

Présentation du patrimoine des tunnels ferroviaires français, politique de surveillance et de maintenance chez SNCF Réseau



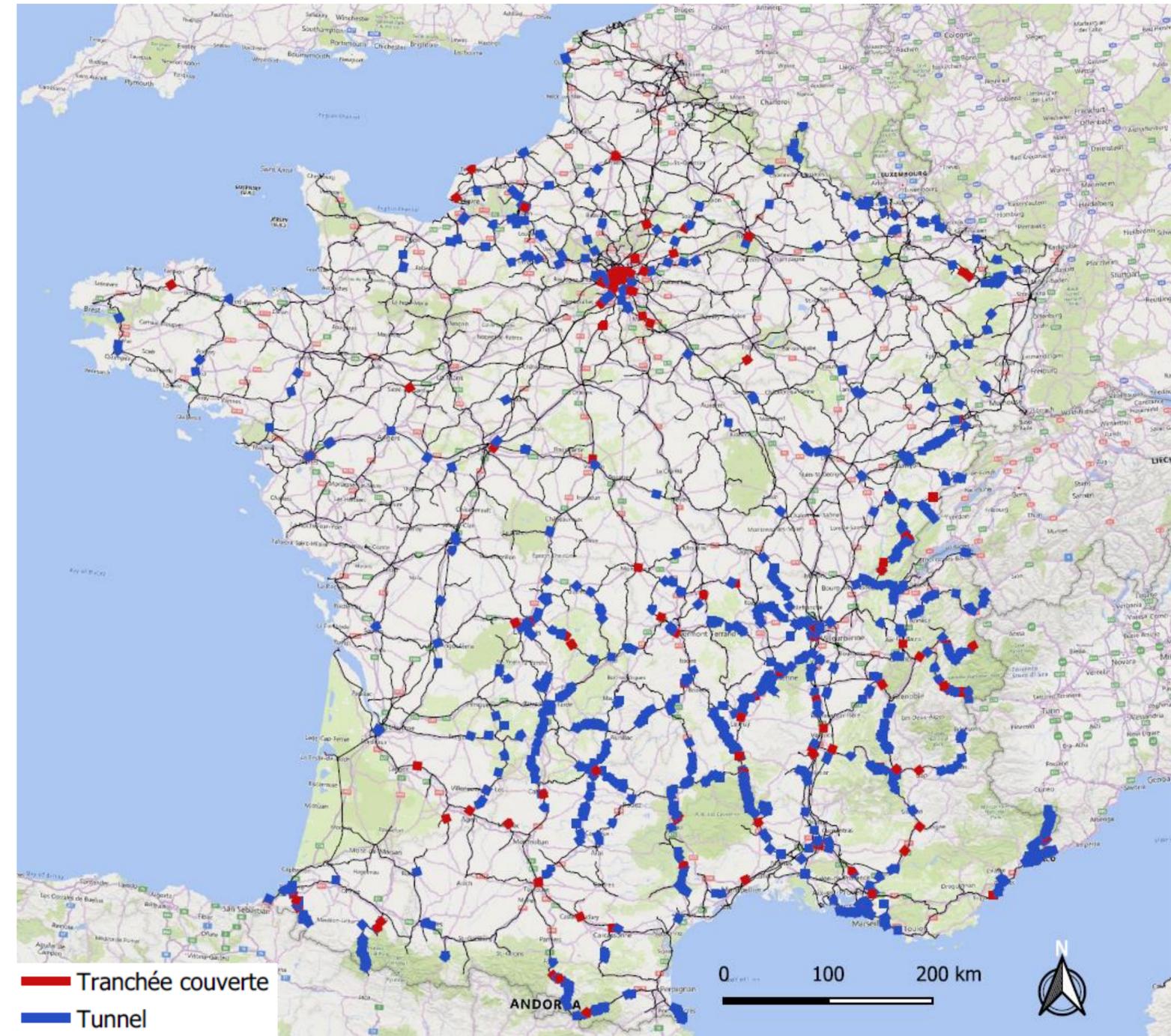
Description du patrimoine d'ouvrages souterrains de SNCF Réseau

