and French National Railways sales outlets.

. . . A N D T O M O R R O W

By the year 2015 the network covered by TGVs will amount to approximately 11,000 km of line, including both new line and

existing line modified to varying degrees to suit high-speed travel.



The masterplan of high-speed rail links - adopted by the government - proposes 16 new TGV projects to be completed over the next two or three decades.

Its ambitions :

- To cover virtually the whole country by

combining new and conventional line.

- To improve the balance between inter-regional services, especially cross-country ones.
- To facilitate relations between new economic regions in Europe.

SNCF

*French High Speed Railroads
and the environment*



TGV respects environment.

THE TGV SAVES SPACE. LE TGV EST ÉCONOME D'ESPACE...

The right-of-way for a TGV line takes up half the space of a dual three-lane freeway.

L'emprise d'une ligne TGV représente la moitié de celle d'une autoroute 2 x 3 voies.

The area occupied by 300 miles (ie. 500 km) of TGV line is less than that of a large airport.

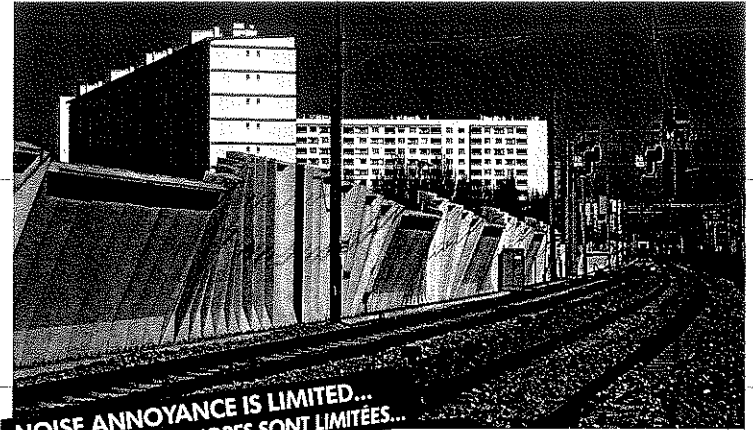
La superficie occupée par 300 miles (ou 500 km) de ligne TGV est inférieure à celle d'un grand aéroport.



The reputation of France's landmarks and historical sites is thoroughly established.
La réputation des espaces et sites remarquables français n'est plus à faire.

Hence, every very high speed railway (TGV) line is laid out with a constant concern for the environment.

Aussi est-ce avec un souci constant du respect de l'environnement que tout tracé de ligne TGV est étudié.



NOISE ANNOYANCE IS LIMITED...
LES NUISANCES SONORES SONT LIMITÉES...

TGVs are routed through cuttings, noise protection walls, earthworks and tunnels – all solutions implemented to preserve the environment.

Passages en déblais, murs anti-bruit, merlons de terre, passages souterrains... sont autant de solutions mises en œuvre pour respecter le cadre de vie.

It accommodates hydraulic flows.
Respect du régime des eaux.



THE TGV RESPECTS THE BALANCE OF NATURE. LE TGV RESPECTE LES ÉQUILIBRES NATURELS:

It provides crossings for large animals.
Its planners arrange to transfer remarkable plants and animals.

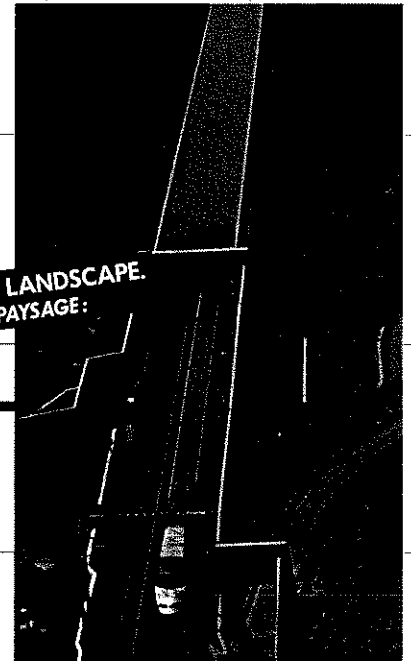
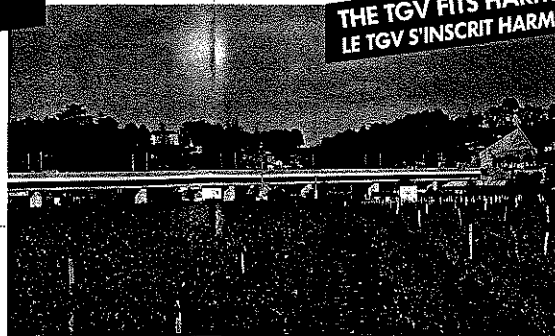
Aménagement de passages pour les grands animaux. Transfert de végétaux et animaux remarquables.



THE TGV FITS HARMONIOUSLY INTO THE LANDSCAPE. LE TGV S'INSCRIT HARMONIEUSEMENT DANS LE PAYSAGE:

Its line profile hugs the natural relief.
Un profil qui épouse au mieux le relief.

Its structures receive quality architectural treatment.
Des traitements architecturaux de qualité.



How far can a traveller go with 1 liter of oil (or its equivalent in electricity)?

Quelle distance parcourt un voyageur avec 1 litre de pétrole (ou son équivalent en électricité) ?



The TGV actually consumes little energy, and clean energy at that (electricity).

Le TGV :

- Consomme peu d'énergie.
- C'est une énergie propre (l'électricité).



In complete safety, in all weather, the world's fastest train...

En toute sécurité, par tous les temps, le train le plus rapide du monde.

SOFRAIRAIL

The international consulting arm of French railroads
Filiale export de la SNCF

Expertise for projects worldwide based on proven experience.

L'expertise au service des projets internationaux basée sur l'expérience reconnue de la SNCF.

To solve environmental problems and to convince clients and decision makers.

Résoudre les problèmes d'environnement - convaincre clients et décideurs.

SUBSIDIARIES / FILIALES

RAIL TRANSPORTATION SYSTEM (RTS), ATLANTA, GEORGIA (USA)
INGERAIL, PARIS (FRANCE)
CANARAIL CONSULTANTS, MONTRÉAL (CANADA)

3, avenue Hoche - 75008 PARIS (France)
Tél. : (1) 42 67 97 08

Téléfax : (1) 47 66 55 94 - Télex : SOFRAIL 280084 F

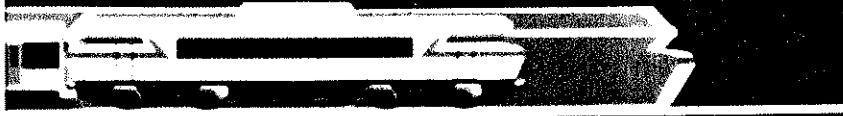
SNCF





ASTREE L'ESPACE RETROUVE

ASTREE, SPACE REDISCOVERED



ASTREE : VERS UN SYSTEME INTEGRE
DE CONTROLE-COMMANDE
DES CIRCULATIONS FERROVIAIRES

par Daniel LANCIEN
Chef du département ASTREE
à la Direction de la Recherche de la SNCF

**POURQUOI UN NOUVEAU SYSTEME DE CONTROLE-COMMANDE DES
CIRCULATIONS FERROVIAIRES ?**

La signalisation actuelle, sur les lignes de la SNCF comme sur la quasi totalité des lignes des autres réseaux, repose sur la notion de cantonnement. Dans sa version la plus élémentaire, la signalisation présentée au mécanicien à l'entrée de chaque canton, a trois aspects, le vert, le jaune et le rouge et correspond à diverses positions relatives du train de tête et du train suiveur.

La figure 1 illustre ce concept. La voie est découpée en cantons de longueurs égales, cette longueur correspondant à la distance nécessaire à un train pour s'arrêter, en freinage normal et avec une certaine marge de sécurité. La présence d'un train est repérée sur un canton pour un équipement spécifique (à la SNCF, il s'agit généralement d'un "circuit de voie", c'est-à-dire d'un circuit électrique constitué par les deux files de rail reliées à une extrémité par un émetteur et à l'autre par un récepteur qui se trouve ne plus être alimenté - ce qui permet la détection - lorsqu'un essieu "shunte" le circuit électrique). Le repérage de la présence d'un train sur un canton positionne automatiquement le signal qui est à l'entrée de ce canton au rouge et celui qui le précède au jaune. Bien évidemment, pour pouvoir circuler sans contrainte, un train ne doit se voir présenter que des feux verts. Dans ces conditions, les trains sont les plus rapprochés dans la configuration illustrée à la figure 1, configuration dans laquelle le train suiveur se trouve à une distance du train de tête égale à la longueur de ce dernier augmentée de deux fois la distance de freinage (longueur du canton).

Les performances de ce système peuvent bien évidemment être améliorées si l'on découpe la voie en cantons de plus petite longueur, la distance de freinage correspondant alors à 2,3,4 cantons. C'est ce qui a été fait, en particulier sur les lignes nouvelles, pour accroître le débit. De surcroît, dans ce cas, les signaux latéraux ont été remplacés, dans un souci d'ergonomie par la présentation d'informations de signalisation en cabine.

Malgré tout, le système du cantonnement fixé présente un certain nombre de limites intrinsèques :

- il n'est pas possible pour des raisons physiques de multiplier à l'infini le nombre des cantons en réduisant leur longueur et par suite la position des trains n'est connue qu'avec une quantification de plusieurs centaines de mètres,
- il est difficile, ergonomiquement, de multiplier le nombre d'aspects des signaux présentés, encore que la signalisation en cabine offre plus de souplesse,
- le découpage en cantons est basé sur les performances du train le moins efficace en freinage,
- les informations présentées par la signalisation ne tiennent pas compte de la vitesse du train qui les reçoit,
- la position des aiguilles, des gares,... rend difficile l'établissement d'un découpage optimal, surtout si l'on souhaite faire du contresens.

Toutes ces raisons ont conduit à examiner la faisabilité d'un système dit de block mobile ou cantonnement glissant. Dans un tel système, la voie n'est plus découpée en cantons mais un dispositif approprié doit permettre au train suiveur de recevoir une information de voie libre (vert) tant qu'il est à une distance du train qui le précède supérieure à la distance de freinage (plus bien évidemment une marge). La distance entre les deux trains, figurée sur la figure 2 est donc égale, en première approche à la longueur du train situé devant augmentée de la distance de freinage. En fait, on obtient les performances que l'on obtiendrait si les cantons étaient réduits à une longueur infinitésimale, d'où le nom de cantonnement glissant ou encore block mobile.

