



L'infrastructure ferroviaire



Sommaire

1^{ère} partie

Introduction à la technologie ferroviaire

Historique des chemins de fer au Maroc

Étude du tracé d'une infrastructure ferroviaire

Les rails

2^{ème} partie

Les traverses et les attaches

L'éclissage et les longs rails soudés (LRS)

Les structures d'assises

La mécanique de la voie

3^{ème} partie

Pose de la voie

Entretien de la voie

Les appareils de voie

Équipement des lignes pour la traction électrique



L'infrastructure ferroviaire

1ère partie

SOMMAIRE :

Introduction au domaine ferroviaire

Historique des chemins de fer au Maroc

Introduction à la technologie ferroviaire

Étude du tracé d'une infrastructure ferroviaire

Les rails



INTRODUCTION AU DOMAINE FERROVIAIRE

Le **chemin de fer** est un système de transport guidé

Il se compose :

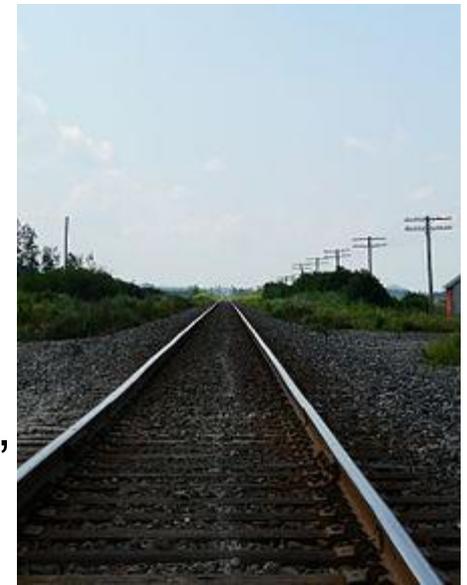
- d'une infrastructure spécialisée,
- de matériel roulant et
- de procédures d'exploitation.



la caractéristique fondamentale du chemin de fer est le roulement acier (roue) sur acier (rail)

c'est un transport guidé (par les rails) qui n'offre aux véhicules qu'un seul degré de liberté, en avant ou en arrière.

les véhicules (wagons et voitures) ne circulent pas isolément comme sur la route, mais groupés en convoi, le train, tracté par une locomotive.





Historique des Chemins de Fer au Maroc



BREF HISTORIQUE DES CHEMINS DE FER DU MAROC.

1916 1^{ère} ligne à écartement de 0.60m.

1923 1^{ère} voie à écartement normal.

1963 Rachat des concessions et création de l' ONCF.

1994 Restructuration de l'ONCF.

**2002 Réorganisation de l' ONCF en unités d'affaires.
Logique de développement – Projet d'entreprise 2010 – .**

**2005 Libéralisation du secteur ferroviaire.
Processus de transformation de l' ONCF en Société anonyme**

2007 Lancement du projet de la Grande Vitesse





Période du protectorat

- 3 compagnies co-existent :
 - compagnie des Chemins de Fer du Maroc : C.F.M.
 - compagnie des Chemins de fer du Maroc Oriental : C.M.O.
 - compagnie de la ligne ferroviaire Tanger – Fès : T.F.





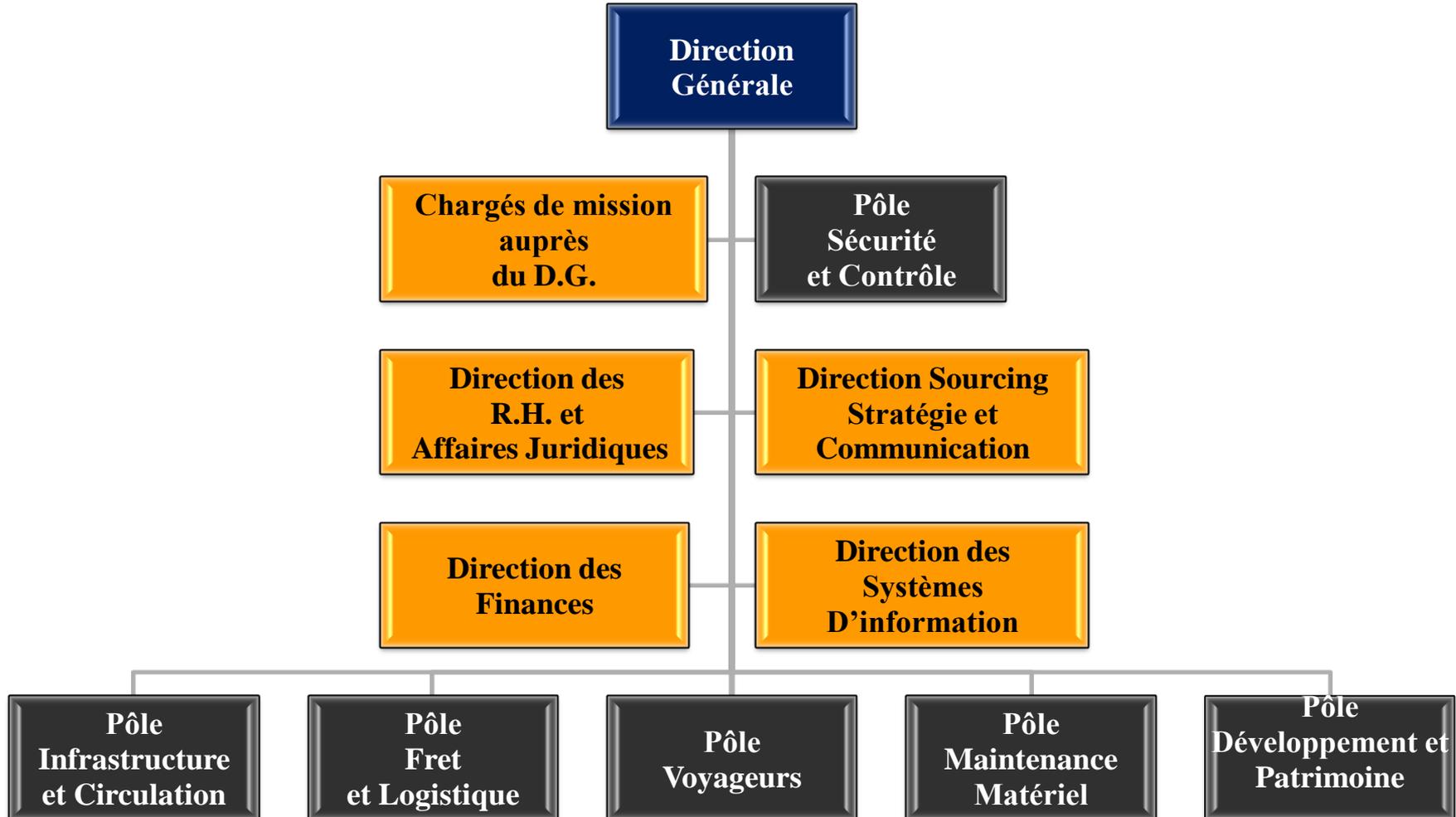
Après l'indépendance

**Création de l'Office National des Chemins de Fer :
par le dahir n°1-63-225 du 14 rabia I 1383 (6 août 1963)**





Organisation ONCF





Représentations internationales de l'ONCF

- Organisation intergouvernementale pour les transports internationaux ferroviaires (OTIF)
- Union Internationale des Chemins de Fer (UIC)
- Union Arabe des Chemins de Fer (UACF)
- Comité du Transport Ferroviaire Maghrébin (CTFM)





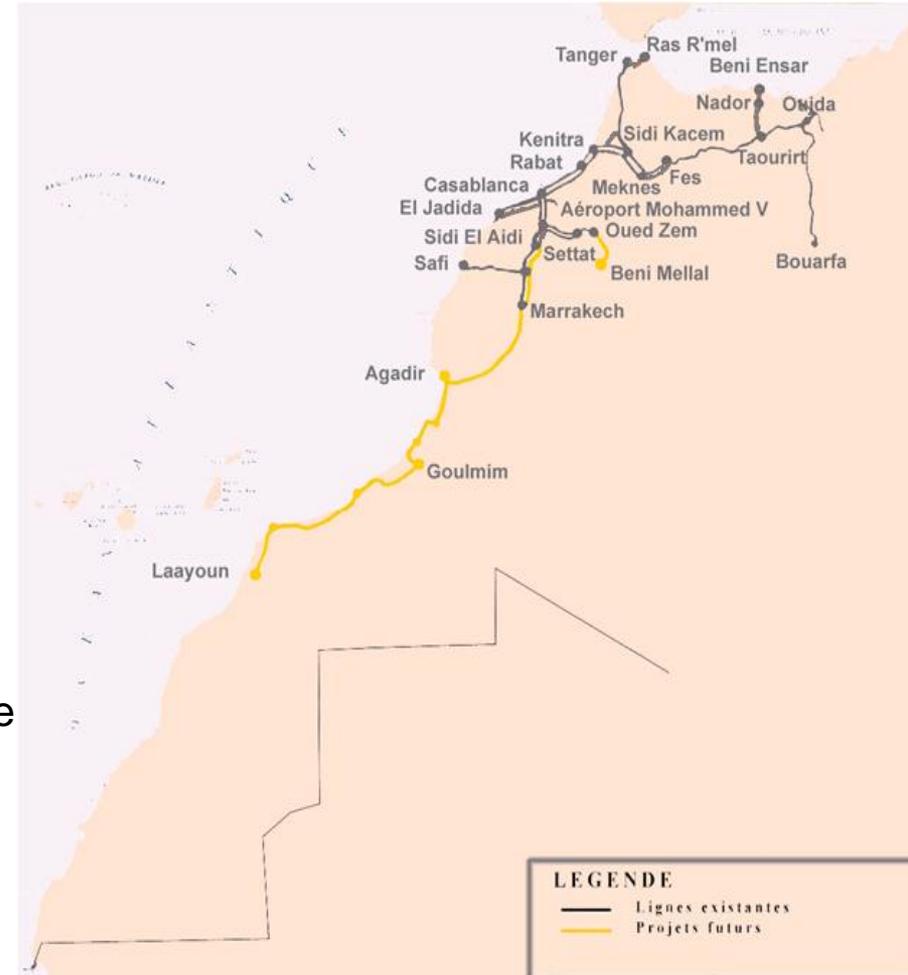
ONCF EN CHIFFRES

❑ Réseau :

- Lignes ouvertes à la circulation : 2110 Km.
- Lignes à voie double: 600Km.
- Lignes électrifiées : 1 245Km.
- Passages à niveau : 506 dont 38 gardés.
- Nombre de gares : 117.

❑ Matériel roulant :

- Locomotives électriques : 89.
- Rames automotrices : 38.
- Locomotives diesels : 122 dont 38 pour la ligne.
- Voitures à voyageurs : 448.
- Wagons : 5696 dont 1504 pour le transport de phosphate.





ONCF EN CHIFFRES

❑ Infrastructure:

Signalisation :

- 610 Km de BAPR
- 282 km BAL
- 184 km Block Manuel
- 662 Km de cantonnements téléphoniques
- 89 postes électriques
- 10 postes mécaniques
- 20 PAI
- Installation du Système de contrôle de vitesse **ERTMS niveau 1** entre Ain Sebaa et Rabat Agdal **78.4 km (fin des travaux « sol » prévue fin 2011)**

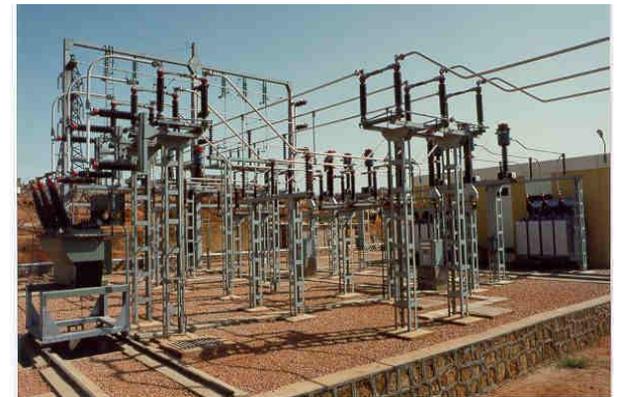


Télécommunication :

- 1297 km de RST
- 1570km fibre optique

Sous station :

- 49 Sous Stations fixes (avec une puissance totale 188 MW)
- 04 Postes de sectionnement