1431 ouvrages souterrains - 618 km

1231 de type Tunnels (TUN) - 584 km

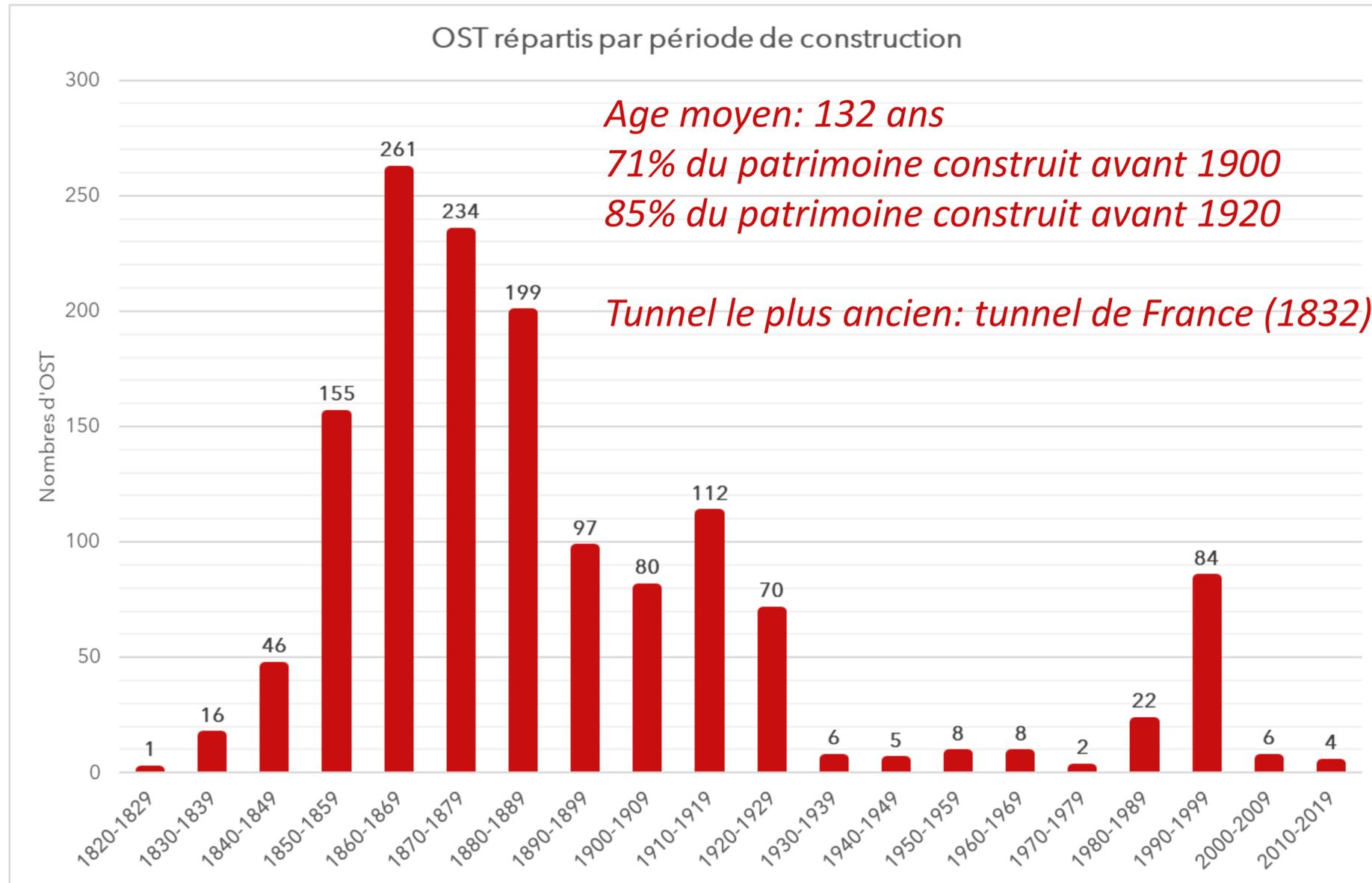


200 de type Tranchées Couvertes (TRC) - 34 km

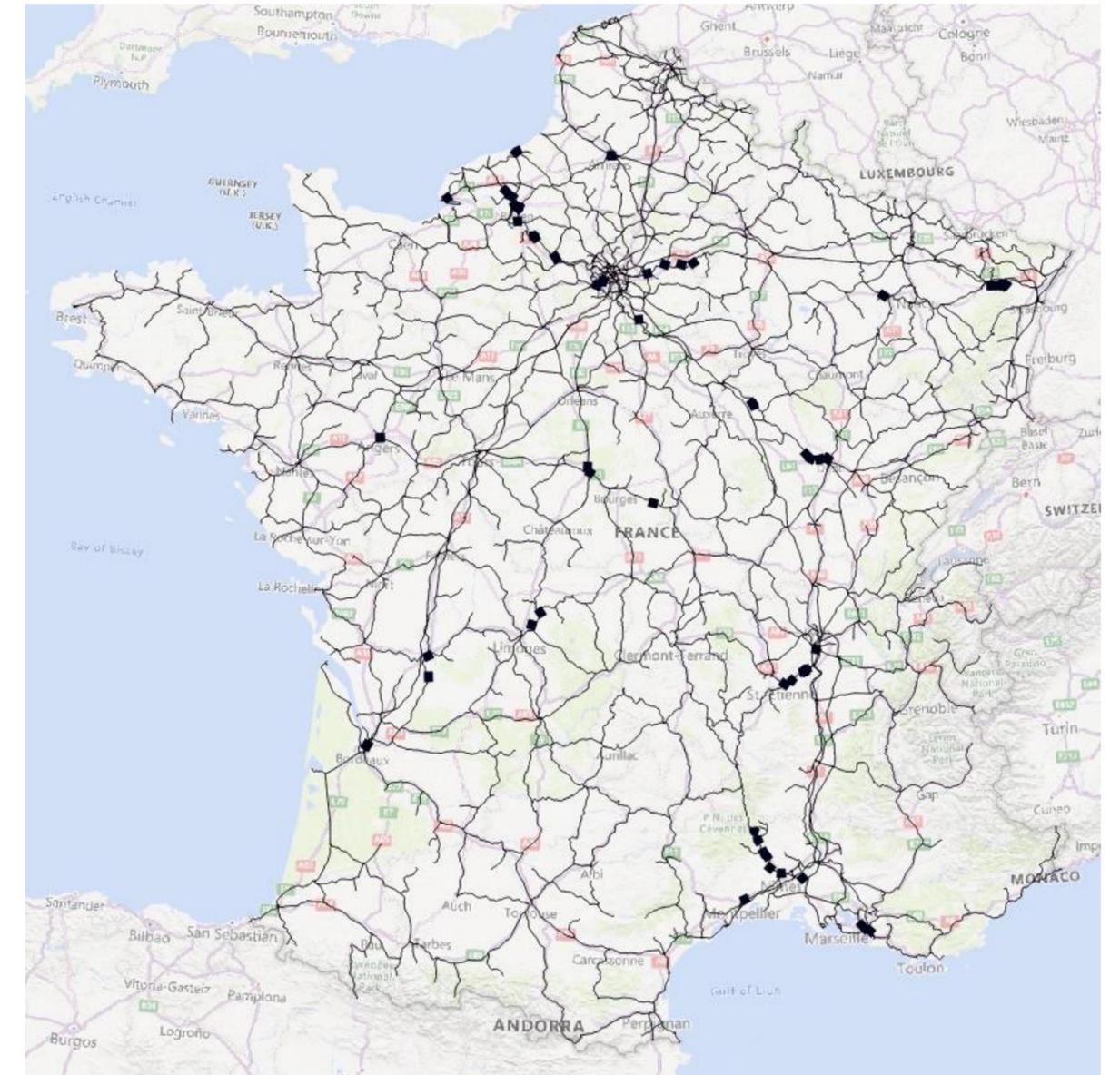


Description du patrimoine d'ouvrages souterrains de SNCF Réseau

Age des ouvrages:



Ouvrages construits avant 1850



Description du patrimoine d'ouvrages souterrains de SNCF Réseau

Age des ouvrages: ouvrages principalement construits suivant la méthode franco/belge

Galerie d'avancement.