C'est sur la base de cette idée, ancienne, mais aussi d'autres qui seront explicitées plus avant qu'a été conçu le système ASTREE de contrôle-commande généralisé des circulations ferroviaires : concrètement chaque train reçoit, à intervalles rapprochés, l'autorisation d'avancer jusqu'à la dernière position connue du train qui le précède (autorisation dénommée AVL ou autorisation de voie libre).

LES OBJECTIFS ET LES PRINCIPES FONDAMENTAUX D'ASTREE

ASTREE se propose en fait de répondre à trois objectifs fondamentaux :

- **augmenter le débit des lignes.** De nombreuses sections de lignes tant sur le réseau classique que sur le réseau de lignes nouvelles sont ou seront saturées à l'échéance d'une dizaine d'années. Des progrès considérables ont été faits, en particulier sur ligne nouvelle où une nouvelle version du système de signalisation sera implantée sur le TGV Nord, mais les systèmes en présence arrivent à leurs limites. Pour aller au delà, il faut avoir recours à un système de block mobile, comme il vient d'être exposé et celui-ci sera à la base d'ASTREE. Il est d'ailleurs à noter qu'ASTREE par sa souplesse d'exploitation visera également à permettre un meilleur traitement des situations perturbées grâce, en particulier, à la banalisation des voies,
- **réduire les coûts d'exploitation** d'une part en centralisant les organismes de décision et de commande et d'autre part grâce à une approche technique innovante. Pour ce qui est de l'aspect technique on visera tout à la fois l'équipement des véhicules plutôt que des mobiles et le recours à des technologies non spécifiquement ferroviaires dans les domaines des télécommunications et de l'informatique. Quant à l'aspect centralisation, ASTREE vise une exploitation centralisée et très intégrée dans laquelle les informations prélevées pour gérer la circulation permettent également de renseigner d'autres applications telles la gestion du trafic marchandises, le renseignement des voyageurs, la maintenance des matériels...
- **homogénéiser le niveau de sécurité,** l'objectif étant ici de porter celui des petites lignes à celui des grandes artères. La prédominance apportée à l'installation des équipements sur les mobiles va à l'évidence dans ce sens puisque dès lors que ceux-ci auront été équipés au titre des grandes artères, les autres lignes en bénéficieront de facto, au prix d'un investissement réduit au sol.

Sur la base de ces objectifs, ASTREE a été conçu autour de quatre composants fondamentaux :

- un dispositif de localisation des trains par eux-mêmes, dispositif naturellement implanté sur chaque engin de traction,
- une base de données complète, précise, sûre et tenue à jour en temps réel représentant l'état du réseau c'est-à-dire, outre les caractéristiques constantes (profils, vitesses limites,...), la position de tous les trains et l'état de toutes les aiguilles,

- des centres informatiques de gestion, en nombre relativement faible (quelques petites dizaines sur l'ensemble du réseau SNCF) avec en antennes des calculateurs de capacité plus restreinte permettant l'interfaçage avec le terrain. Cet ensemble informatique supporte la base de données évoquée ci-dessus et a pour rôle d'élaborer les consignes de commande des trains et des aiguilles,
- un réseau de transmission, à la fois hertzien et filaire, reliant les centres informatiques aux infrastructures et aux mobiles.

Il apparaît donc qu'ASTREE ne vise pas à une gestion en temps réel limitée aux pilotages seuls des mobiles mais se propose d'aboutir à une gestion totalement intégrée du réseau ferroviaire. Pour ce qui est de la fonction automatisation de la conduite elle est possible, et en particulier le système est entièrement conçu au plan sécuritaire pour la permettre, mais les trains peuvent également être conduits manuellement à partir des informations et ordres détaillés transmis au mécanicien.

L'ARCHITECTURE D'ASTREE

L'architecture d'ASTREE, schématisée sur les planches figurant en annexes, font apparaître les principaux modules ci-après :

- sur la locomotive :
 - . des radars Doppler (deux pour assurer la sécurité et un troisième pour la disponibilité) mesurant en permanence la vitesse instantanée et l'espace parcouru,
 - . un lecteur de balises passives implantées en voies, permettant de recalibrer la mesure d'espace effectuée en continu,
 - . une centrale odométrique qui, à partir des informations des capteurs précédents, élabore en sécurité la position du train sur le réseau,
 - . un dispositif de contrôle d'intégrité du train destiné à détecter d'éventuelles ruptures d'attelage et pertes de véhicules,
 - . un émetteur récepteur radio sol-train à transmission mixte de phonie et de données utilisant le propre système SNCF de radio sol-train cellulaire,
 - . un ordinateur de bord gérant l'ensemble du dispositif embarqué. Il pilote d'une part des organes d'affichage au mécanicien des consignes de conduite et d'autre part contrôle, en sécurité, que le train ne dépasse pas la vitesse autorisée.

En outre, chaque véhicule comporte un badge d'identification qui, lu par des capteurs au sol, permet de relever automatiquement la composition des trains en tous points ou celle-ci peut être modifiée : gares, triages, chantiers divers.

- au sol :

- . des éléments de commande et de contrôle des aiguilles,
- . des stations fixes radio évoquées plus haut supportant un protocole performant de gestion des communications qui permet d'assurer avec un maximum d'efficacité la transmission multiplexée temporellement des données numériques et de la phonie,
- . des balises fixes déjà évoquées, portant l'information de leur position (abscisse) et jalonnant le réseau tous les kilomètres environ,
- . des lecteurs de composition des trains, également déjà évoqués,
- . un réseau de télécommunications terrestres performant à base de MIC dérivable,
- . des centres opérationnels informatiques ASTREE qui assureront le contrôle et la commande de toutes les circulations à partir de la connaissance de la position de tous les trains et de toutes les aiguilles. Très globalement ces centres informatiques supportent trois fonctions essentielles : la gestion de la base de données, le suivi-régulation, la commande des itinéraires et des circulations. La fonction de sécurité c'est-à-dire l'attribution renouvelée d'un tronçon de voie libre à un train dès lors que la position des aiguilles et des autres trains a été acquise en sécurité et que ces diverses positions le permettent, est dévolue à des sites locaux qui gèrent également les dialogues avec le mobile. Ces sites sont bien évidemment connectés aux centres opérationnels.

LE DEVELOPPEMENT D'ASTREE

Le développement d'ASTREE se poursuit activement selon trois axes :

- **le développement des modules sensibles** et innovants (odométrie, réseaux terrestres et hertziens...) en allant jusqu'à la réalisation de prototype à valider pour certains en sécurité,

- **la mise en place de démonstrateurs.** Concernant ce second axe, une première réalisation expérimentale est en test depuis l'automne 90. Cette réalisation concerne une ligne de 10 km (BONDY-AULNAY dans la banlieue parisienne) et une dizaine de véhicules. Sur cette base, qui est gérée par un centre opérationnel informatisé où sont implantés tous les modules informatiques décrits plus haut, sont testées les principales fonctions d'ASTREE : suivi des circulations, régulation du trafic, transmission d'ordre de conduite aux mécaniciens, protection contre les nez à nez, convergences, rattrapages... Il s'agit d'un test strictement fonctionnel destiné à montrer aux exploitants les diverses possibilités d'ASTREE, les modules n'étant pas tous validés en sécurité. Les situations complexes d'exploitation sont matériellement rendues en intercalant des trains simulés (mais avec tous les attributs et fonctions d'un train réel) entre les trains réels.

Ce premier test ayant montré à la SNCF la validité des concepts ASTREE, il a été décidé d'étendre ce premier démonstrateur à l'ensemble de la région SNCF de PARIS-EST (soit 100 locomotives et 600 km de voie simple) afin de tester les aptitudes fonctionnelles du système à supporter la charge élevée inhérente à l'exploitation d'un système réel de grande dimension. Parallèlement, une partie de cette infrastructure et des véhicules sera équipée de composants validés en sécurité afin de permettre le test technique complet du système pour homologation sécuritaire.

Ces expérimentations permettront de mieux cerner quantitativement les avantages d'ASTREE, son coût et par suite sa rentabilité.

- **la prise en compte des aspects internationaux.** ASTREE a des prolongements importants au niveau international où il fait l'objet de coopérations bilatérales ou multilatérales. En effet, les principes d'ASTREE conduisent à un système de contrôle-commande présentant de multiples intérêts, déjà évoqués, en matière d'augmentation de capacité, de gestion des régimes perturbés et dégradés, d'information et de réduction des coûts, multiples intérêts qui n'ont pas échappé à la plupart des réseaux de chemin de fer européen et en particulier aux chemins de fer de la RFA (Deutsche Bundesbahn - DB -).
- **le déploiement envisagé.** Si les travaux en cours confirment le bien fondé de la démarche ASTREE, une première réalisation pourrait concerner la ligne nouvelle PARIS SUD-EST qui présentera, compte tenu du développement du réseau TGV, des problèmes de saturation vers l'an 2000.