Un important Programme d'investissement 2005 - 2009

1- Doublement Méknès / Fès En exploitation

2- Doublement Nouasseur / Jorf Lasfar En exploitation

3- Desserte Tanger / Port Med En exploitation

4- Sidi Yahia / M.B. KSIRI

5- Desserte ferroviaire Taourirt / Nador En exploitation

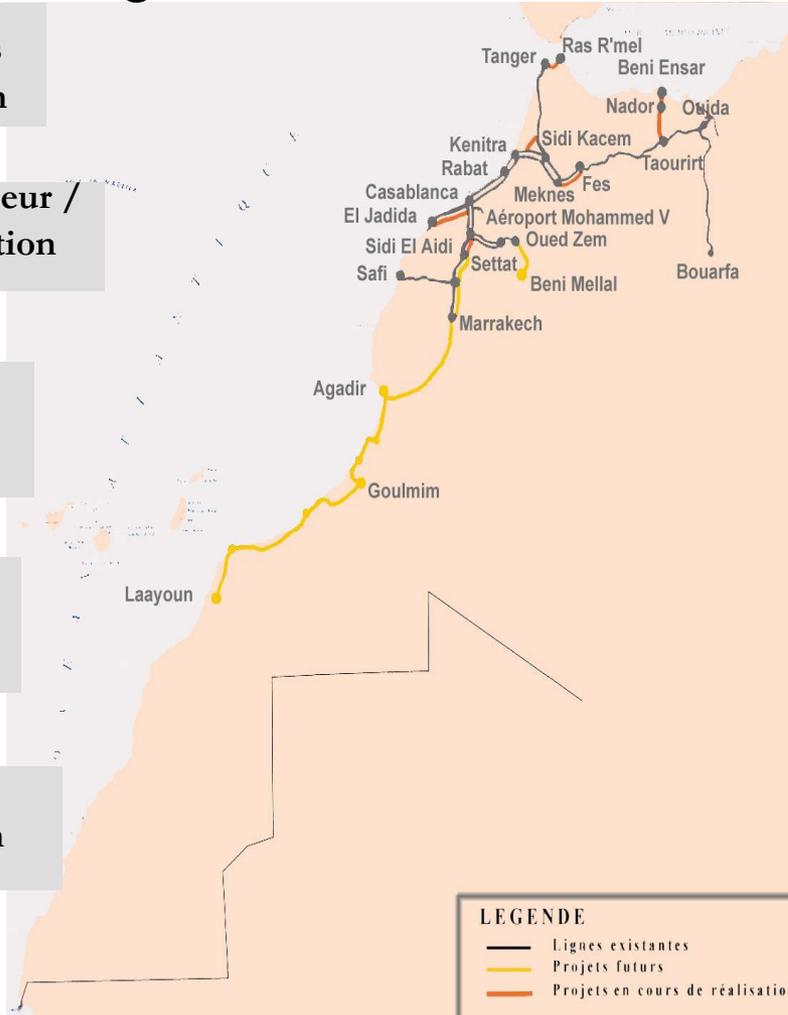
6- Doublement Sidi El Aidi / Settat En exploitation

7- Installations sécurité En exploitation

8- Electrification axe Nord

9- Aménagement gares Réalisé

10- Rames automotrices à deux étages En exploitation





Projet d'entreprise 2010-2015



50 millions
de voyageurs



50 millions tonnes
de marchandises



50 milliards
investissements





Quelques investissements du plan 2010 - 2015

1- Grande Vitesse
Kénitra - Tanger

2- Triplement des voies
Témara - Mohammédia

3- Troisième voie de
contournement de Rabat
Témara - Bpuknadel

4- Troisième voie entre
Bouknadel et Kénitra

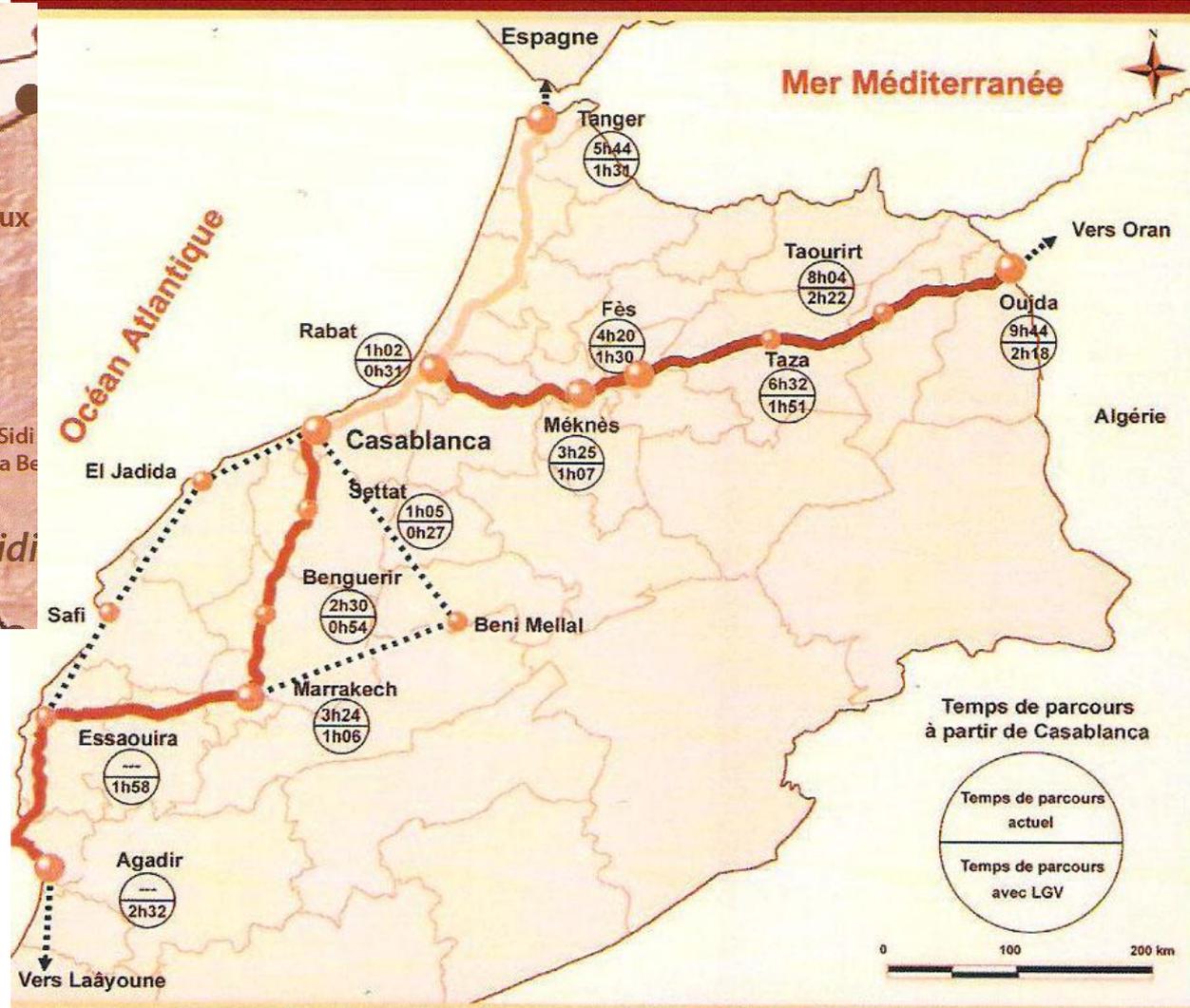
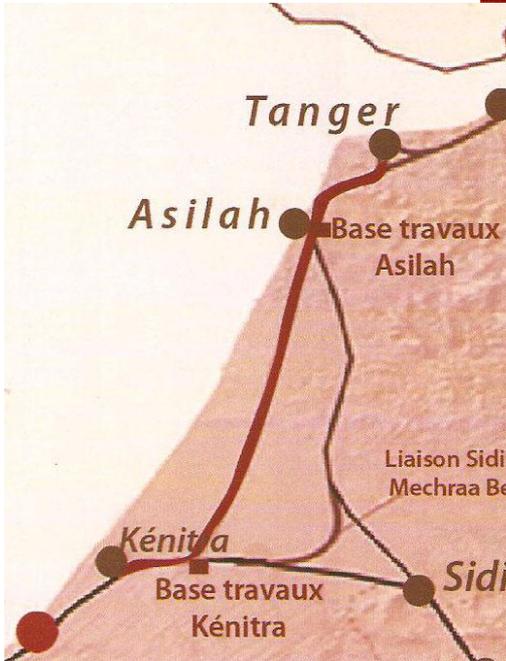
5- Doublement de la
voie entre
Benguérir et
Marrakech

6- Acquisition de 20
locomotives (en
cours de livraison)





Perspectives d'avenir



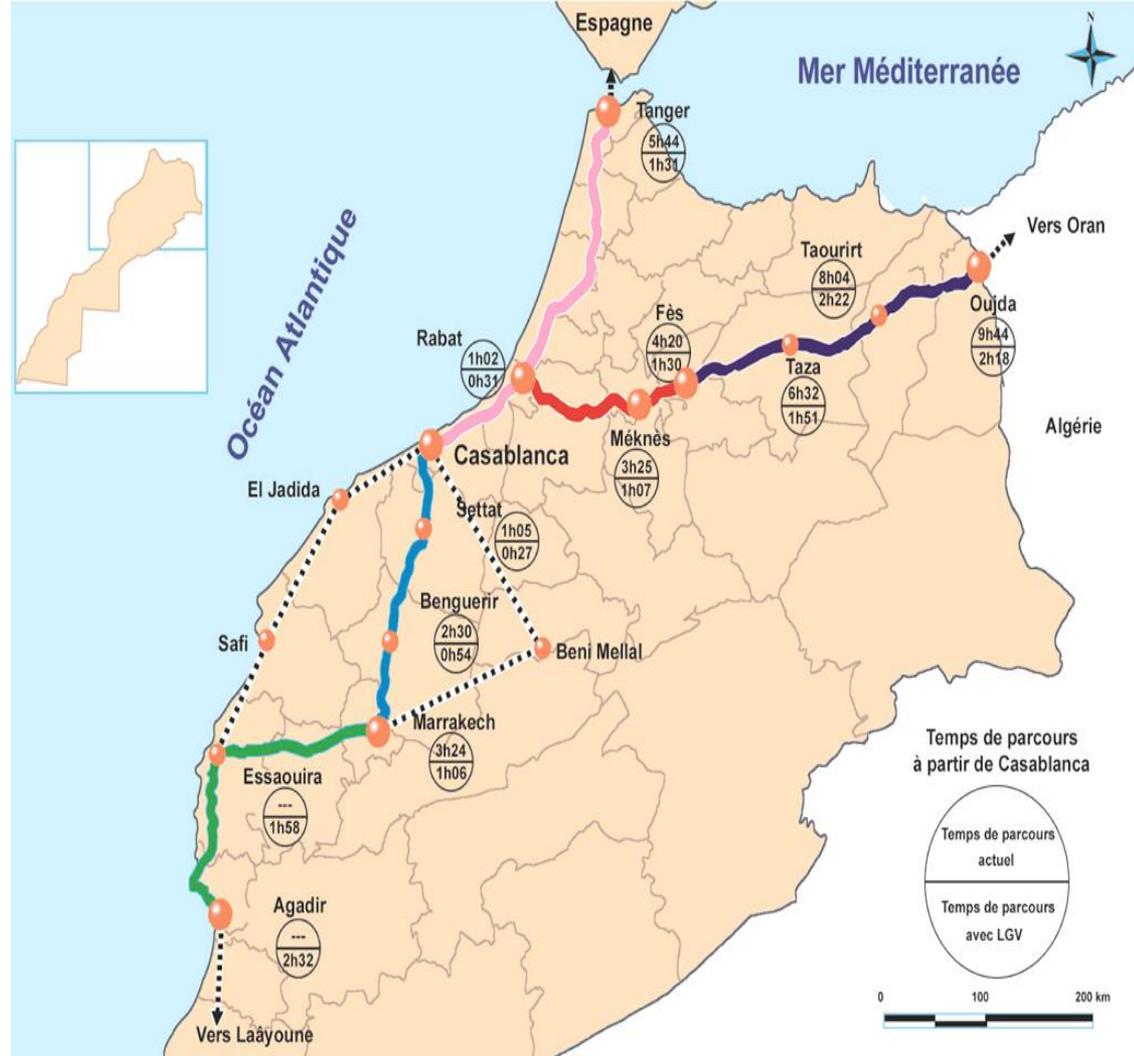


Projet:

- Construction de 200 Km de voie entre Tanger et Casablanca.
- Vitesse d'exploitation: 320 km/h
- Réduction du temps de parcours de 2h10mn
- Transport de 8 Millions de voyageurs.
- Rentabilité socio-économique de 12,6%.

Echéances:

- Début des travaux : Juin 2010
- Fin des travaux : Décembre 2014
- Mise en service : Décembre 2015

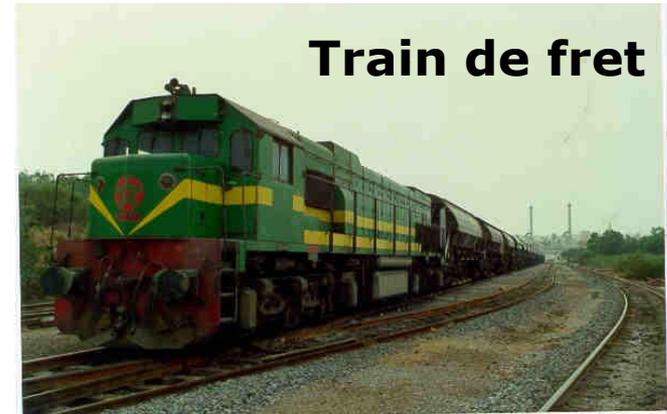




Introduction à la technologie ferroviaire



Introduction : Le chemin de fer



Le chemin de fer est un système de transport guidé composé de :

- l'infrastructure
- du matériel roulant.