Galerie d'exécution.

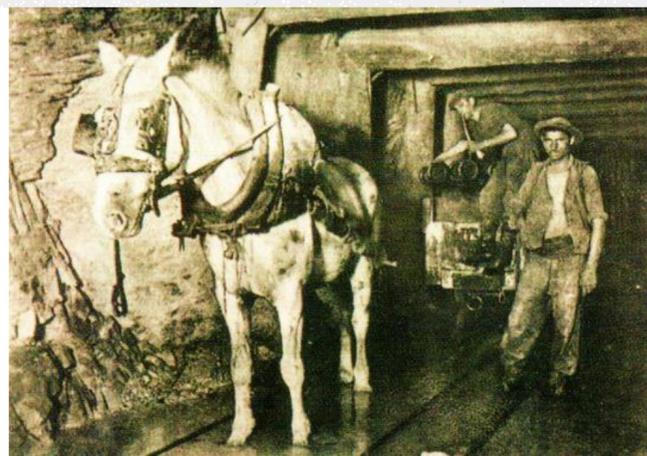
Déblai de la Couronne.

en terrain non rocheux. dans le roc.

Opération
pouvant être
réalisée en
simultanée

Avancement compris entre :

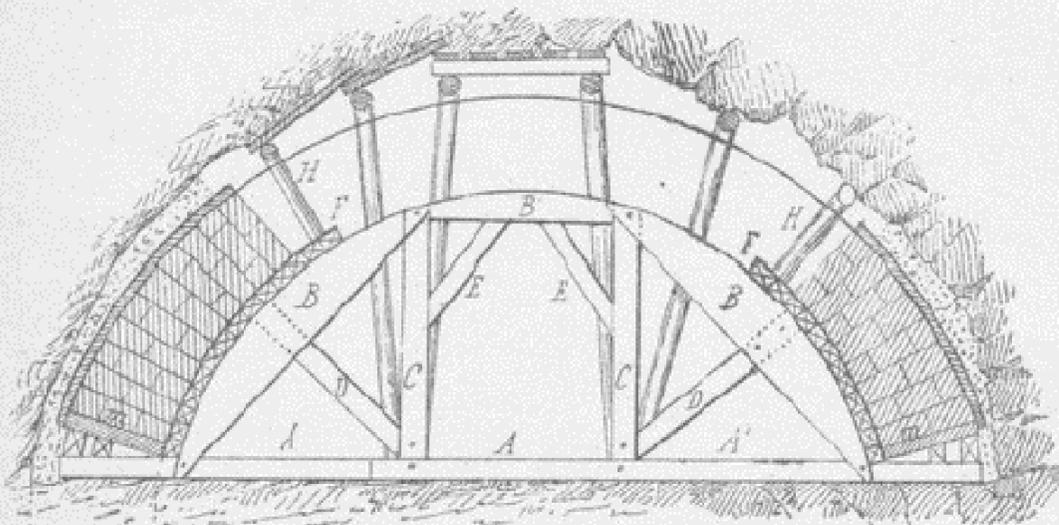
- 12 et 15 m par mois avec création des trous de mine à la main ;
- 60 à 150 m par mois après l'arrivée des perforatrices



Description du patrimoine d'ouvrages souterrains de SNCF Réseau

Age des ouvrages: ouvrages principalement construits suivant la méthode franco/belge

Construction de la Voûte.