PRINCIPE DU BLOCK FIXE

ROUGE

JAUNE

VERT

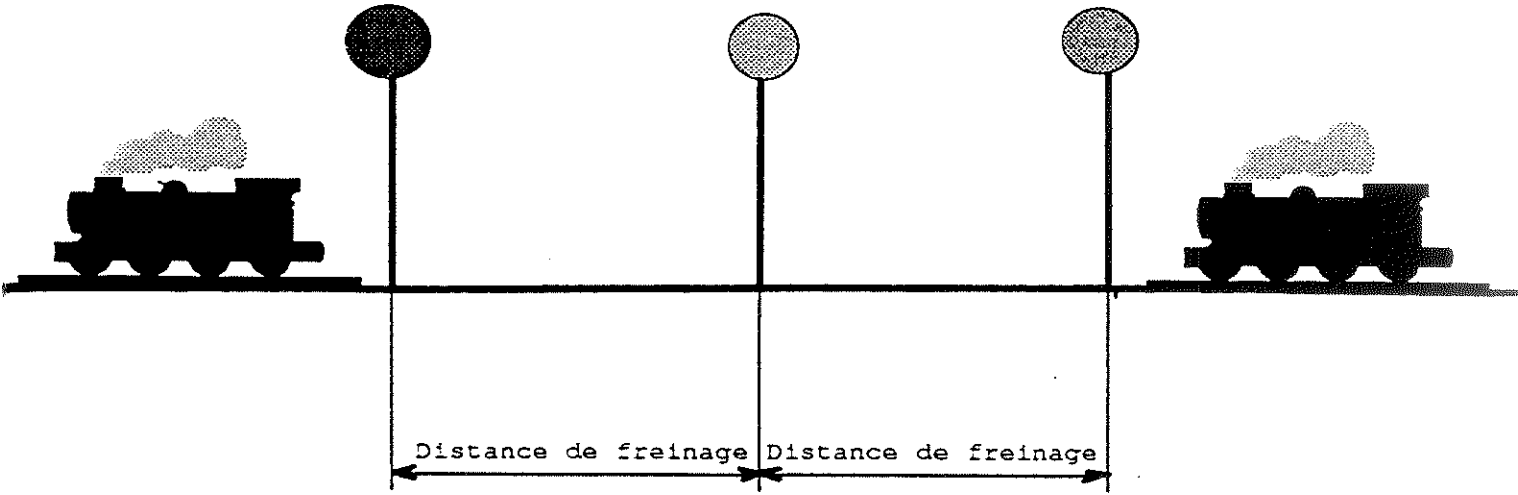
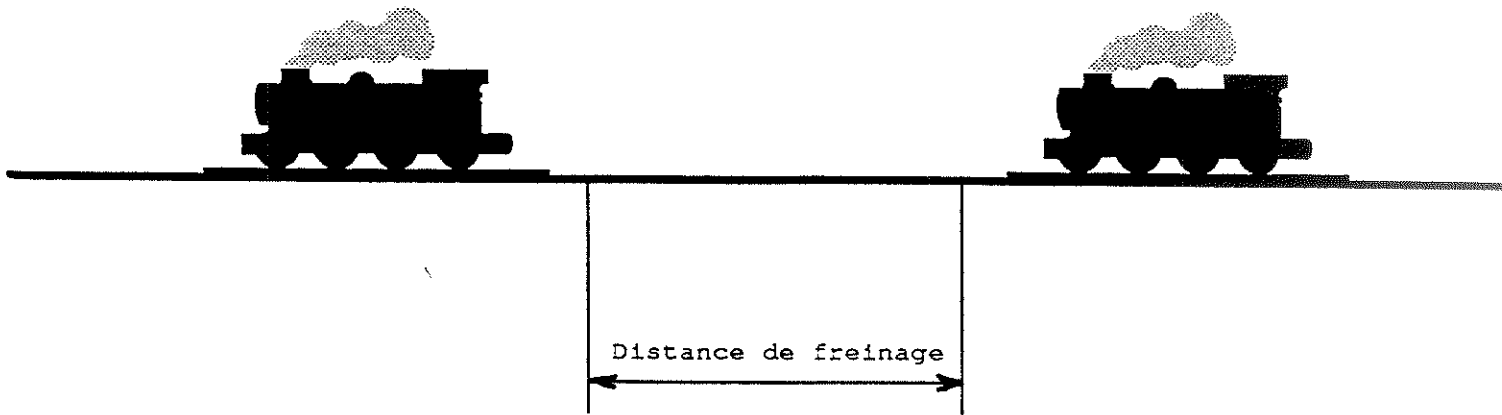