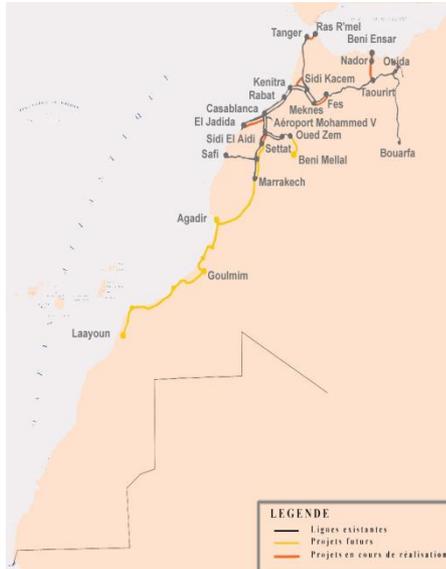
L'infrastructure est composée essentiellement de :

- la voie ferrée (formée de deux files de rails posés sur des traverses),
et du matériel de signalisation.

Le matériel roulant circule communément en convois, appelé trains ou rames.
Les convois sont tractés par des locomotives, ou sont autotractés (on parle alors
de rame automotrice).



Le réseau ferroviaire



Un **réseau ferroviaire** est un ensemble de lignes de chemin de fer, de gares et d'installations techniques diverses (atelier, dépôts, triages, embranchements particuliers, chantiers intermodaux...) qui permet la circulation de convois ferroviaires ou trains dans un ensemble géographique donné.



L'infrastructure



La voie ferrée



Passage à niveau



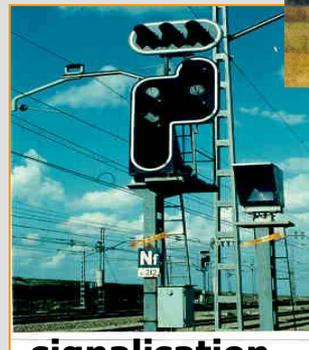
gare



Sous-station



Ouvrage d'art



signalisation

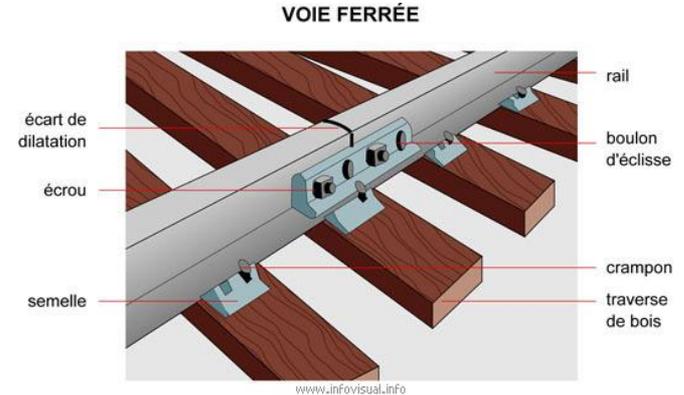
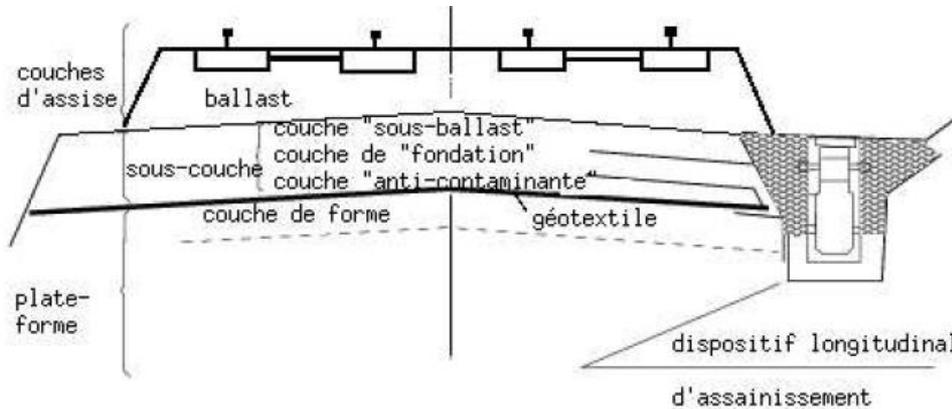


tunnel

- ✓ la voie ferrée
- ✓ la gare
- ✓ le passage à niveau
- ✓ la caténaire et les sous-stations
- ✓ la signalisation
- ✓ les télécommunications
- ✓ Les ouvrages d'art
- ✓ Les tunnels



La voie ferrée



La voie ferrée est constituée de :

- ✓ plateforme
- ✓ ballast
- ✓ traverses (bois, métallique ou béton)
- ✓ Rails

Il existe différentes normes d'écartement des rails :

l'écartement standard : 1435 mm qui est le plus répandu ;

l'écartement ibérique : 1674 mm (Espagne, Portugal) ;

l'écartement russe : 1520 mm (Russie, Biélorussie, Ukraine, etc.) ;

l'écartement irlandais : 1600 mm (Irlande).

Il existe des réseaux secondaires à voie métrique (1000 mm ou 1067 mm)

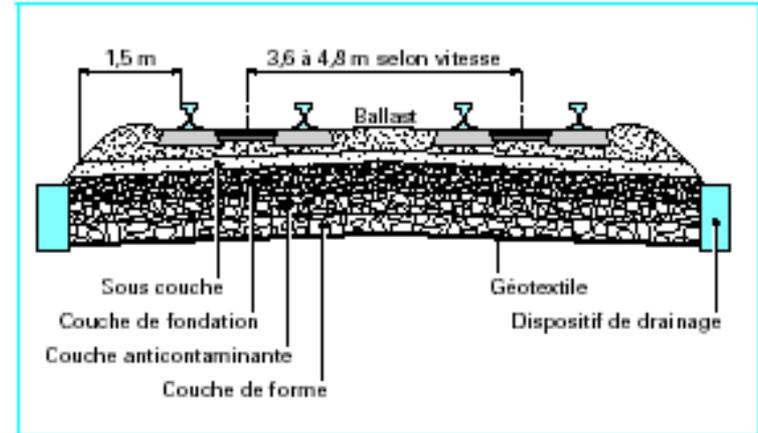
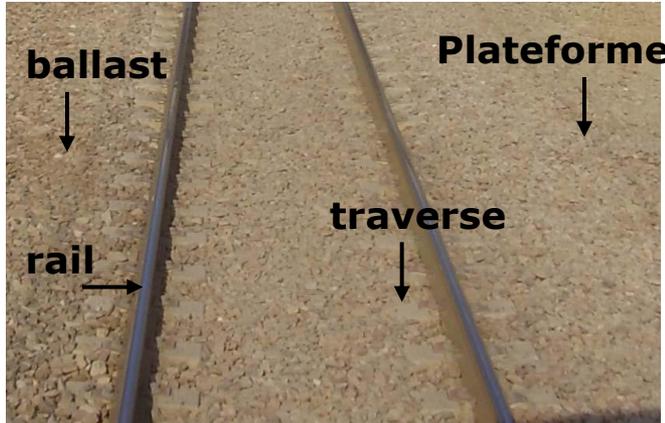


Figure 3 - Ensemble voie et plate-forme

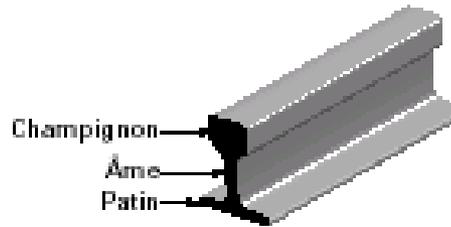
On appelle **ballast** le lit de pierres sur lequel repose une voie de chemin de fer.

Son rôle est de transmettre les efforts engendrés par le passage des trains au sol, sans que celui-ci ne se déforme par tassement. Le rôle du ballast est aussi d'enchâsser les traverses afin d'assurer une résistance aux déformations longitudinales (particulièrement important pour la technique des longs rails soudés).

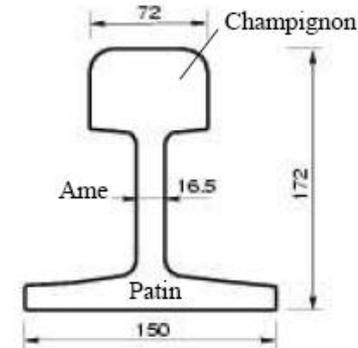
On utilise généralement de la pierre concassée, de granulométrie variant entre 25 mm et 50mm, de type plutonique : granite, diorite, etc. On utilise du gravillon fin (10 mm à 35 mm) pour le nivellement.



Le rail



(a) rail « vignole »



Les **rails** sont de longues barres d'acier profilées, qui mises bout à bout servent à former un chemin de fer. Les rails servent à la fois de guide et de support de roulement pour les véhicules. Étant conducteurs, ils sont souvent utilisés pour la transmission de signaux. Une voie ferrée est constituée de deux files de rails posées en parallèle sur des traverses.

Les traverses assurent la transmission de la charge au ballast, et le maintien de l'écartement et de l'inclinaison des rails. Les traverses peuvent être :

en bois (généralement du chêne), en acier (plus bruyantes), en béton.

Les surfaces de contact entre roue et rail sont de l'ordre du cm².

Entretien du rail : L'entretien de la voie ferroviaire est concentrée sur le ballast et la rectitude d'alignement des rails.

La maintenance des rails porte sur leurs défauts internes ou externes. Sous l'action du passage des essieux, les contacts peuvent fatiguer le rail. Des défauts internes ou des soudures mal faites peuvent générer des fissures non débouchantes que l'on détecte par ultra-sons.

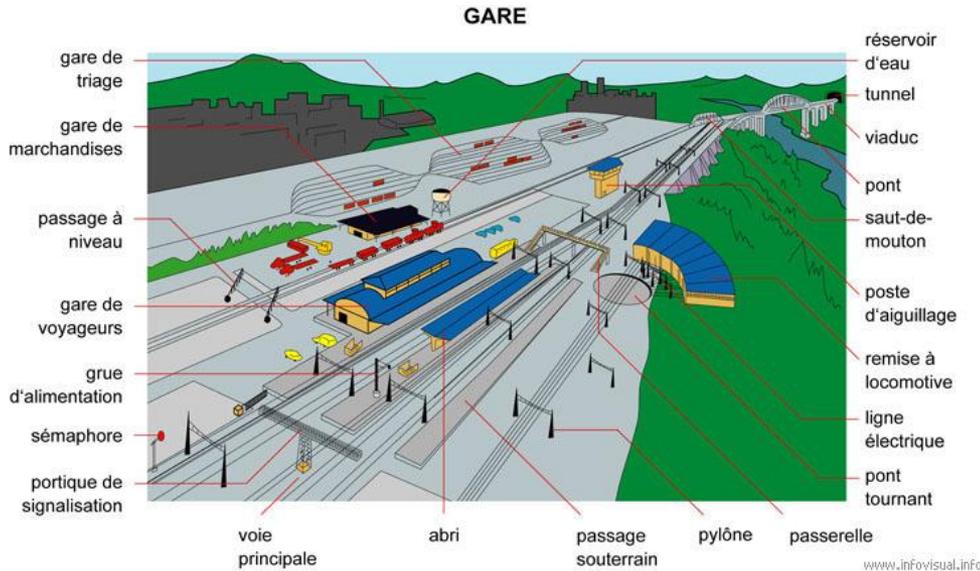
La surveillance d'un réseau ferroviaire par ces méthodes est critique pour la sécurité mais aussi pour la maîtrise des coûts de maintenance.



Long rail soudé

Les **longs rails soudés** ou **LRS**, appelés aussi « barres longues », constituent une méthode moderne de pose des voies ferrées qui présente l'intérêt de supprimer la plupart des joints de rails sur des longueurs importantes, souvent de plusieurs kilomètres. Les barres longues sont produites en atelier par la soudure de rails élémentaires. Ces barres longues, dont la souplesse autorise le transport sur des rames de wagons plats, sont ensuite posées et soudées entre elles sur place par soudure aluminothermique.

La dilatation du métal avec la température, qui est contrariée dans ce système de pose, se transforme en contraintes de compression ou de tension. Aux extrémités on installe des appareils de dilatation ou des joints à grands permessifs, qui permettent aux rails de coulisser, tout en assurant sans hiatus la continuité du roulement.



La gare

Gare de Casablanca Voyageurs



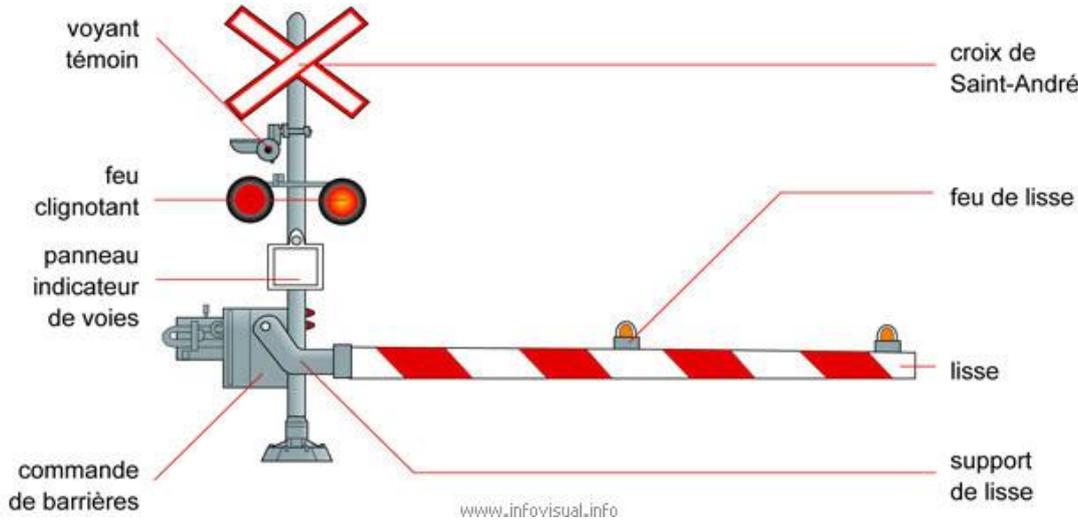
Une **gare** est d'ordinaire un lieu d'arrêt des trains. Une gare comprend diverses installations qui ont une double fonction :

- ✓ permettre la montée ou la descente des voyageurs, ou le chargement et le déchargement des marchandises ;
- ✓ pour certaines d'entre elles, assurer des fonctions de sécurité dans la circulation des trains.