- A A' Semelle formée de trois parties démontables
- B Vaux moisés, B' vau simple
- C potelets, D contrefiches
- E goussets, F couchis
- H étais s'appuyant sur le couchis

Opération réalisée de manière symétrique par anneau de 2, 4 ou 6 ml

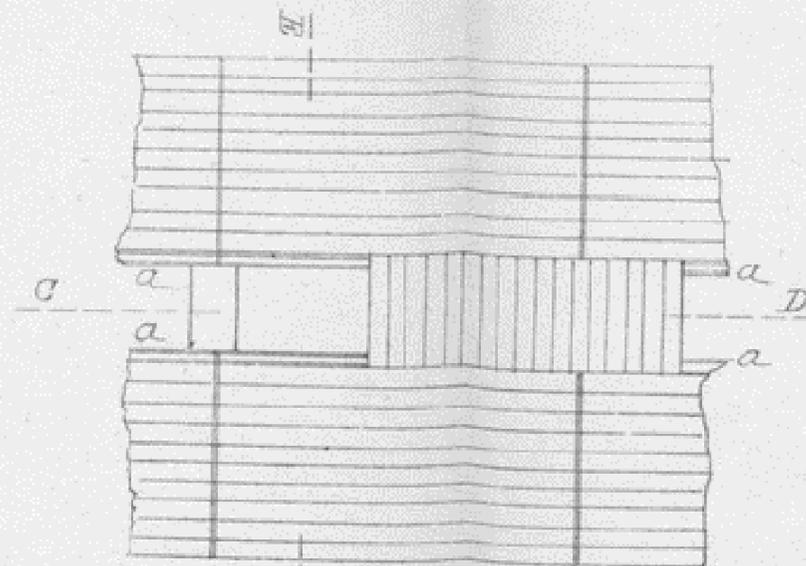
Méthode Française. (suite)

$$\left(\frac{1}{100}\right)$$

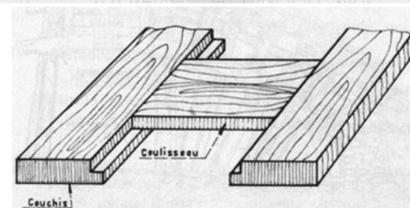
Détails du Cirtrage

$$\left(\frac{1}{50}\right)$$

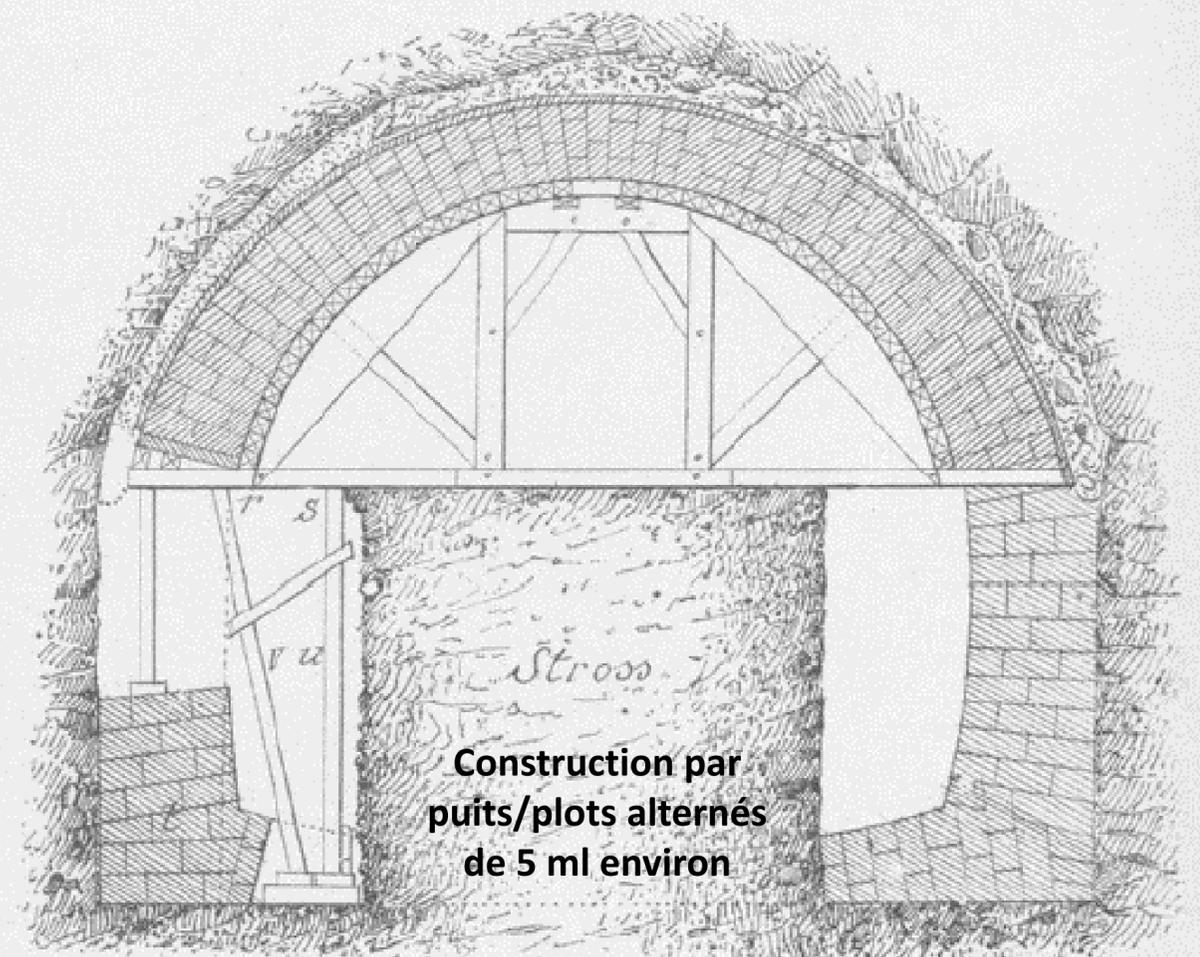
Plan suivant AB.