FIGURE 1

PRINCIPE DU BLOCK MOBILE

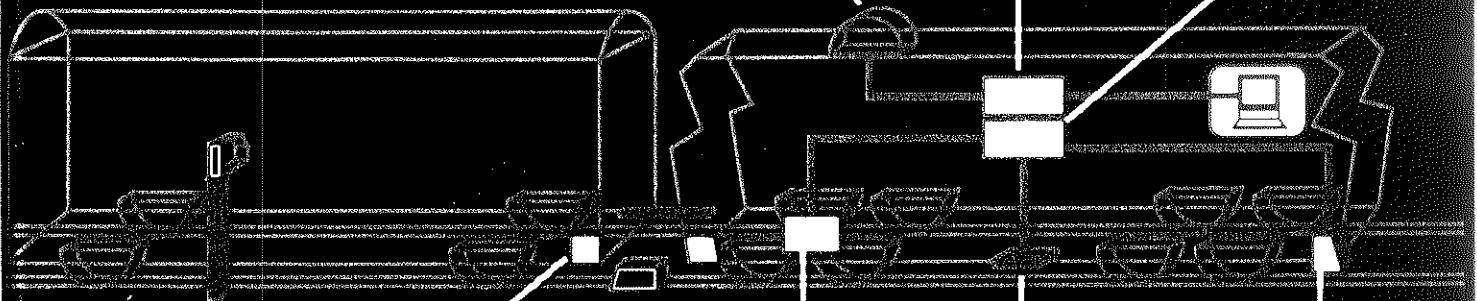


LES COMPOSANTS D'ASTREE A BORD ON-BOARD ASTREE COMPONENTS

ANTENNE RADIO
RADIO ANTENNA

CALCULATEUR
DE BORD
ON-BOARD
COMPUTER

CENTRALE
ODOMETRIQUE
ODOMETRIC
UNIT

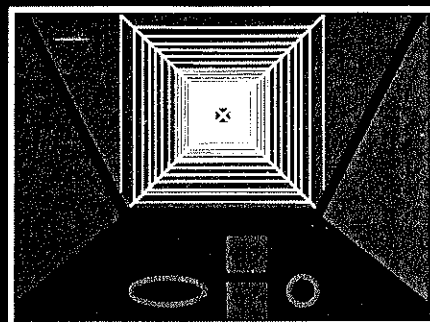


BADGE
D'IDENTIFICATION
IDENTIFICATION
TRANSPONDER

CONTROLE
D'INTEGRITE
INTEGRITY
CONTROLLER

LECTEUR DE BALISES
TRANSPONDER READER

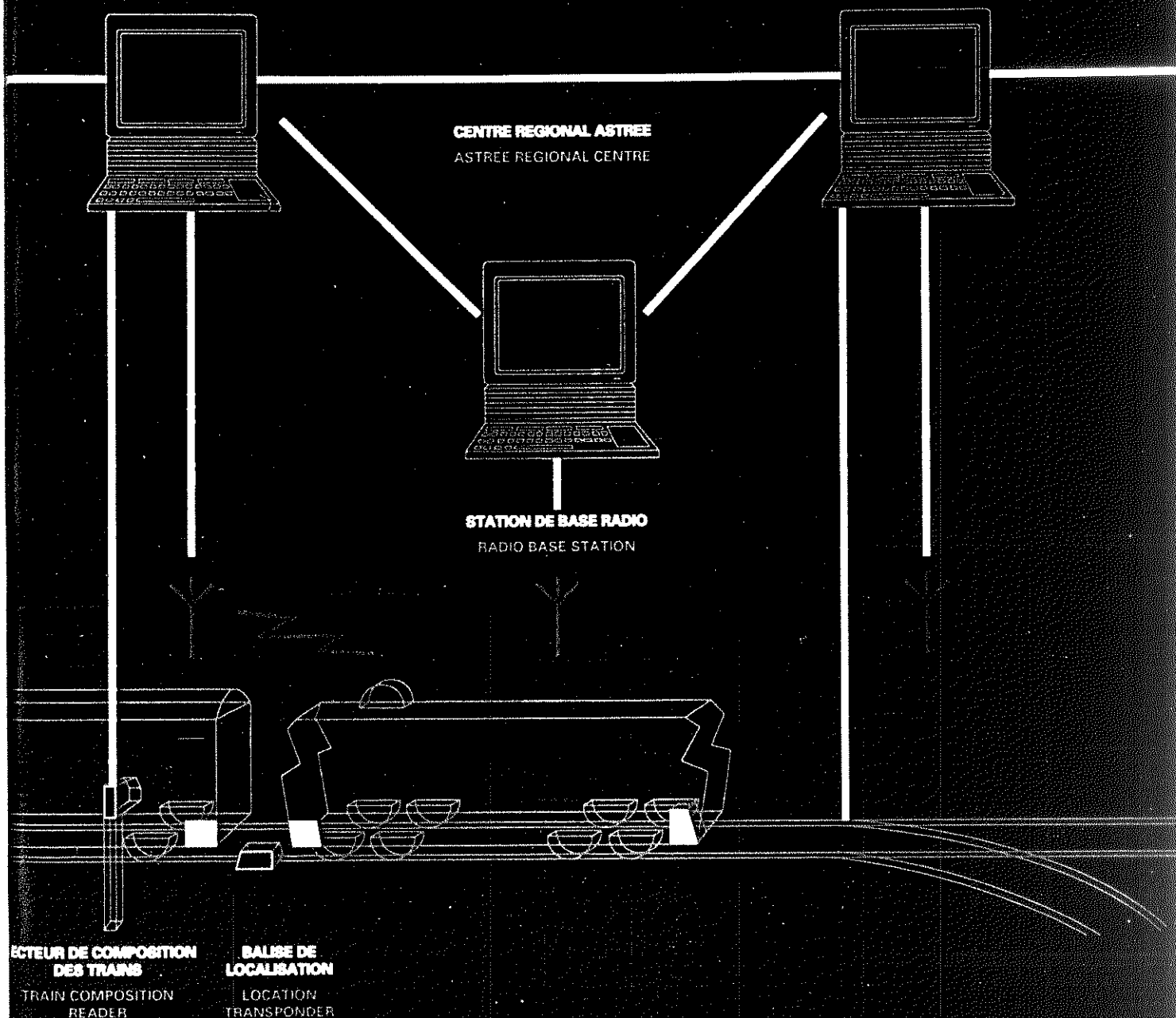
RADAR DOPPLER
DOPPLER RADAR



VISUALISATION
DRIVER'S CAB DISPLAY

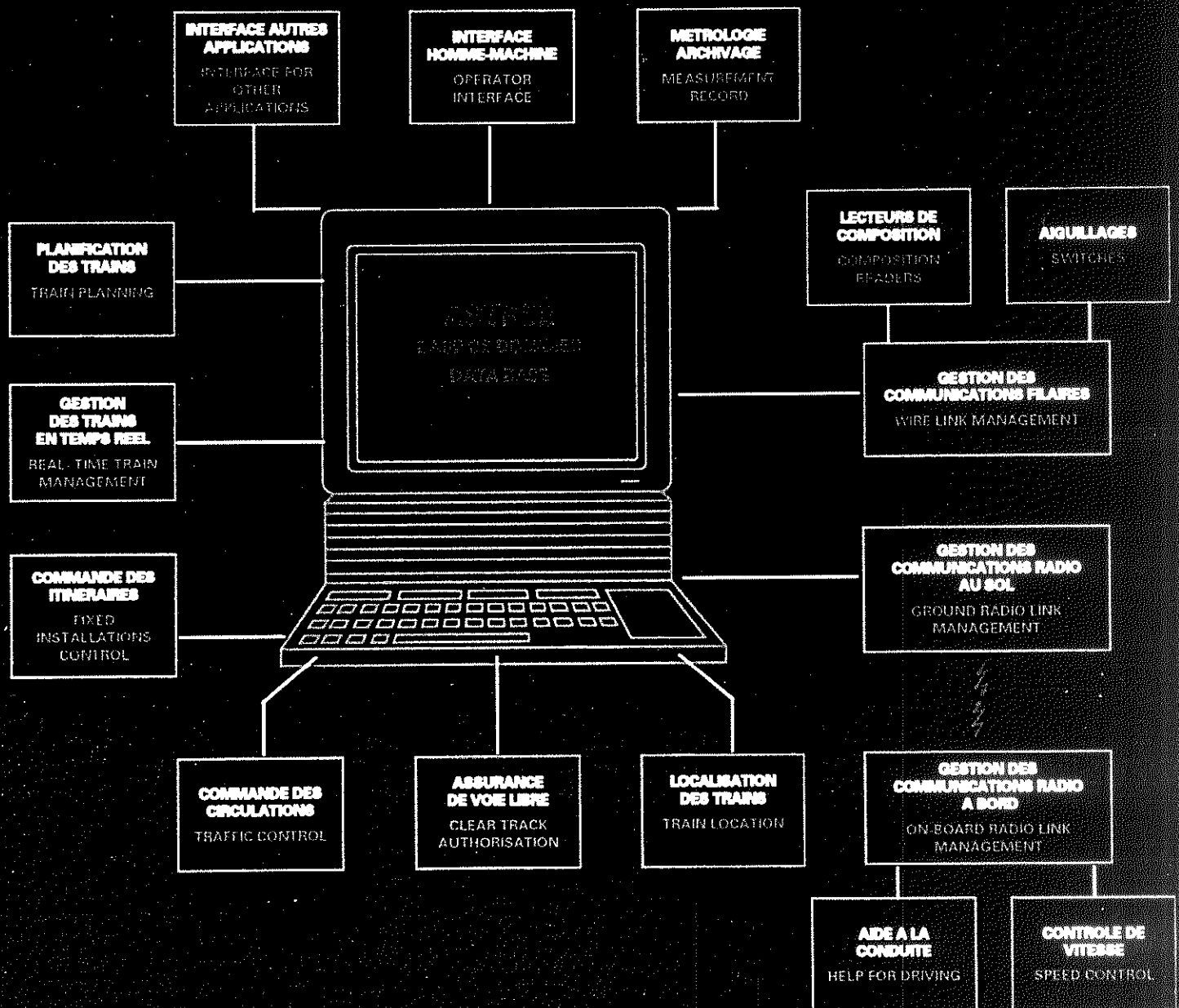
LES COMPOSANTS D'ASTREE AU SOL

GROUND ASTREE COMPONENTS



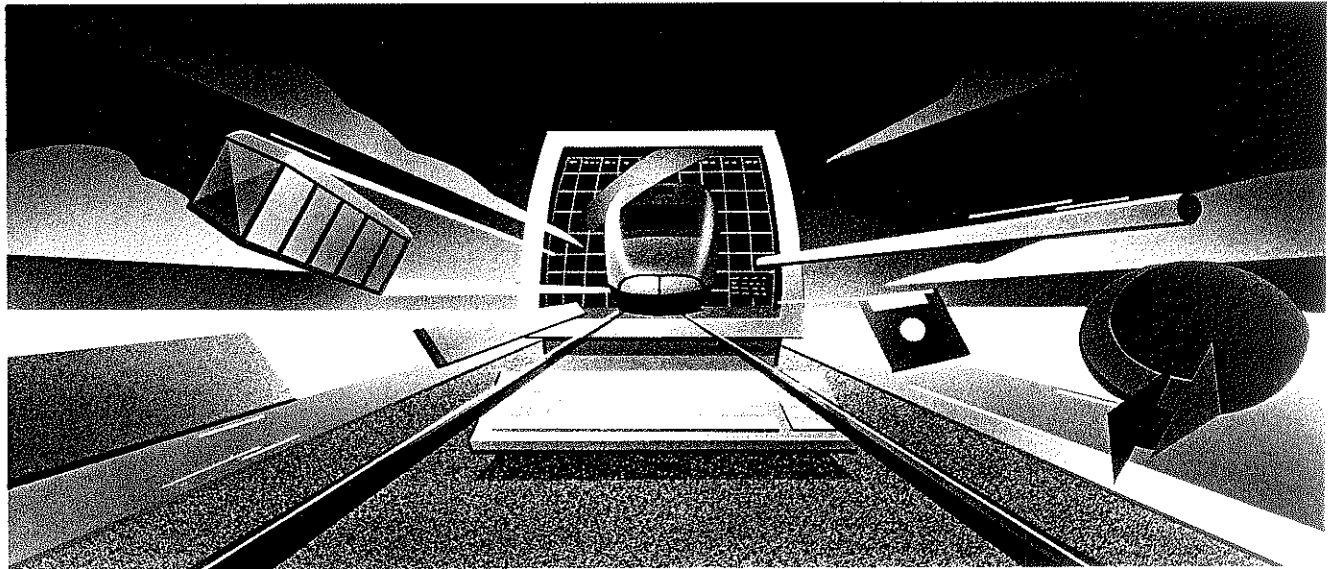
LES COMPOSANTS FONCTIONNELS D'ASTREE

ASTREE FUNCTIONAL COMPONENTS



SUR LES RAILS DE L'AVENIR :

LA RECHERCHE



La recherche SNCF dispose de solides références et peut même revendiquer la paternité de brillantes réalisations. La conception et le développement du système TGV représentent à cet égard le plus éclatant de ses succès.

Nous pourrions nous apesantir sur notre record du monde de vitesse sur rail, vous faire rêver avec les 515,3 km/h du TGV Atlantique. Mais est-ce suffisant pour convaincre un étudiant de haut niveau de

participer à notre effort de recherche ? Certainement pas. C'est pourquoi nous préférons vous présenter nos trois grands projets de recherche pour la fin de ce siècle.

Deux d'entre eux, ASTREE (définition d'un nouveau système de contrôle et de commande des circulations) et COMMUTOR (nouvelle conception de l'acheminement du fret fondée sur un transbordement rapide des superstructures), apporteront des innovations importantes

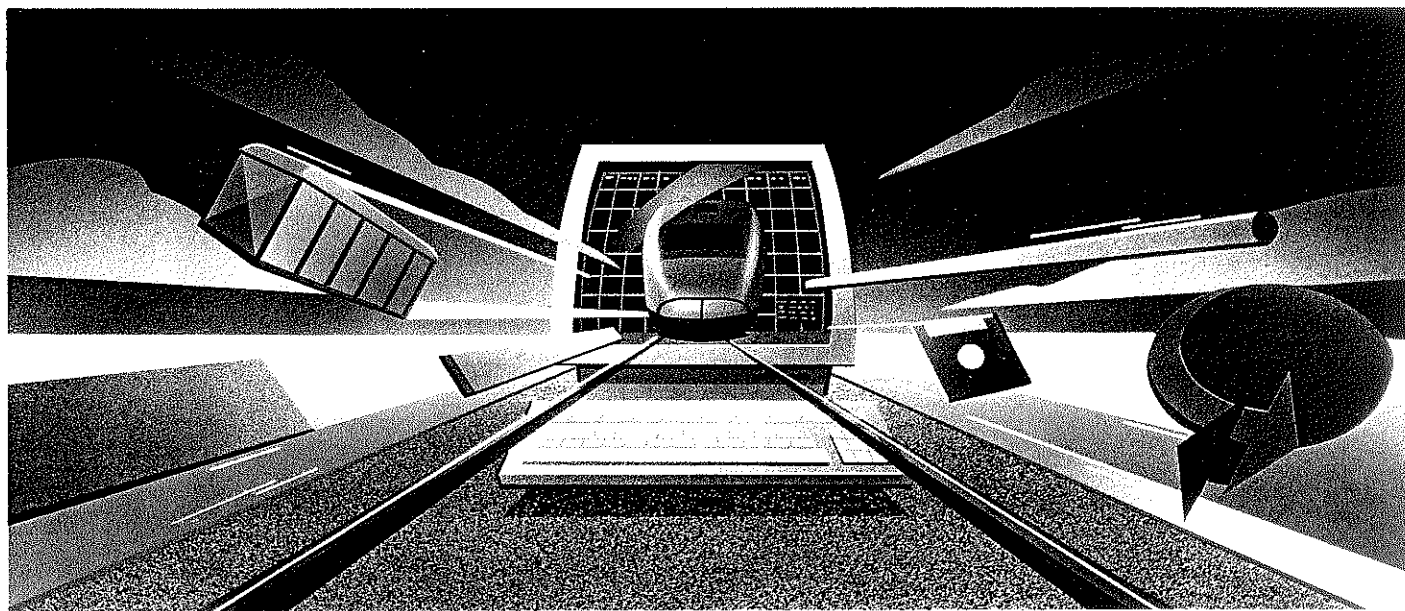
au service d'une attractivité et d'une compétitivité accrues de l'outil ferroviaire.

Le troisième projet vient d'être lancé. Il concerne le TGV du futur.

Les études, la définition des produits, l'établissement des cahiers des charges technico-fonctionnels qui soutiennent ces trois projets ne peuvent que passionner des étudiants de haut niveau.

SUR LES RAILS DE L'AVENIR :

LA RECHERCHE



La recherche SNCF dispose de solides références et peut même revendiquer la paternité de brillantes réalisations. La conception et le développement du système TGV représentent à cet égard le plus éclatant de ses succès.

Nous pourrions nous apesantir sur notre record du monde de vitesse sur rail, vous faire rêver avec les 515,3 km/h du TGV Atlantique. Mais est-ce suffisant pour convaincre un étudiant de haut niveau de

participer à notre effort de recherche ? Certainement pas. C'est pourquoi nous préférons vous présenter nos trois grands projets de recherche pour la fin de ce siècle.