Le passage à niveau

PASSAGE À NIVEAU



Un **passage à niveau** (PN) est un croisement à niveau d'une ligne ferroviaire avec une voie routière ou piétonnière.

La circulation des convois ferroviaires y est toujours prioritaire sur les usagers de la route.

Pour réduire les risques de collision, on cherche de plus en plus à éliminer les passages à niveau soit en les remplaçant par des passages dénivelés, soit en les supprimant purement et simplement, ou lorsque cela n'est pas possible, à les automatiser.



Importance et intérêt du métier

Importance :

- Les questions de sécurité que tout cheminot, quel que soit son grade, doit avoir constamment à l'esprit, mettent en jeu les vies humaines ;
- La recherche de la qualité et des meilleurs prix de revient interviennent de manière très sensible dans la gestion financière du Réseau.

Intérêt :

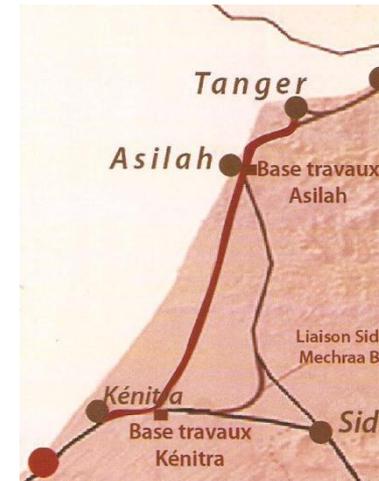
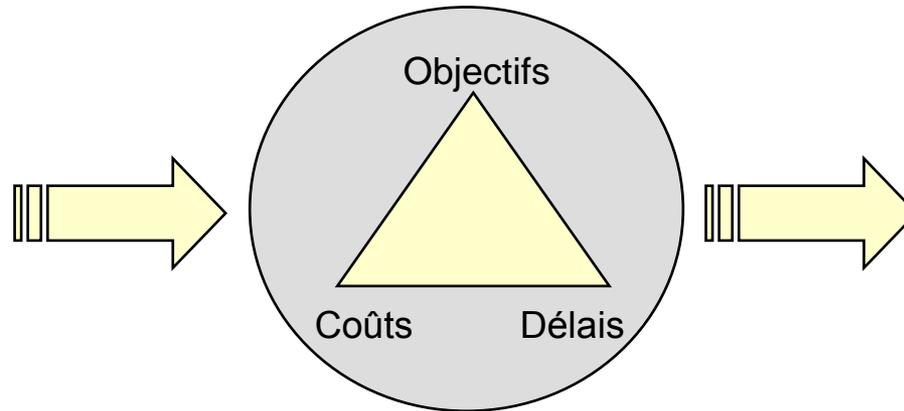
- métier vivant qui implique un commandement, donc, le sens des responsabilités, des initiatives ;
- métier varié allant de l'élaboration détaillée, méthodique et lente du programme d'entretien à l'intervention rapide (nécessitant esprit d'à propos et énergie) pour rétablir une voie à la circulation ;
- métier dont la technique est en perpétuelle évolution.



Etudes du tracé d'une infrastructure ferroviaire



De l'idée au projet





**Décision d'entreprendre
l'étude de la ligne nouvelle**



Recherches des documents existants

- 1. Cartes disponibles au Sce de la carte 1/50.000° et 1/100.000°**
- 2. Cartes disponibles dans d'autres départements ayant servies pour d'autres projets**
- 3. Documents géologiques disponibles:**
 - au département de la géologie
 - au LPEE
- 4. Études effectuées dans la région concernée**



Reconnaisances rapides et report des contraintes majeures

- Barrages
- Routes
- Rivières
- Failles
- Lignes HT et PTT
- Etc....





- Recherches des couloirs possibles
- Ebauche de tracés
- Etablissement PL simplifiés
- Estimation globale

ETUDE PREALABLE (suite)

Recherche de trafic potentiel
Etude économique

Rapport de synthèse

Décision de continuer les études

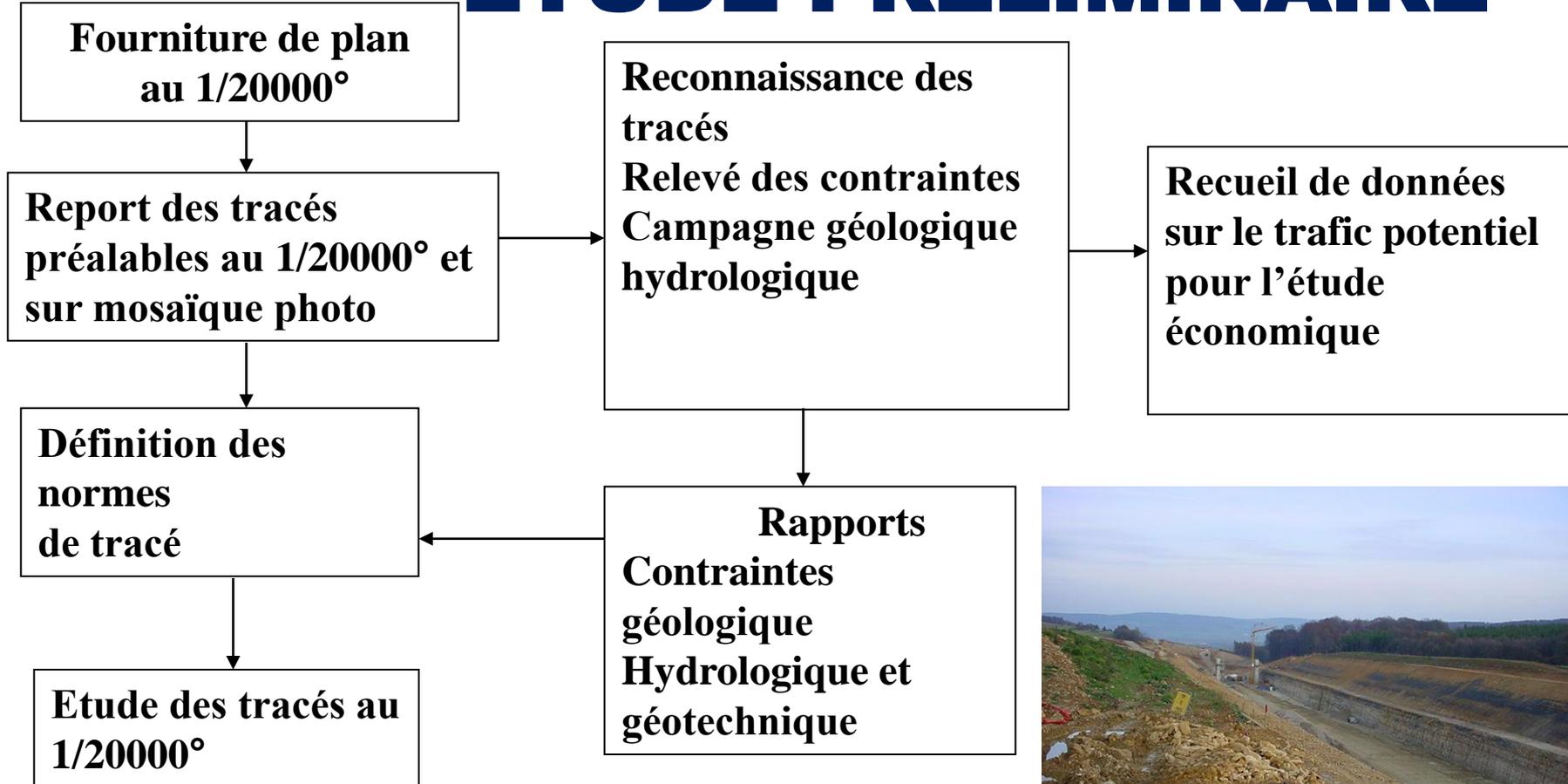
- Délimitation des bandes à restituer au 1/20000°
- Plan des campagnes
 - géologiques
 - hydrologiques
 - de contraintes