Deux d'entre eux, ASTREE (définition d'un nouveau système de contrôle et de commande des circulations) et COMMUTOR (nouvelle conception de l'acheminement du fret fondée sur un transbordement rapide des superstructures), apporteront des innovations importantes

au service d'une attractivité et d'une compétitivité accrues de l'outil ferroviaire.

Le troisième projet vient d'être lancé. Il concerne le TGV du futur.

Les études, la définition des produits, l'établissement des cahiers des charges technico-fonctionnels qui soutiennent ces trois projets ne peuvent que passionner des étudiants de haut niveau.



La direction de la Recherche SNCF des missions, une structure

L'activité de recherche présente, pour la SNCF, un caractère essentiel car elle influence de manière décisive l'avenir à moyen et surtout à long terme de l'entreprise. La recherche technique est une nécessité pour améliorer le chemin de fer d'aujourd'hui et préparer celui de demain. Elle est fondamentalement guidée par le souci d'améliorer la compétitivité de l'entreprise par l'abaissement des coûts de production et par des progrès dans la qualité de l'offre.

La direction de la Recherche a trois missions. Elle a la maîtrise d'oeuvre de grands projets de recherche, elle assure une veille technologique et une recherche prospective, elle coordonne les efforts de recherche au niveau de l'entreprise.

Enfin, elle favorise à la SNCF l'esprit d'innovation en fournissant l'assistance technique nécessaire aux innovateurs potentiels.

La direction de la Recherche conduit de grands projets comme :

ASTREE, nouveau système de contrôle et de commande des circulations qui fait appel aux progrès les plus récents de l'informatique et des télécommunications,
COMMUTOR, nouvelle conception de l'acheminement du fret fondée sur un transbordement rapide et automatisé des superstructures mobiles de wagons ou de camions.

Elle met ses compétences au service de projet tel que

... Le TGV de la Nouvelle Génération :

- modélisation des structures en matériaux composites,
- aérodynamique,
- contact roue-rail,

TGV Fret, nouvelle approche du fret express basée sur le développement du réseau national et européen à grande vitesse.

Elle effectue une action de veille et de prospective technologique dans les pôles de compétence suivants :

- sciences physiques,
- informatique avancée,
- systèmes experts,
- traitement du signal,
- ingénierie du logiciel,
- sûreté de fonctionnement,
- systèmes ferroviaires.

Elle coordonne les actions de coopération technologiques internationales

- collaborations nouées directement par la SNCF avec les autres réseaux ferroviaires, éventuellement sous l'égide des états,
- association à des programmes européens lancés et soutenus financièrement par la Communauté Economique Européenne,
- participation aux travaux conduits sous la responsabilité de l'Union Internationale des Chemins de fer.

Elle noue les contacts avec les centres de recherche français et étrangers (CNRS, CNET, INRETS, ...) et assure le marketing de l'activité de recherche de la SNCF.

Des moyens au service de la Recherche

- un centre de calcul polyvalent.

Les moyens informatiques du centre de calcul de la direction de la Recherche regroupent :

- un supercalculateur vectoriel CONVEX
- deux mini-ordinateurs puissants (VAX 6000, HP 9000),
- une vingtaine de stations de travail (VAX, SUN, DEC), réservés au calcul scientifique,
- une cinquantaine de micro-calculateurs.

Ces unités de calcul sont toutes reliées entre elles au travers d'un réseau du type Ethernet, ce qui permet tous les échanges entre ces machines et le partage des diverses ressources externes (imprimantes et traceurs).

Enfin, des liaisons sont établies entre le centre de calcul Recherche et divers centres de calcul internes et externes.

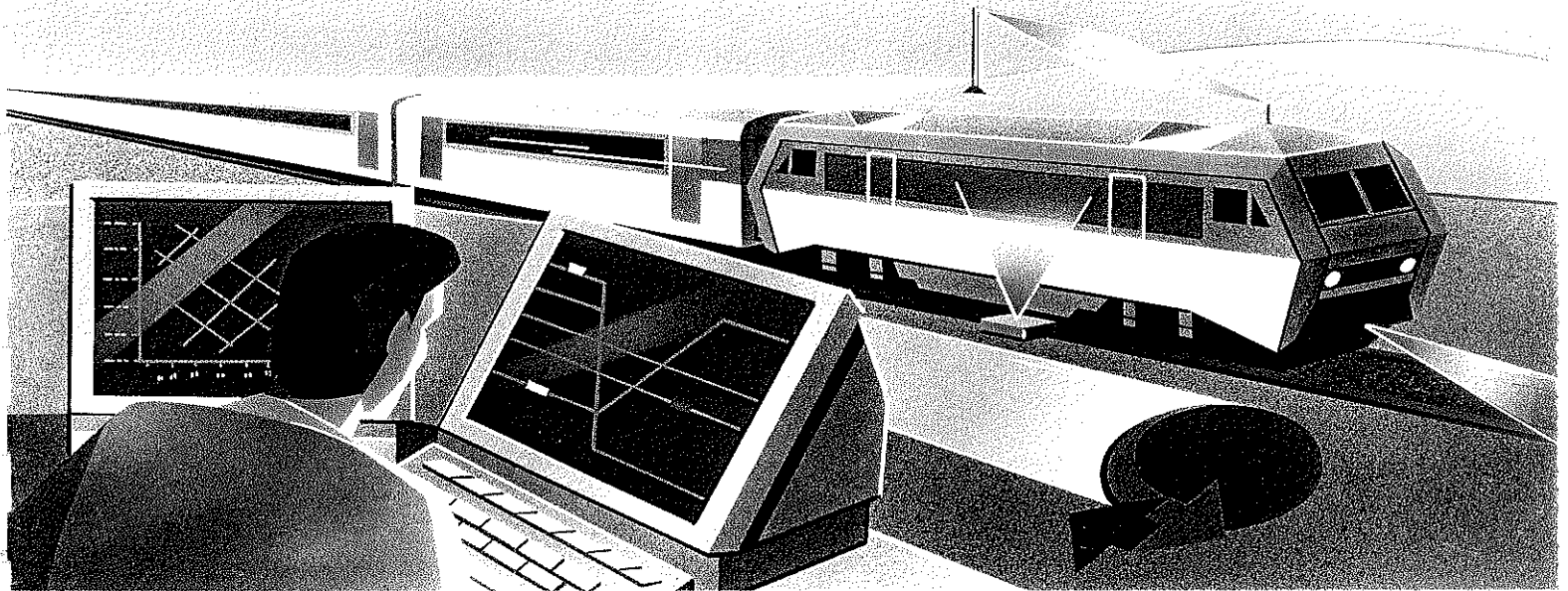
La direction de la Recherche, c'est aussi :

- une centaine de chercheurs,
- des laboratoires spécialisés en traitement du signal, électronique, micro-informatique,

- deux sites d'essais :
 - . centre opérationnel expérimental ASTREE de Gargan,
 - . sites d'essais de transbordement COMMUTOR de Trappes.

Astrée

a control - command system for the railway of the 21st century



The paramount idea behind the ASTREE project is to equip every train with position and transmission systems so as to be in touch with scores of data processing management and control centres across the territory.

The on-board equipment includes Doppler radars in order to measure current speed and distance covered, as well as a microwave reader of track based position transponders used for location. On the basis of the data delivered by the sensors, an odometric unit calculates the position of the train in the network, thereby ensuring its safety level. A train integrity control apparatus also forms part of on-board equipment, as well as a computer which not only communicates with the ASTREE center by bidirectional radio link, but also controls train speed. Finally, each vehicle has an identification tag which is read from the ground for train consist information.

All ASTREE operational centres are linked to each other and able to ask trains about their position and speed, and to acquire switches positions. The centres rely on a computerised data base which gives an accurate and comprehensive real time picture of the network and trains to support monitoring and control, route-setting and traffic control and finally, operational safety.

The orders prepared by ASTREE centres are transmitted to trains and switches via controls, authorisations, instructions and recommendations.

ASTREE increases operational flexibility line capacity, permits operational economy and homogenises the safety level.

Apart from numerous technical developments in system components, the ASTREE project calls for integrated functional tests

aimed at progressively developing operational specifications.

At present, the main ASTREE functions are undergoing tests in the Paris suburbs, on the Bondy - Aulnay line.

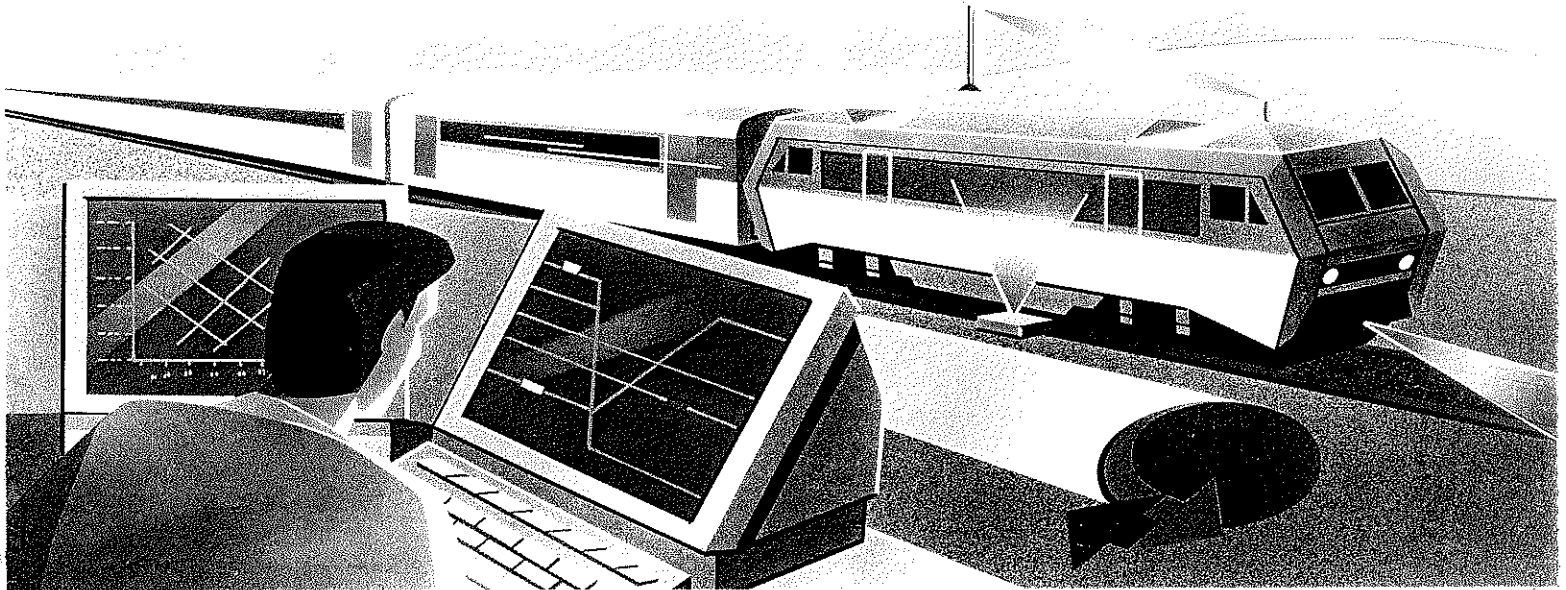
A comprehensive system functional test is also being elaborated and will include the greater part of the lines in the Eastern Parisian region, as of 1993. If this test confirms expectations, detailed functional studies could be completed by 1995/1996 with actual implementation on the network decided before the turn of the century.

Finally, this project has taken on a European dimension thanks to the cooperation now established with German railways companies which are developing a similar project.

Direction de la Recherche
45, Rue de Londres - 75379 Paris Cedex 08
Tél : (1) 42 85 65 13

Astrée

Un système de contrôle - commande pour le chemin de fer du 21^{ème} siècle.



L'idée maîtresse d'ASTREE consiste à équiper chaque train de moyens de localisation et de transmission avec quelques dizaines de centres informatiques de gestion et de commande répartis sur le territoire.

L'équipement de bord des locomotives comporte des radars Doppler pour mesurer la vitesse instantanée et la distance parcourue, ainsi qu'un lecteur à hyperfréquences des balises implantées dans la voie pour se localiser. A partir des informations délivrées par ces capteurs, une centrale odométrique calcule la position du train sur le réseau et garantit son niveau de sécurité. A bord on trouve également un dispositif de contrôle d'intégrité du train, et un calculateur de bord qui d'une part dialogue avec le centre ASTREE par une liaison radio bidirectionnelle et d'autre part contrôle la vitesse du train. Enfin chaque véhicule est équipé d'un badge d'identification. Ces badges, lus depuis le sol, permettent de connaître la composition des trains.

Les centres opérationnels ASTREE sont reliés entre eux et capables de demander aux trains leur position et leur vitesse, de connaître la position des aiguillages. Ils s'appuient sur une base de données informatique qui fournit en temps réel une représentation complète et précise du réseau et des trains, pour assurer le suivi et la régulation, les commandes des itinéraires et des circulations et enfin la sécurité de l'exploitation.

Les ordres élaborés par les centres ASTREE sont répercutés vers les trains et les aiguillages, sous la forme de commandes, autorisations, consignes, conseils.

ASTREE permet d'accroître la souplesse d'exploitation et la capacité des lignes, autorise des économies d'exploitation, et homogénéise le niveau de sécurité.

Le projet ASTREE nécessite, outre de nombreux développements techniques sur

les composants du système, la réalisation de tests fonctionnels intégrés permettant de compléter progressivement les spécifications fonctionnelles.

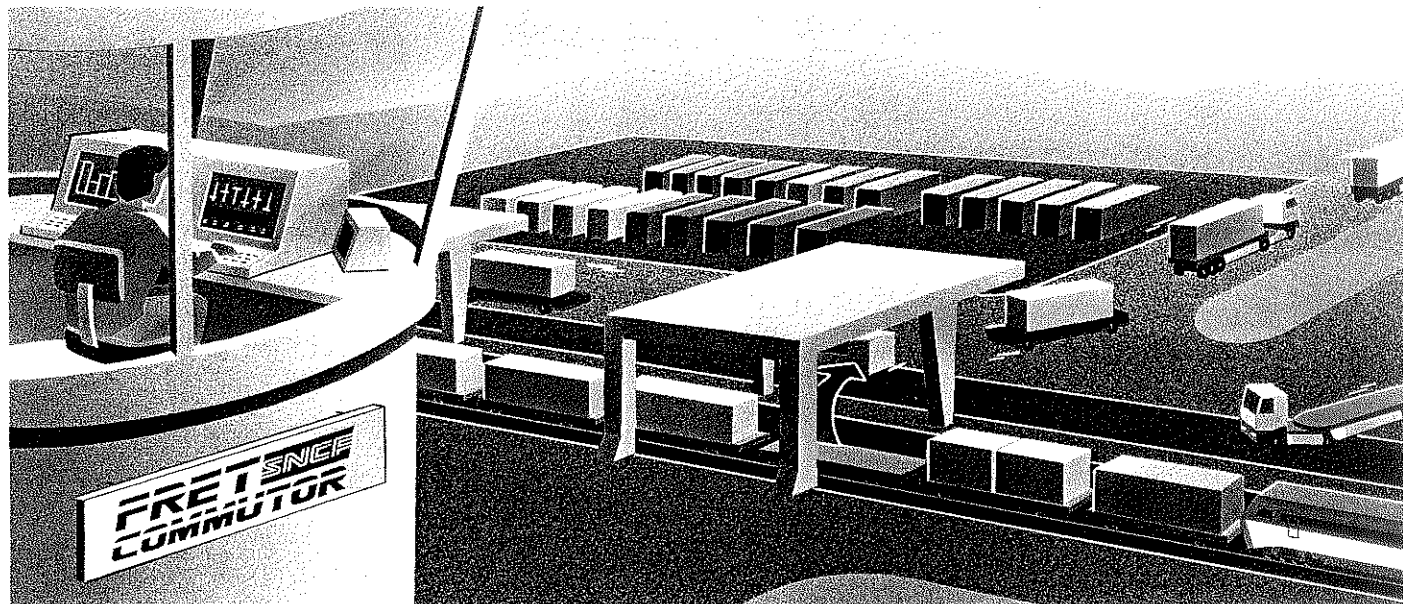
Actuellement, les fonctions de base d'ASTREE sont testées en banlieue parisienne sur la ligne de Bondy à Aulnay.

Un test fonctionnel complet du système est en préparation. Il concernera la plus grande partie des lignes de la région de Paris-Est, à partir de 1993. Si celui-ci confirme les attentes, les études fonctionnelles détaillées pourront être terminées vers 1995/1996 et la mise en oeuvre proprement dite sur le réseau pourrait alors être décidée avant la fin du siècle.

Enfin, ce projet a pris une dimension européenne, une coopération s'étant établie avec les chemins de fer allemands qui développent un projet similaire.

Direction de la Recherche
45, Rue de Londres - 75379 Paris Cedex 08
Tél : (1) 42 85 65 13

COMMUTOR



Le projet COMMUTOR a pour but de remplacer le passage des wagons dans un triage par un transbordement rapide de superstructures, notamment conteneurs ou caisses mobiles disposées sur des wagons.

Ce projet doit conduire à une véritable révolution dans l'acheminement du fret, comparable à celle apportée par le TGV dans le domaine du transport des voyageurs.

Les échanges entre grands centres terminaux sont aujourd'hui effectués au moyen de trains directs tandis que le passage par le chantier COMMUTOR permet de réaliser des correspondances entre trains afin d'assurer une couverture fine du territoire, même en l'absence d'un trafic suffisant pour créer un train

direct entre deux centres. Dans un chantier de correspondances, on pourrait traiter un train d'une trentaine de wagons toutes les quinze minutes.

Plusieurs choix technologiques restent à faire. Ils concernent notamment des robots mobiles autonomes qui doivent transporter des superstructures d'une masse de 70 tonnes entre la zone de chargement d'un train et la zone de stockage ou d'enlèvement routier.

Sur un chantier de correspondances, quinze à trente robots mobiles pourraient évoluer à des vitesses comprises entre trois et cinq mètres par seconde.

A partir d'un plan de transport national, l'ordinateur gestionnaire de chantier doit connaître la compo-

sition exacte du train et, notamment, la place et le nombre de superstructures à décharger, mais aussi à charger selon la destination finale de la rame. Cet ordinateur va planifier le travail de chaque appareil de manutention, appliquer une stratégie de gestion des mouvements et superviser en temps réel la flotte de robots mobiles.

Ce superviseur interviendra ensuite pour recevoir le compte-rendu de mission ou – en cas d'incident – pour recalculer la trajectoire d'un robot qui se serait perdu dans l'immense zone de stockage.

Un chantier expérimental doit être réalisé à Trappes pour comparer et valider les différentes solutions envisagées.

COMMUTOR se décline en plusieurs produits (gare terminale, gare de passage, gare de correspondance).

Sa dimension européenne lui assure un avenir prometteur.

LE TGV DU FUTUR



Le troisième grand projet, celui du TGV du futur, s'appuie sur l'exploration de techniques et concepts d'avant-garde et le perfectionnement des technologies actuelles.

Pour ce qui est de l'exploration de techniques nouvelles, une attention particulière est portée aux matériaux nouveaux et spécialement aux matériaux composites qui pourraient recevoir des applications dans la construction ferroviaire (caisse, bogie, pantographe...), notamment en matière d'allègement des matériels. Ce projet s'appuie aussi sur des recherches à caractère fondamental, notamment dans les registres de la mécanique du contact rail-roue ou de l'aérodynamique.

Pour ce qui est du perfectionnement des technologies actuelles, les travaux concernent aussi bien le domaine du matériel roulant que celui des installations fixes dans

lequel les progrès de l'électronique, de l'informatique et des télécommunications permettent une amélioration importante des moyens de contrôle et de gestion des circulations (suivi des trains, radio à transmission de données, poste d'aiguillage informatisé...). En particulier, un recours important est fait aux techniques de l'intelligence artificielle et plus spécialement aux systèmes experts.

Des progrès peuvent encore être accomplis en matière de chaîne de traction, de suspension, de stabilité, de freinage et de captage de courant. L'aboutissement des études qui viennent d'être lancées devrait permettre au TGV de la 3ème génération de parcourir 1000 km en trois heures en service commercial.