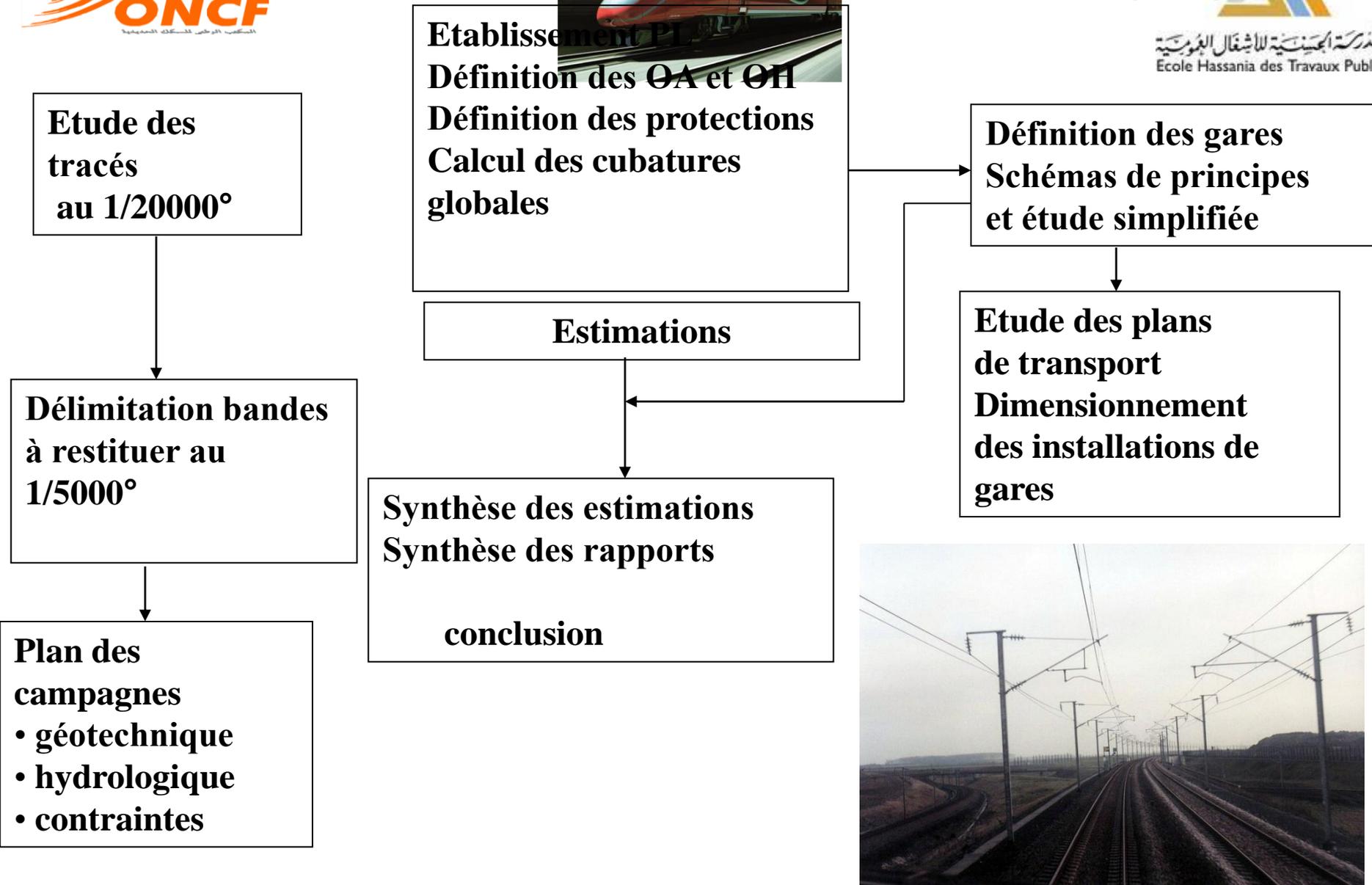
Année universitaire 2012 - 2013





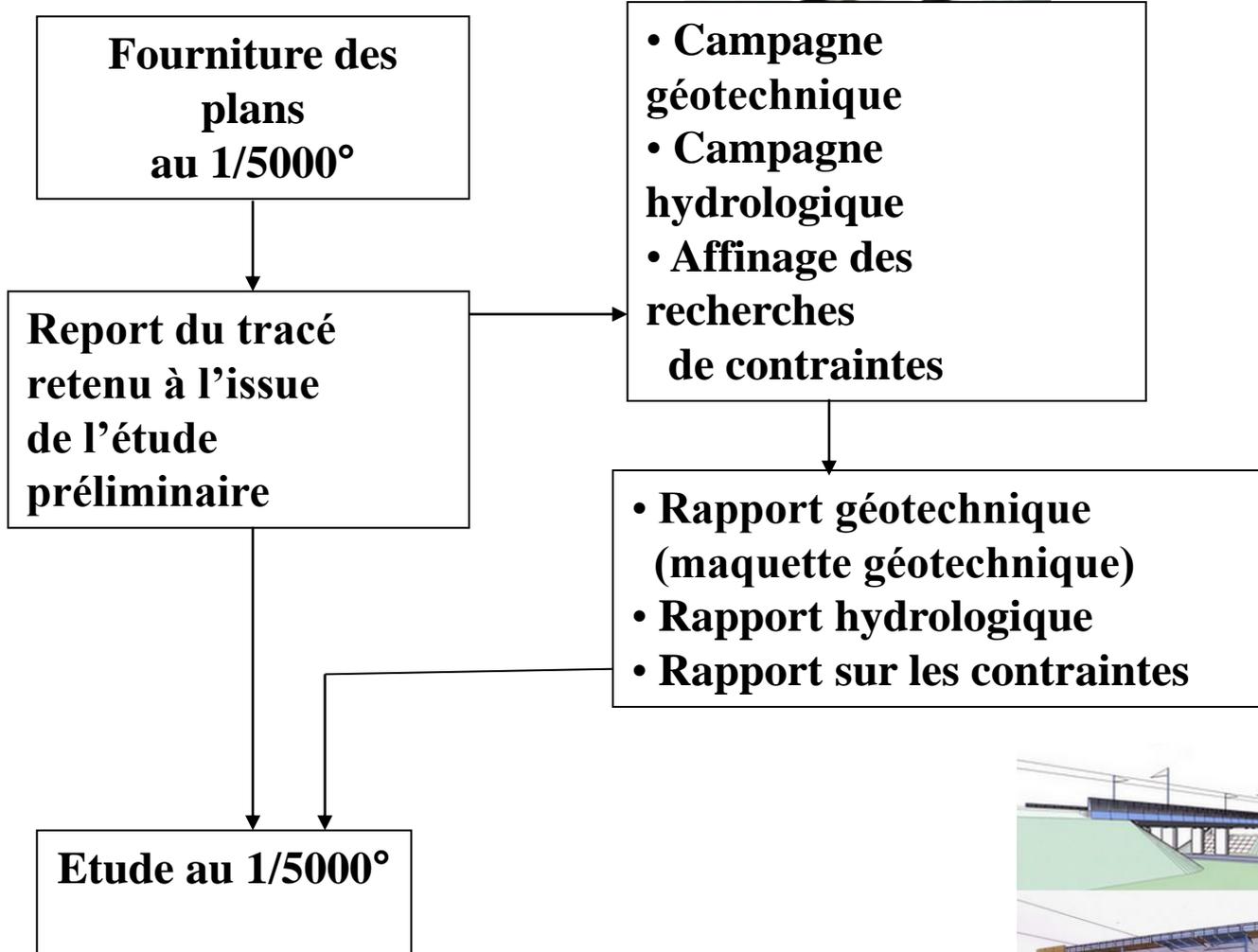
ETUDE PRELIMINAIRE







ETUDE D'AVANT PROJET





(suite)

Etude au 1/5000°

- Tracé
- Profil en long
- Calcul des cubatures

Prédimensionnement des

- O.A
- O.H

Protections diverses

Dimensionnement des
Ets ferroviaires

Définition des superstructures

- Voie
- Bâtiments
- Signalisation
- Télécommunications
- Caténaires

Estimation

Rapport de
synthèse

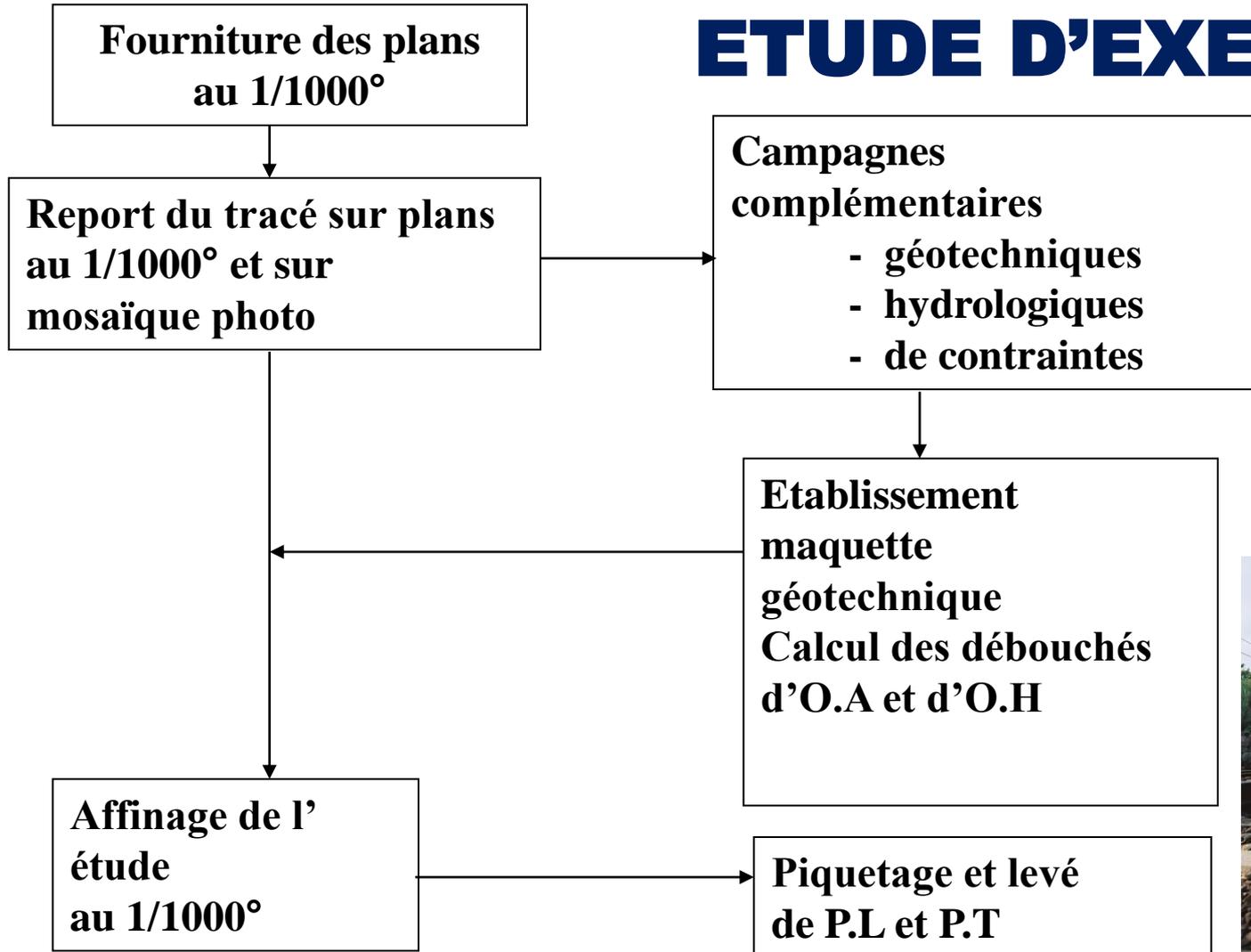
Délimitation des
bandes
à restituer au 1/1000°

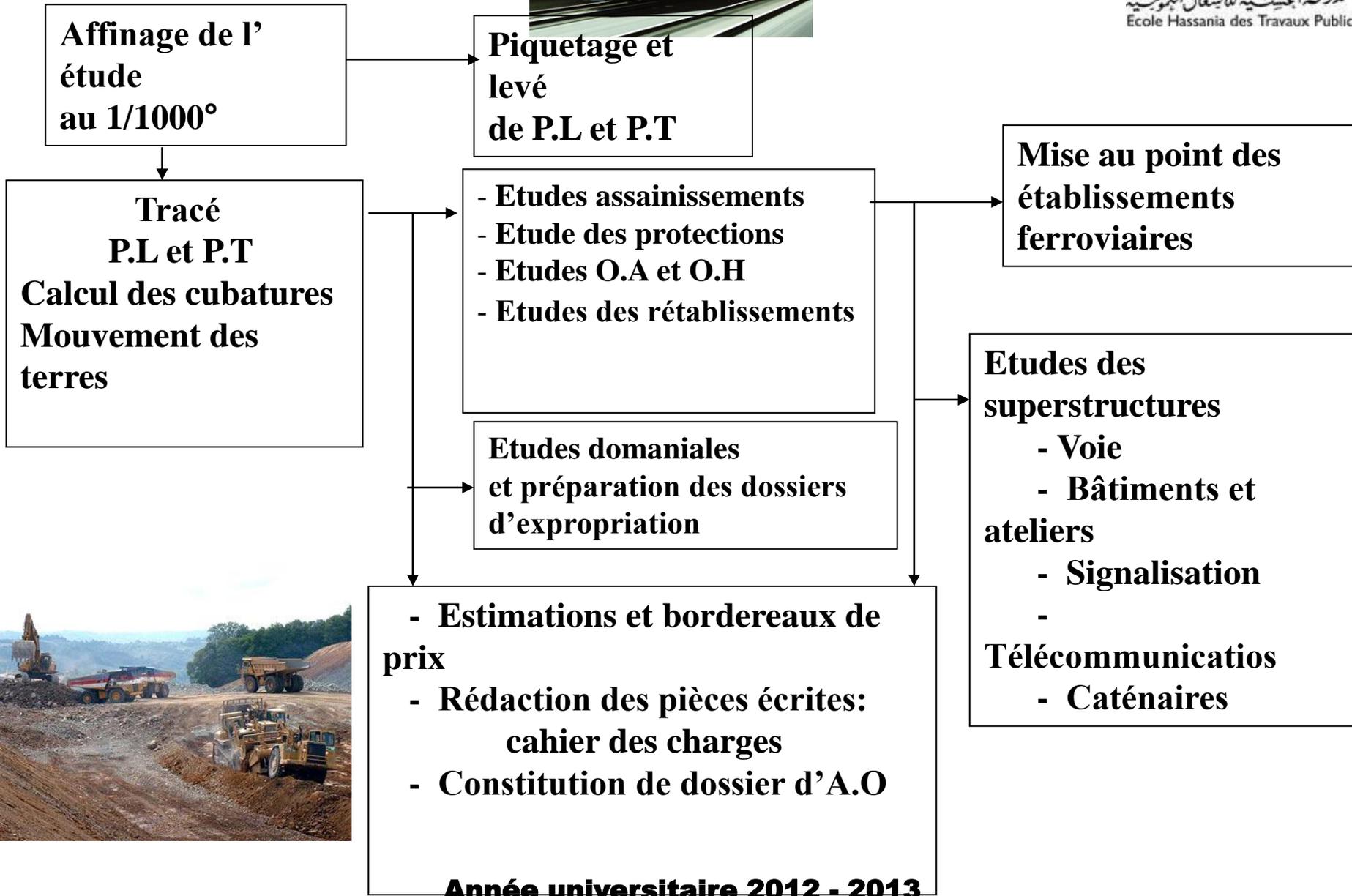
Plans des
Campagnes complémentaires





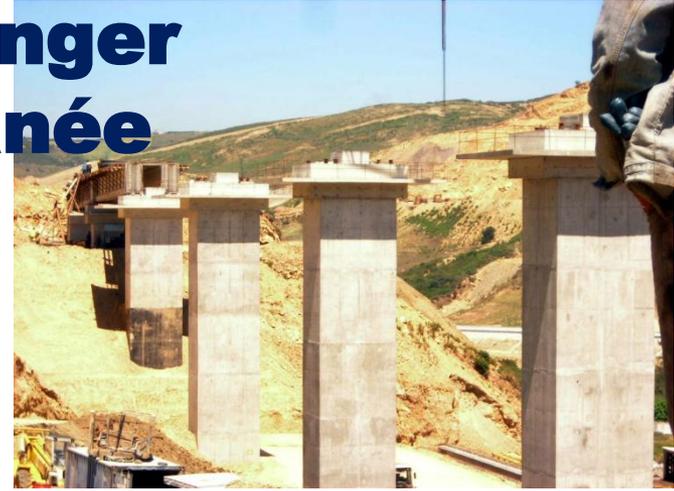
ETUDE D'EXECUTION





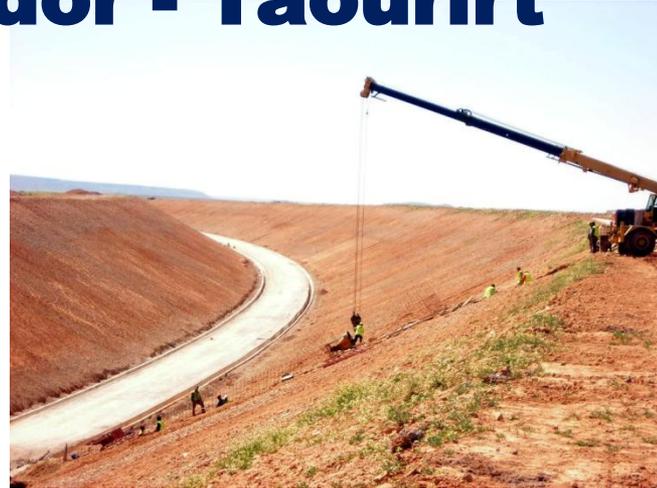
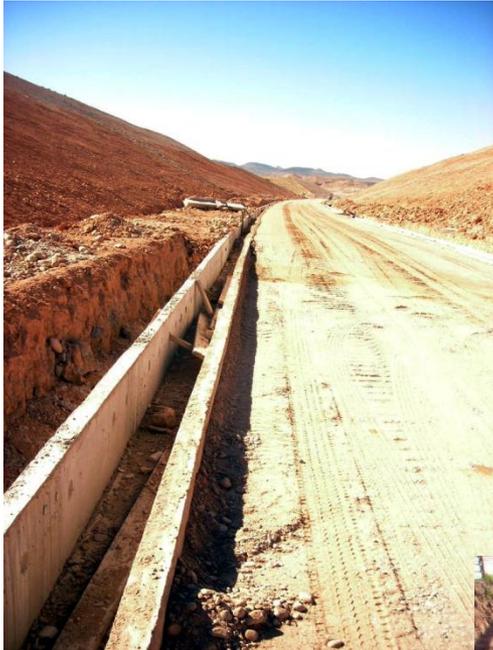