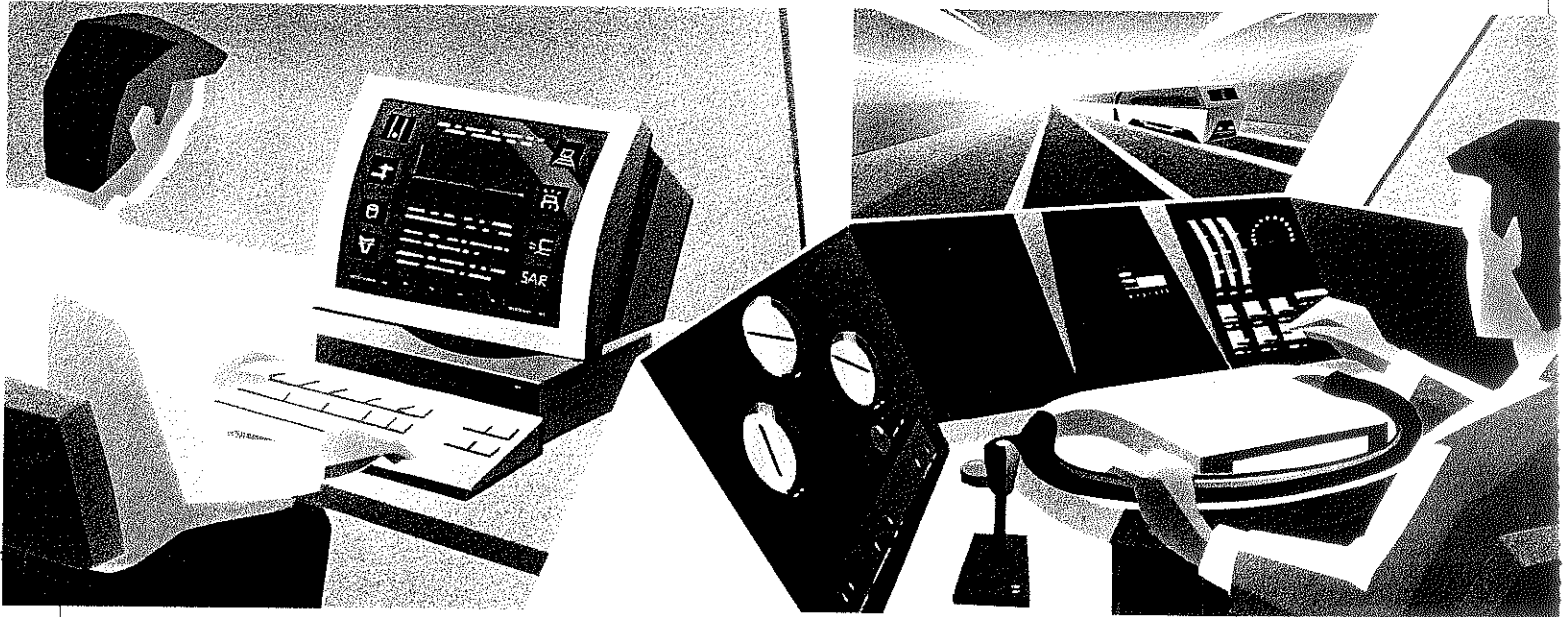
Ces recherches auront également des retombées positives tant sur le plan de la consommation énergétique que sur celui de l'environne-

ment. En particulier, la conjugaison d'un aérodynamisme amélioré et d'un système de freinage plus performant permet d'escompter une réduction sensible du bruit émis, rendant ainsi plus aisée l'insertion des lignes TGV dans les différents sites traversés.

L'objectif des performances techniques n'est pas le seul poursuivi par les travaux de recherche engagés dans le cadre de ce projet. Les performances économiques du système TGV vont être optimisées sur le double plan du coût d'acquisition et du coût d'exploitation à la place des rames.

La conjonction de l'accroissement de l'attrait de la gamme TGV (amélioration des performances, maîtrise des coûts) et des possibilités d'ouverture de voies nouvelles de développement de la filière TGV (TGV 350, TGV nuit, TGV fret) nécessite des choix stratégiques.

Le simulateur de conduite ferroviaire



Le simulateur de conduite ferroviaire est destiné à la formation et au perfectionnement des agents de conduite. Il reproduit l'intérieur d'une cabine de locomotive et son pupitre de commande, permettant ainsi de recréer, dans un environnement réaliste, un ensemble de situations qu'un conducteur est susceptible de rencontrer et qu'il est impossible de provoquer au cours d'un enseignement normal sur un matériel roulant opérationnel. Basé sur les techniques les plus modernes de la vidéo interactive, ce simulateur est équipé d'un système de visualisation qui représente le paysage, la voie et la signalisation. Des éléments d'images synthétiques, incrustés dans un paysage filmé enregistré sur des vidéodisques, défilent devant les yeux du mécanicien et représentent l'aspect variable des signaux et les obstacles sur la voie.

L'animateur, situé à l'extérieur de la cabine, choisit les paramètres de l'exercice, suit le

déroulement de celui-ci et peut à tout moment créer des situations particulières de nature à provoquer des réactions du conducteur : apparition d'incidents, pannes, modification de signalisation, interventions radio...

Au fur et à mesure du développement sur les locomotives de nouveaux dispositifs d'assistance, comme le contrôle de vitesse, les fonctionnalités du simulateur vont être enrichies. Les appareils vont aussi être diversifiés pour offrir aux conducteurs des conditions de simulation aussi proches que possible de l'exercice réel de leur métier. Un simulateur de TGV Transmanche a été défini, en coopération avec les chemins de fer britanniques.

Un simulateur de matériel automoteur banlieue est à l'étude. Par ailleurs, le développement de la simulation comme élément de formation puissant et efficace permet d'envisager :

- une simulation du dépannage sur la locomotive ou sur le train,
- une aide à la compréhension par le conducteur des phénomènes dynamiques (accélération, freinage, réactions du véhicule).

Ces études sont menées à bien par des équipes associant les exploitants de la direction du Transport pour la spécification fonctionnelle, les chercheurs de la direction de la Recherche de la SNCF pour la programmation des éléments typiquement ferroviaires et les spécialistes de chez GIRAVIONS, société spécialisée en stockage d'images de synthèse, commandes de lecteurs, de vidéodisques à vitesse variable ainsi qu'en incrustation en temps réel d'éléments d'images de synthèse dans des vues préenregistrées.

SEPIA

(Système d'Exploitation des Postes d'aiguillage par Intelligence Artificielle)

Un logiciel temps réel qui concilie l'exploitation et le service du client



Dans un poste d'aiguillage, l'aiguilleur procède notamment au choix et à la commande des itinéraires suivis par les trains.

SEPIA est un logiciel temps réel qui effectue l'ensemble des activités, non sécuritaires, remplies par un aiguilleur : identification des trains, choix et commande des itinéraires, gestion des conflits dans l'utilisation des itinéraires et des voies de stationnement, suivi et contrôle de l'évolution des trains, traitement et diffusion de l'information relative à la circulation des trains.

La métaphore de base du fonctionnement de SEPIA consiste à assimiler chaque train à une sorte de robot muni d'une certaine autonomie d'action. Le train pénétrant, sur la zone gérée par le poste d'aiguillage, a pour objectif d'atteindre le point terminus de sa mission. Cette dernière se résume à circuler sur le réseau ferroviaire pour desservir différents points de passage obligés ou de stationnements prévus. Chaque train va donc calculer le parcours optimal lui permettant d'assurer cette mission en respectant au mieux les horaires de circulations prescrits. La présence d'autres trains transitant sur le réseau est de nature à contrarier la réalisation de ce but.

Des conflits d'utilisation des ressources, quais et itinéraires, sont donc prévisibles et devront être résolus par des arbitrages effectués par des systèmes experts mimant la démarche de l'aiguilleur du poste.

Lors de l'attribution des quais de stationnement, un compromis est réalisé entre les contraintes d'exploitation du réseau et la qualité du service offert à la clientèle ; quai habituel, quai le plus accessible, le moins encombré, etc. L'exploration globale de toutes les solutions envisageables est une tâche impossible même pour l'ordinateur le plus performant. La démarche de résolution adoptée a consisté à décomposer le problème global qui est d'atteindre le point terminus, en une suite de sous-problèmes, atteindre successivement tous les points de passage obligés. L'image, illustrant au mieux, cette approche est celle du "stepping stone" effectué par une personne devant franchir une rivière parsemée de blocs à demi immergés et qui bondit de rochers en rochers pour gagner la berge opposée. Chaque saut est déterminé par la localisation du bloc atteint et celle des blocs accessibles. En cas d'impasse, il est toujours possible de rebrousser chemin et d'explorer d'autres voies.