La ligne nouvelle Tanger – port de Tanger Méditerranée



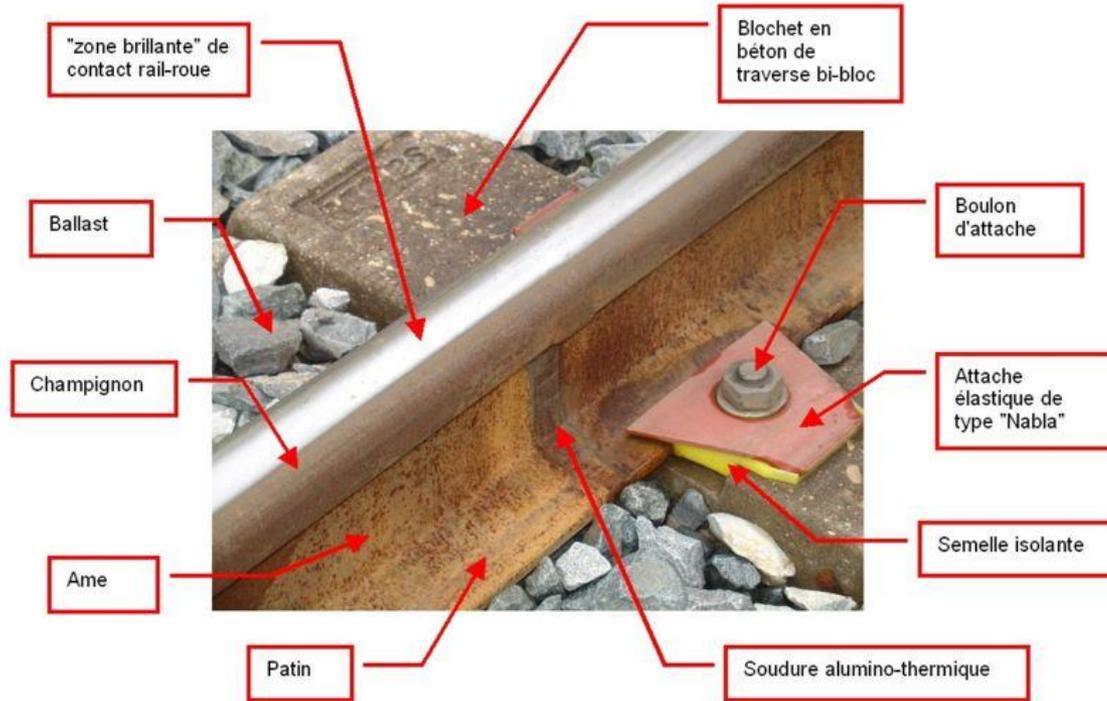


La ligne nouvelle Nador - Taourirt





Les rails



- Le rail est un profilé qui supporte la charge de la roue et permet son roulement et son guidage
- Dans le cas le plus général, la masse linéaire du rail est de 60kg/m
- Les deux files de rail sont fixées sur les traverses qui maintiennent leur écartement et répartissent la charge sur le ballast

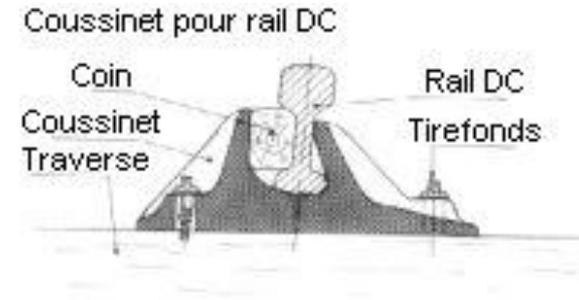
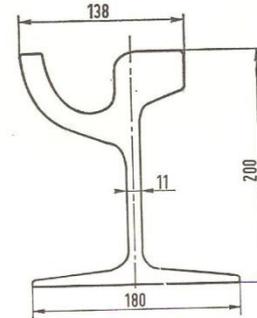


1. Différents profils
2. Évolution du rail dans le temps
3. Étude du rail à patin
4. Étude du profil
5. Contact rail-roue
6. Aciers à rails
7. Fabrication des rails
8. Soudure et rechargement des rails
9. Défauts des rails
10. Contrôle non destructifs des rails



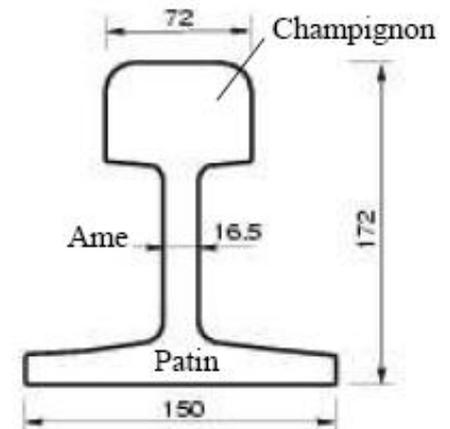
1. Les rails : les différents profils

1. Profil à gorge



2. Rail à double champignon

3. Rail à patin (ou rail « Vignole »)





1. Les Rails : le rail à patin

La caractéristique essentielle du rail, en dehors de sa forme, est son poids au mètre linéaire. (fiche UIC)

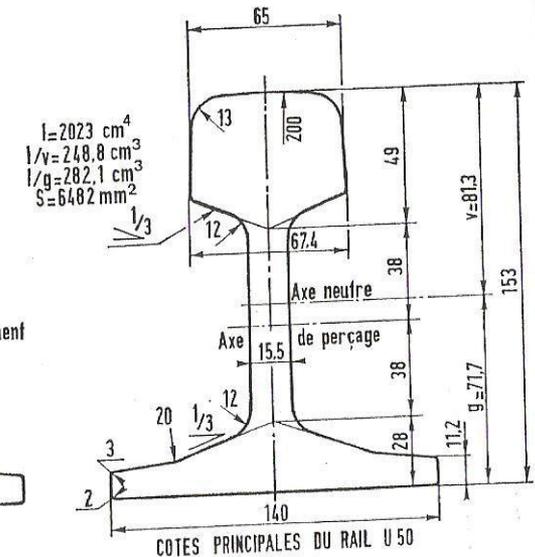
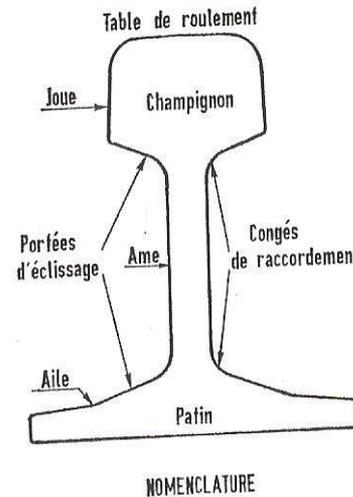


FIG. III-2.

Il y a un très grand intérêt à utiliser des rails de la plus grande longueur possible puisque ainsi on diminue le nombre de joints. Car les joints :

- nuisent à la douceur du roulement ;
- fatiguent le matériel roulant ;
- constituent des points faibles dans la voie et des points coûteux à cause des organes de consolidation qu'ils nécessitent ;



1. Les Rails : le rail à patin

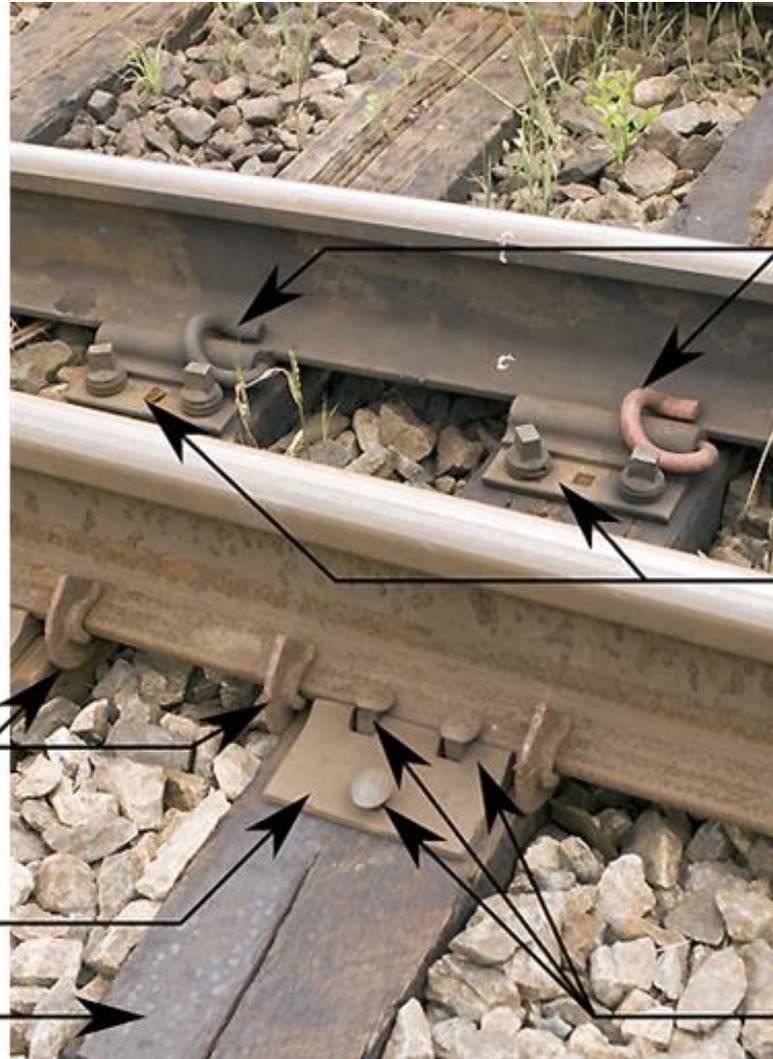
Il est fixé sur les traverses :

- soit directement ;
- soit par l'intermédiaire de selles métalliques

Les rails sont reliés

- par éclissage
- par soudure





Pinces
«Pandrol»™

Semelles
«Pandrol»™

Anticheminants

Semelle

Traverse

Crampons



2. Les rails :

évolution du rail dans le temps

1. poids au mètre linéaire :

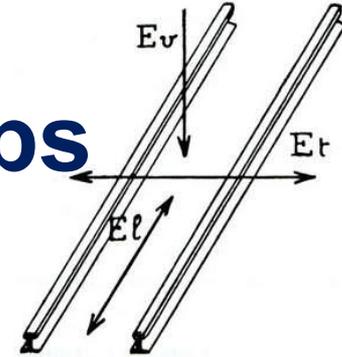
I/P (I = inertie verticale et P = poids métrique)

2. Inertie verticale

- Le rail *supporte et guide* la roue du matériel roulant, c'est l'élément essentiel de la sécurité de la voie.
- Les rails reçoivent directement les efforts qui s'exercent sur la voie, ces efforts sont *verticaux, transversaux et longitudinaux*.



2. Les rails : évolution du rail dans le temps



A. Les efforts verticaux sont de deux sortes :

- Les *efforts statiques* dus à la charge des roues des véhicules.
- Les *efforts dynamiques*.

B. Les efforts transversaux se produisent au contact du bourelet du rail et de la surface de roulement du bandage de la roue.

C. Les efforts longitudinaux.

- Le mouvement de progression de la locomotive obtenu par l'adhérence des roues motrices sur le rail provoque une réaction qui tend à faire cheminer le rail en sens contraire du mouvement.
- Aux joints, les chocs de toutes les roues du train sur le bout des rails tendent au contraire à déplacer le rail vers l'avant.
- Les effets de la dilatation s'exercent également dans le sens longitudinal.