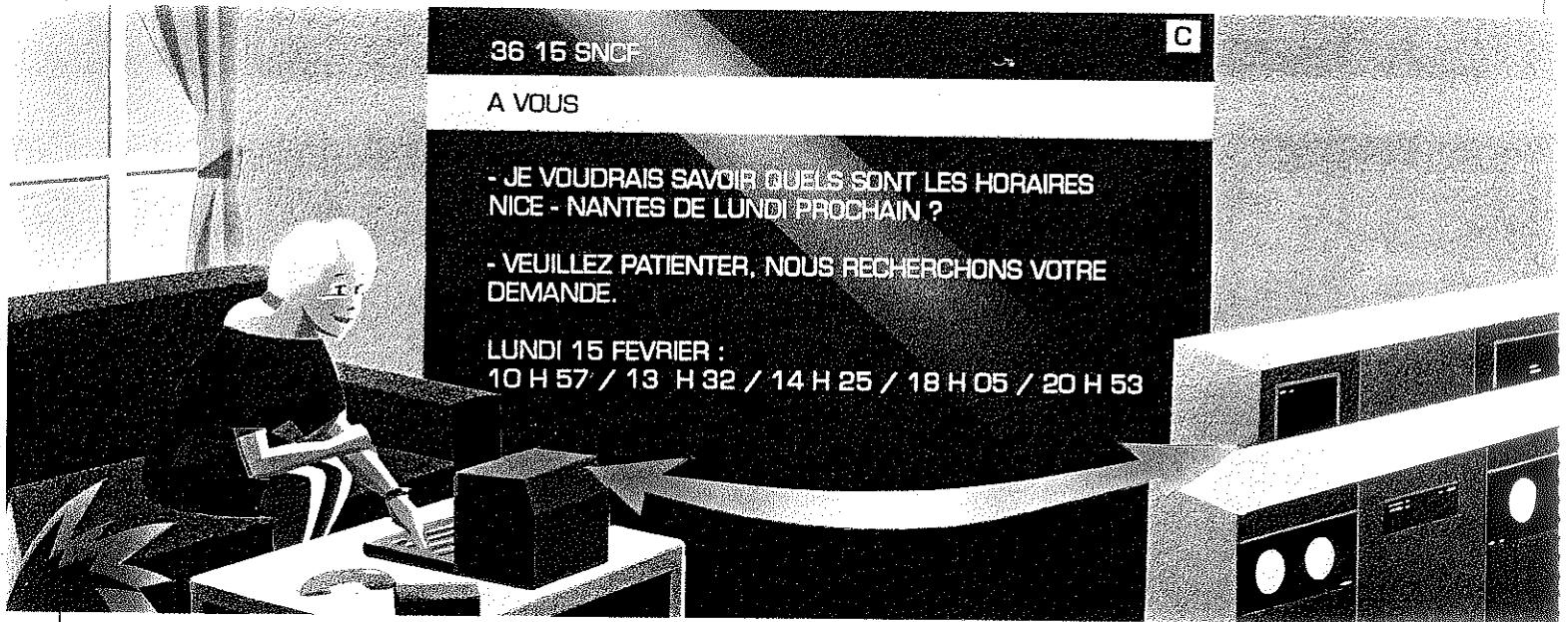
Simplement le train géré par SEPIA est un être raisonnable qui calcule son cheminement avant de le parcourir réellement. Il retient de cette exploration le périples le plus attrayant compte tenu de la disponibilité observée du réseau ferroviaire et de la présence d'autres trains actifs à remplir leur propre mission.

SEPIA utilise les principales techniques d'Intelligence Artificielle telles que les systèmes experts et la génération de plans. Multi-tâche, SEPIA est réalisé à l'aide d'objets fonctionnellement dédiés.

Capable, à terme, de gérer de grands postes d'aiguillage, des commandes centralisées du trafic, SEPIA a pour ambition d'aider à accroître la productivité et la qualité de service des agents assurant la gestion des circulations. Depuis novembre 1990, la première version de SEPIA est opérationnelle en test sur le poste d'aiguillage de Gargan gérant la ligne Bondy-Aulnay. La production prochaine d'une version industrielle de SEPIA permettra l'utilisation de ce système sur les postes d'aiguillage à commande informatisée de la SNCF et de tout autre réseau étranger utilisant des techniques similaires.

DIANA :

Un langage naturel entre l'homme et la machine



Utiliser sa propre langue, pour communiquer avec un ordinateur est depuis longtemps un rêve que les chercheurs en intelligence artificielle commencent à réaliser grâce aux études sur le langage naturel. On désigne ainsi ce domaine de l'intelligence artificielle qui se préoccupe de la compréhension et du traitement des langues humaines. Cette approche se distingue de la linguistique ou de la traduction automatique par le développement des logiciels d'interface qui seront utilisés par exemple, pour la consultation de base de données.

La direction de la Recherche de la SNCF, dans le cadre de la veille technologique, a réalisé une maquette DIANA ; son domaine

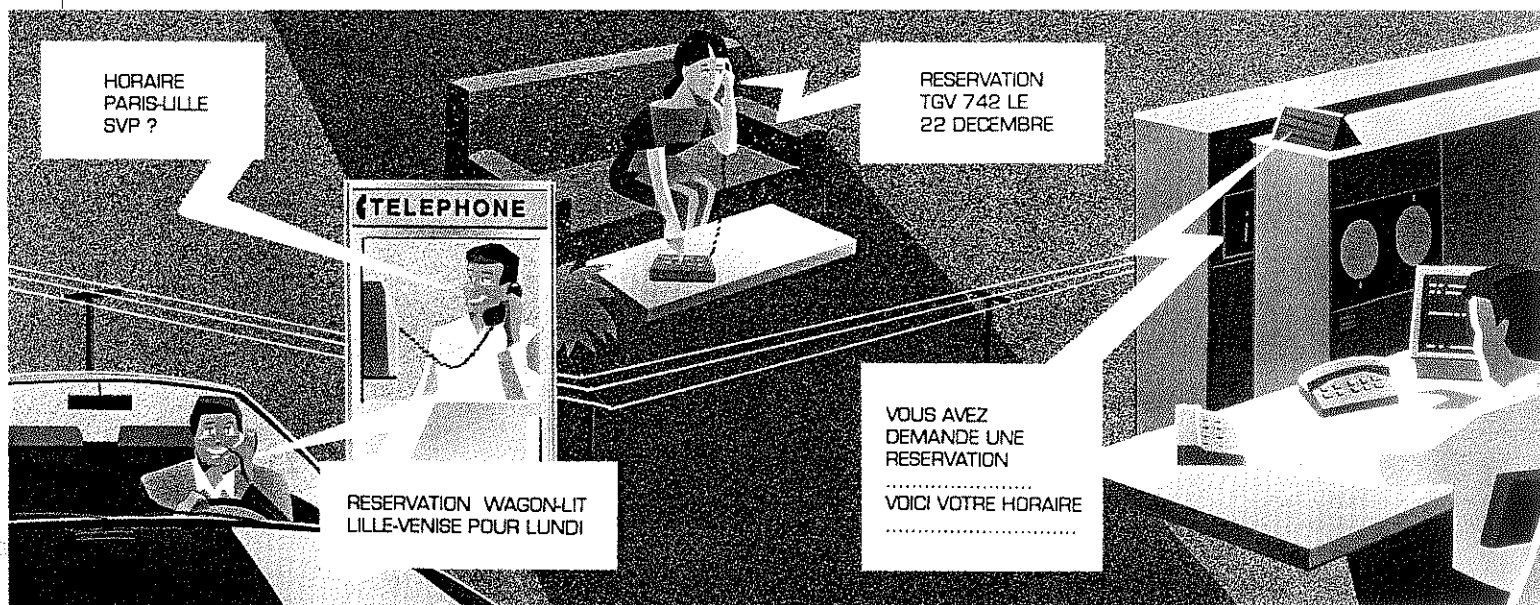
est celui de l'interrogation de base de données commerciales voyageurs, horaires, tarifs, prestations diverses. En fait, il s'agit d'un dialogue voyageurs-agent de renseignements.

Cette maquette s'appuie sur l'analyse d'un corpus de dialogue écrit entre clients et machines, obtenue à l'aide d'une simulation avec un opérateur humain (opération menée en gare Saint-Lazare). Le système comporte un module raisonneur qui pilote le dialogue et fait appel à un analyseur de phrase, analyseur décomposé en analyse sémantique, morphologique et lexicale ; un gestionnaire d'historique permet de traiter certaines informations implicites.

DIANA permet un dialogue non guidé avec la base de données commerciales voyageurs ; ainsi, les questions sont posées très librement par les utilisateurs ; si elles contiennent toutes les précisions nécessaires, la réponse est immédiate, si elles sont incomplètes, le logiciel intervient pour faire compléter par le client la question.

L'intérêt de cette application pour le grand public a conduit à développer cette maquette en vue d'une implantation sur le serveur télématique SNCF. Cette étude est menée en collaboration avec l'équipe CNRS du LIMSI.

Les technologies Vocales appliquées aux Centres de Renseignements Téléphonés Voyageurs



La télématique vocale désigne l'ensemble des services permettant d'obtenir une information sous forme vocale par l'intermédiaire du réseau téléphonique classique. Le téléphone devient ainsi un terminal d'ordinateur et peut se connecter à un serveur distant qui diffuse de l'information vocale. Un dialogue plus ou moins convivial peut se nouer avec ce serveur : simple consultation d'informations vocales, messagerie, accueil et orientation automatique des appels ...

La télématique vocale ou audiotex commence à atteindre les services grand public. Actuellement, l'accès le plus répandu aux serveurs vocaux interactifs (SVI) est basé sur le téléphone à clavier multifréquence. Mais l'utilisation du clavier limite le dialogue avec le serveur et restreint le nombre d'applications envisageables. Une alternative séduisante est l'utilisation de la reconnaissance de parole pour l'interrogation de ces bases de données vocales. En effet, commencent à apparaître des systèmes de reconnaissance indépendants du locuteur adaptés aux limitations du canal téléphonique.

Pour obtenir un renseignement téléphonique, la clientèle de la SNCF s'adresse à l'un des Centres de Renseignements Téléphonés Voyageurs (CRTV). Il y en a une centaine, répartis sur le territoire national. Le nombre d'appels annuels est de l'ordre de 40 millions et l'on estime qu'il va passer à 80 millions à l'horizon 1995.

La télématique vocale peut apporter une aide aux opérateurs de ces CRTV dans le but de satisfaire le plus grand nombre d'appels.

Dans le cadre de la veille technologique, la direction de la Recherche de la SNCF travaille depuis quelques années sur les applications du traitement automatique de la parole. Quelques réalisations significatives sont sorties de ses laboratoires dans les domaines du codage, de la synthèse et de la reconnaissance de la parole.

Cette compétence est aujourd'hui mise au service d'une expérimentation menée sur l'apport des technologies vocales pour l'interrogation grand public des CRTV.

L'objectif du projet est de définir, d'étudier, de mettre en place et d'évaluer un serveur vocal interactif utilisant la reconnaissance de parole via le canal téléphonique. Ce système doit permettre l'interrogation d'une base de données contenant des informations sur les horaires des trains, les tarifs, les retards ...

Cette étude nécessite à la fois une amélioration des techniques de reconnaissance multilocuteur ainsi que la prise en compte d'une gestion plus sophistiquée du dialogue homme-machine. L'amélioration des techniques de reconnaissance porte sur la taille du vocabulaire pouvant être reconnu à chaque instant, la complexité de ce vocabulaire ainsi que la prise en compte de mots enchaînés. Des expériences sont menées pour passer d'un dialogue simple par menus à un dialogue plus sophistiqué utilisant des processus de coopération tels que la gestion de l'historique, la confirmation ...

La SNCF s'appuie dans cette étude sur la réalisation d'un corpus en langage parlé obtenu en situation réelle dans l'un de ses CRTV. Un prototype expérimental est en cours de réalisation au CRTV de Lille. Cette étude est menée en collaboration avec le CNET.