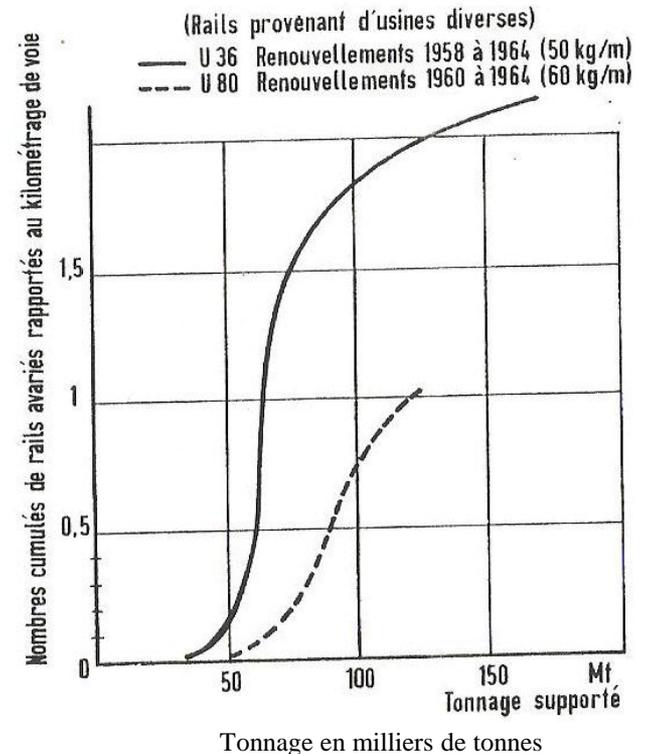


2. Les rails : évolution du rail dans le temps

I étant l'inertie verticale et P le poids métrique, le rapport I/P augmente plus rapidement que P.

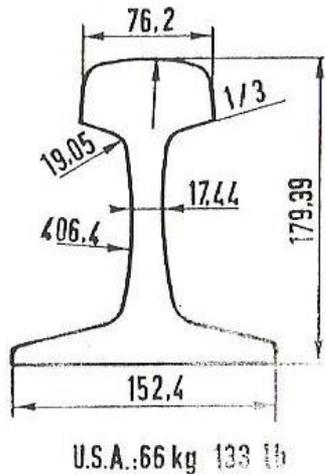
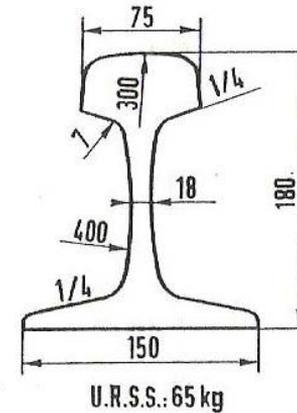
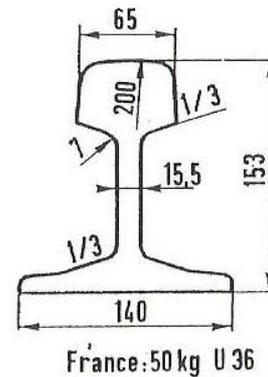
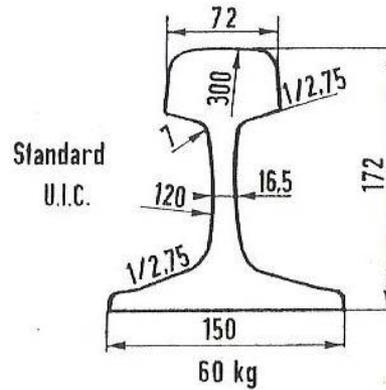
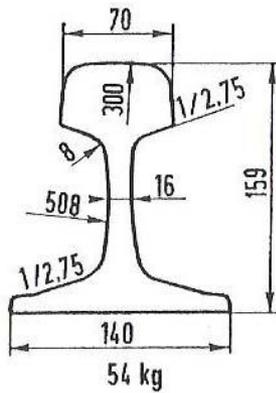
L'UIC a standardisé deux profils : 54 et 60kg.

L'armement pour les voies principales tient compte à la fois de la nécessaire adaptation du poids au rail, au tonnage qui y circule et du soucis d'équilibrer la durée de vie des rails et des traverses.





2. Les rails : évolution du rail dans le temps





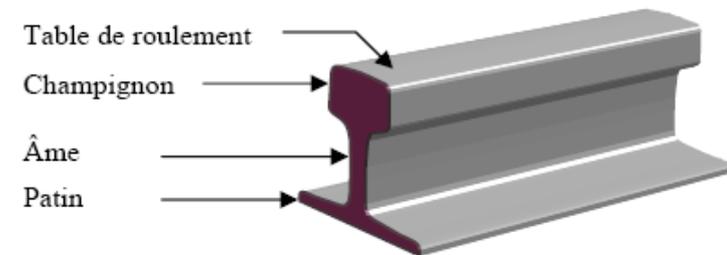
3. Les rails : étude du rail à patin

Champignon : sa largeur doit être choisie de façon :

- à réaliser un effet de frettage de la zone où se produisent les contacts rail-roue
- à permettre de tracer les congés de raccordement de l'âme et du champignon avec un rayon suffisant
- à donner une marge d'usure latérale suffisante dans les courbes de faible rayon
- la hauteur donne toujours une marge d'usure verticale suffisante car cette dernière est faible

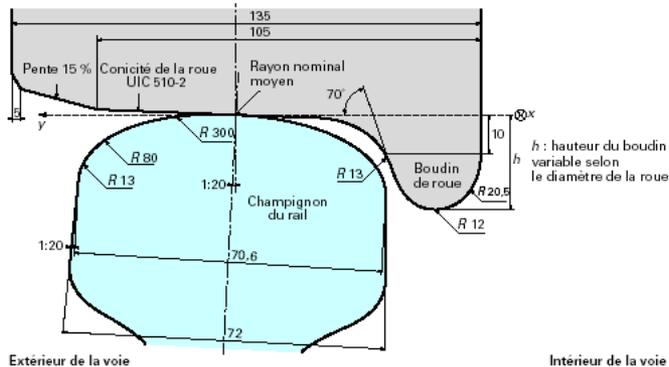
Patin : sa largeur conditionne la rigidité du rail dans le plan horizontal

Âme et portée d'éclissage : l'épaisseur de l'âme doit tenir compte des efforts tranchants qu'elle supporte





5. Les rails : le contact rail - roue



Le principe de la circulation ferroviaire repose essentiellement sur le seul phénomène de l'adhérence au niveau du contact roue/rail.

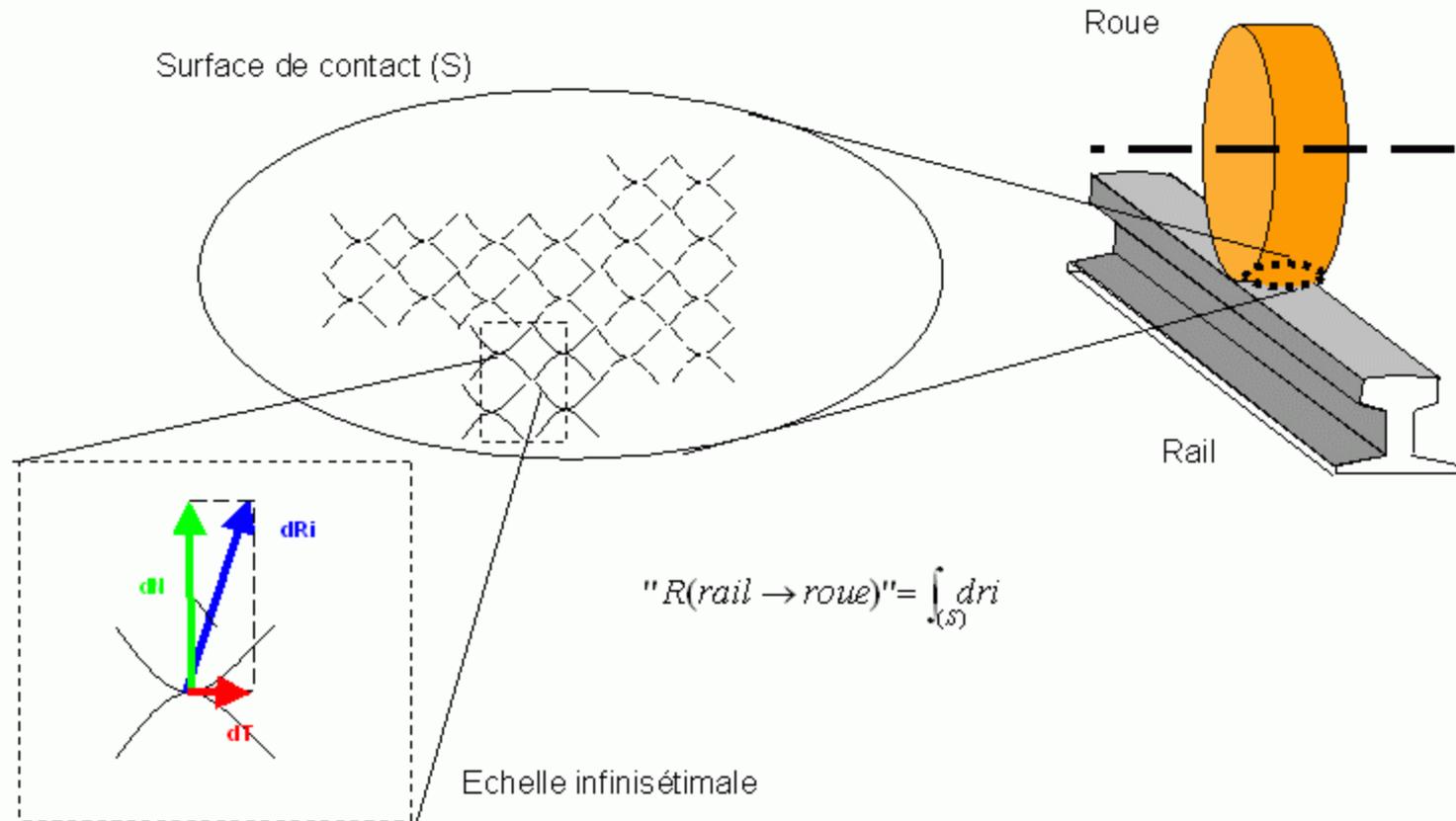
C'est par lui que passent l'ensemble des efforts de traction et freinage. Il conditionne également de nombreux paramètres liés à la dynamique même de la circulation (stabilité, déraillement, etc...). Les études théoriques et expérimentales ont abouti à la mise au point de dispositifs permettant de limiter les effets de la dégradation de l'adhérence, en exploitant en toutes circonstances le maximum des possibilités offertes à un instant donné par l'adhérence : ce sont l'antipatinage en traction, et l'antienrayage en freinage.



5. Les rails : le contact rail - roue

La charge de roue joue un rôle considérable dans la fatigue du rail.

Dans le cas ferroviaire, une roue chargée sur un rail et sollicitée soit en traction, soit en freinage, crée un contact roue/rail dont la limite d'existence est fixée par son adhérence.



La surface du contact roue/rail peut être modélisée comme une infinité de contacts ponctuels présentant chacun leur résultante dR_i . L'action mécanique totale est donc somme de chaque quantité dR_i . Le cône de frottement est identique dans tout les cas (demi angle au sommet $d\phi$).



6. Les rails : les aciers à rail

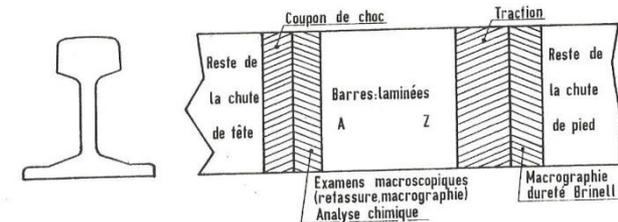
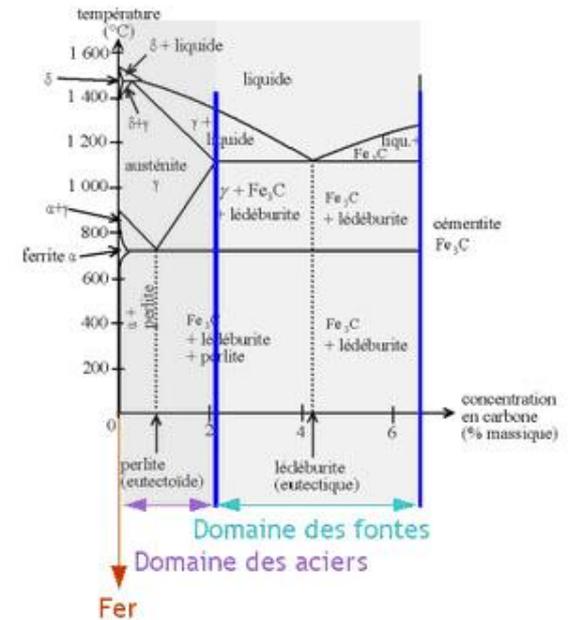
Généralités : les principales qualités sont

- Résistance à l'abrasion
- Absence de fragilité
- Absence de susceptibilité à l'auto-trempe
- Soudabilité en vue de la confection de barres de grande longueur

C'est la considération du diagramme de solubilité fer

- Carbone qui permet de déterminer les propriétés principales des aciers.

Les aciers à rail se situent dans la gamme inférieur à 0,9% de carbone



	Acier Thomas ¹	Acier naturellement dur ² (qualité B)
C	de 0,37 à 0,55 %	de 0,50 à 0,70 %
Mn	0,70 à 1,20 %	1,30 à 1,70 %
Si	0,35 %	0,50 %
P	0,08 %	0,05 %
S	0,06 %	0,05 %



6. Les rails : les aciers à rail

Spécifications techniques pour la fourniture des rails : fiche UIC 860 :

- Procédés de fabrication : le fabricant applique les meilleures règles de l'art avec les caractéristiques :
 - Contraintes propres
 - Teneur en inclusions non métalliques
 - tenacité
- Calibres : un jeu de calibres est établi par le fabricant et remis au client ;
- Marques : en relief
 - Identification de l'usine productrice
 - Deux derniers chiffres du millésime de l'année de fabrication
 - Symbole de la nuance d'acier
 - Symbole du profil du rail ou la masse du rail en kg/m
- Marques : poinçonnées à chaud
 - N° de la coulée
 - Rang du rail par rapport à la tête du bloom



6. Les rails : les aciers à rail

Spécifications techniques pour la fourniture des rails
: fiche UIC 860 : essai de choc

- Qualité d'exécution : les rails doivent être exempt de tous défauts nuisibles et un examen aux ultra-sons doit être réalisé
- Parachèvement : le dressage à froid s'effectue par actions graduées et sans chocs. Le perçage des trous se fait par forage
- Tolérances :
 - Profil (fiche UIC)
 - Longueur des barres :
 - Diamètres des trous
 - Etc.



6. Les rails : les aciers à rail

Spécifications techniques pour la fourniture des rails : fiche
UIC 860 : Conditions de réception :

- Surveillance : le client a le droit de suivre la fabrication
- Nature des essais :
 - Le choc sur chutes de laminage
 - La traction sur éprouvettes
 - Les examens macroscopiques
- Analyse chimique
- Dureté Brinell



7. Les rails : la fabrication des rails

Affinage de la fonte

- Procédé par dilution
- Procédé par combustion

Coulée

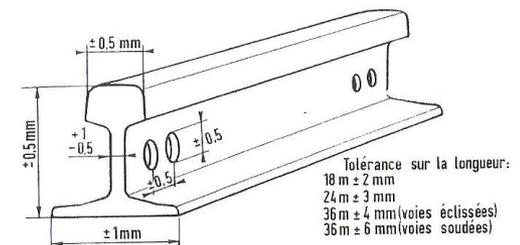
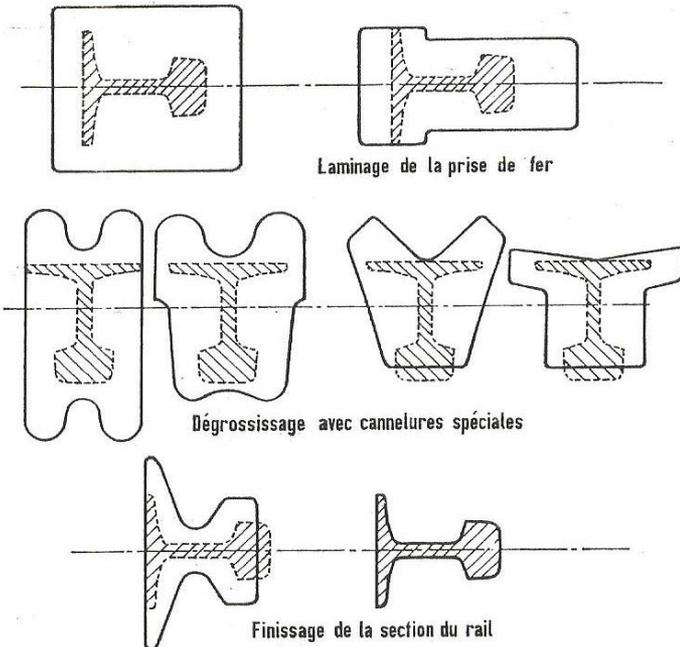
Laminage

- Le blooming
- Le passage au train fournisseur
- Laminage des rails en cage universelle
- Chutage et sciage

Marque des rails

Préparation définitive des barres

- Tolérances sur les dimensions :
on procède éventuellement au perçage des trous d'éclissage.
- La figure ci-contre donne les tolérances admissibles





8. Les rails : soudure et rechargement

Soudabilité des aciers à rails

Les procédés de soudage

- Soudage avec métal d'apport
- Soudage sans métal d'apport

Soudage des cœurs en acier Hadfield

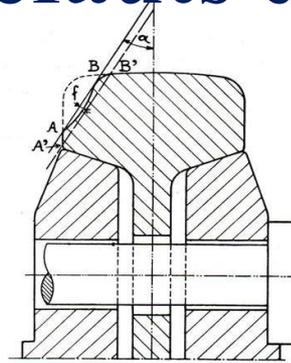
Les réparations

- Réparations en voie
- Réutilisation des rails déposés
- Cœurs en acier au manganèse moulé



9. Les rails : les défauts des rails

Usure et durée du rail

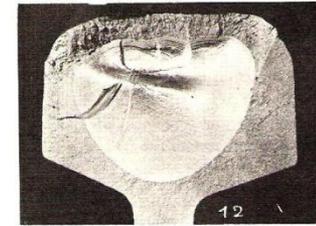


- L'usure est fonction du trafic, c'est-à-dire du tonnage, du nombre et de la vitesse des trains.
- 1°) *Usure verticale*. - Les limites d'usure varient avec le profil du rail. Cependant, l'usure verticale n'est généralement pas la cause déterminante du retrait du rail de la voie. L'écrasement des abouts, le matage et l'usure des portées d'éclissage ou autres défauts locaux entraînent souvent le retrait prématuré des rails des voies principales
- Un rail usé, retiré des voies principales, peut être réemployé dans les voies secondaires où il peut rester encore en service pendant quelque 25 ans.
- 2°) *Usure latérale*. - Cette usure est d'autant plus forte que le rayon des courbes est plus petit, que l'empattement rigide des véhicules est plus grand et que le dévers est moindre. On utilise des graisseurs de rail dans les courbes pour augmenter la vie du rail.



9. Les rails : les défauts des rails

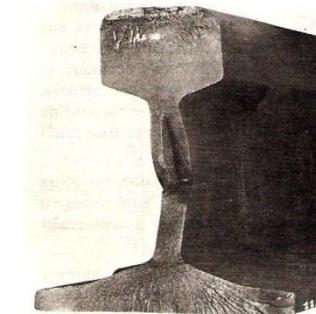
- Défauts dus à la fabrication
- Défauts dus à l'utilisation
- Usure latérale
- Usure ondulatoire



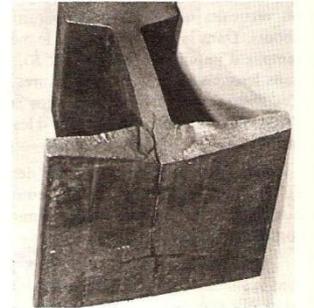
a)



b)



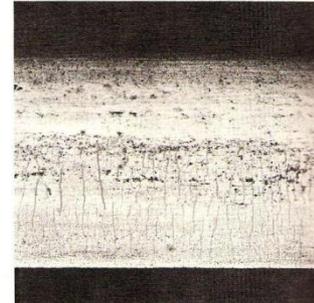
c)



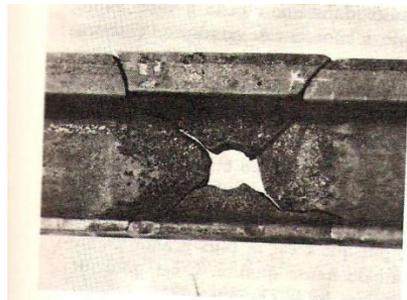
d)



e)



f)



g)



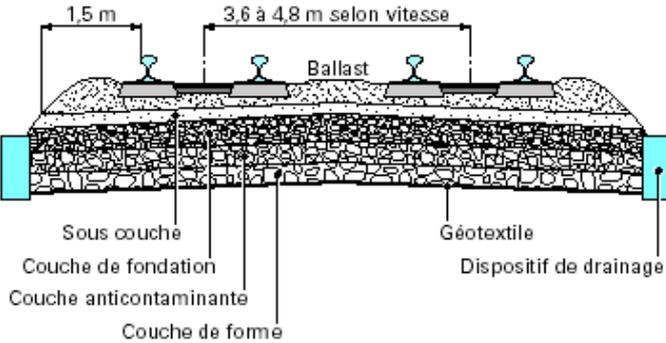
h)

Photo 12 — g) Étoilure. h) Usure ondulatoire.

Photo 12 — Extrait de l'album des défauts de rails. a) Tache ovale. b) Écrasement localisé sur fissuration horizontale sous-jacente. c) Fissuration verticale de l'âme ou retassure. d) Fente du patin. e) Écrasement de l'about. f) Craquelures dues au patinage.

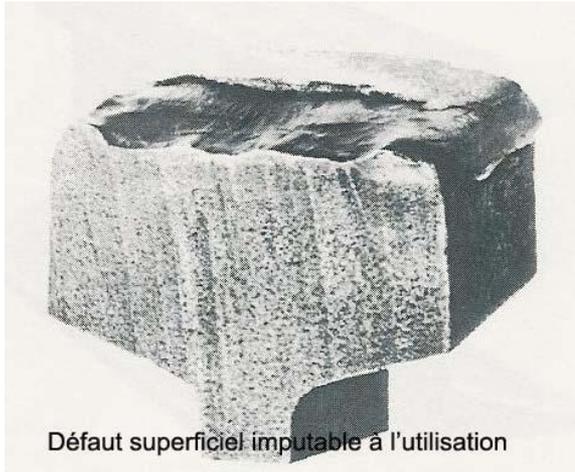


9. Les rails : les défauts des rails

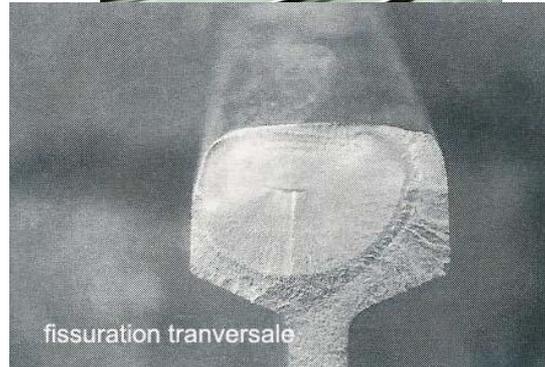


✓ Le rail :

- ✓ rupture de rail
- ✓ Défaut de fatigue interne
- ✓ Squat : fissuration et affaissement local de la table de roulement
- ✓ Head checking : écaillage du congé de roulement
- ✓ Endommagement de la table de roulement : patinage, blessures dues aux marques de ballast
- ✓ Corrosion
- ✓ Ébréchure sur rail usinés d'appareil de voie
- ✓ Shelling : défrichage du congé de roulement
- ✓ Usure latérale
- ✓ Décollement de rechargements par soudure à l'arc



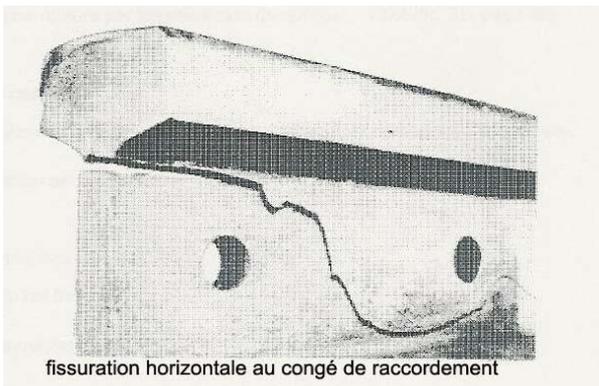
Défaut superficiel imputable à l'utilisation



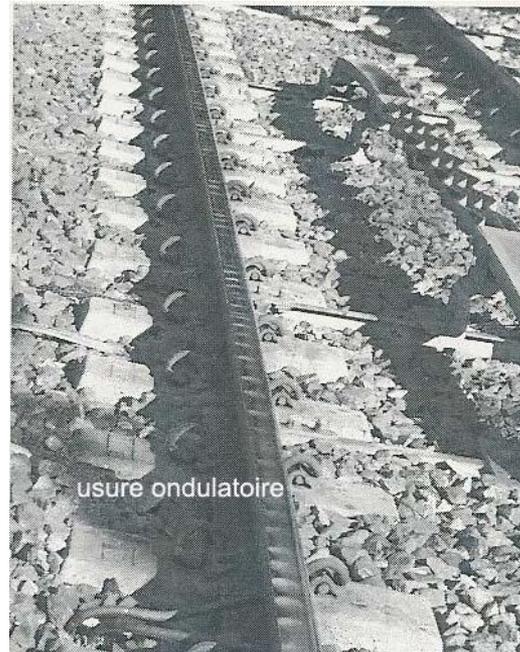
fissuration transversale



fissuration horizontale



fissuration horizontale au congé de raccordement



usure ondulatoire



usure latérale



10. Les rails : contrôle non destructif

Contrôle à l'ultra-son
portatif : l'appareil est
monté sur un châssis
roulant sur la voie et
alimenté par une
batterie

Contrôle par l'engin EM120
: engin de contrôle qui
est équipé d'un
dispositif de détection
avec traçabilité
(enregistrement)





A suivre