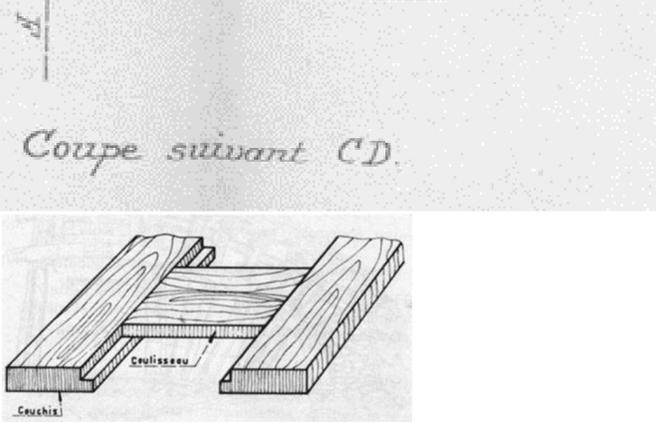
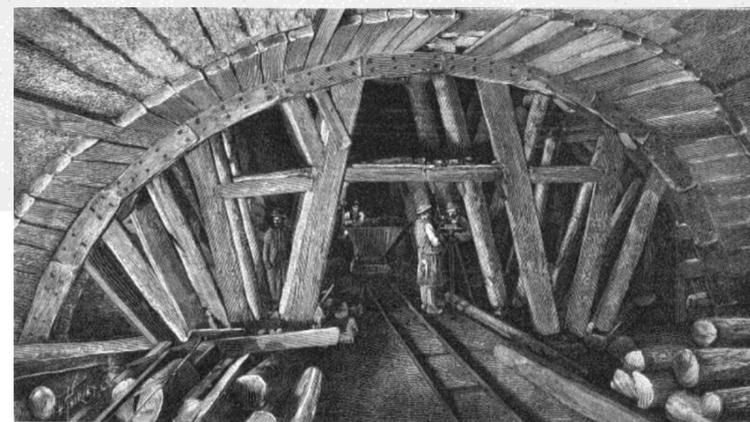
Coupe suivant CD.



Construction des Piedroits.



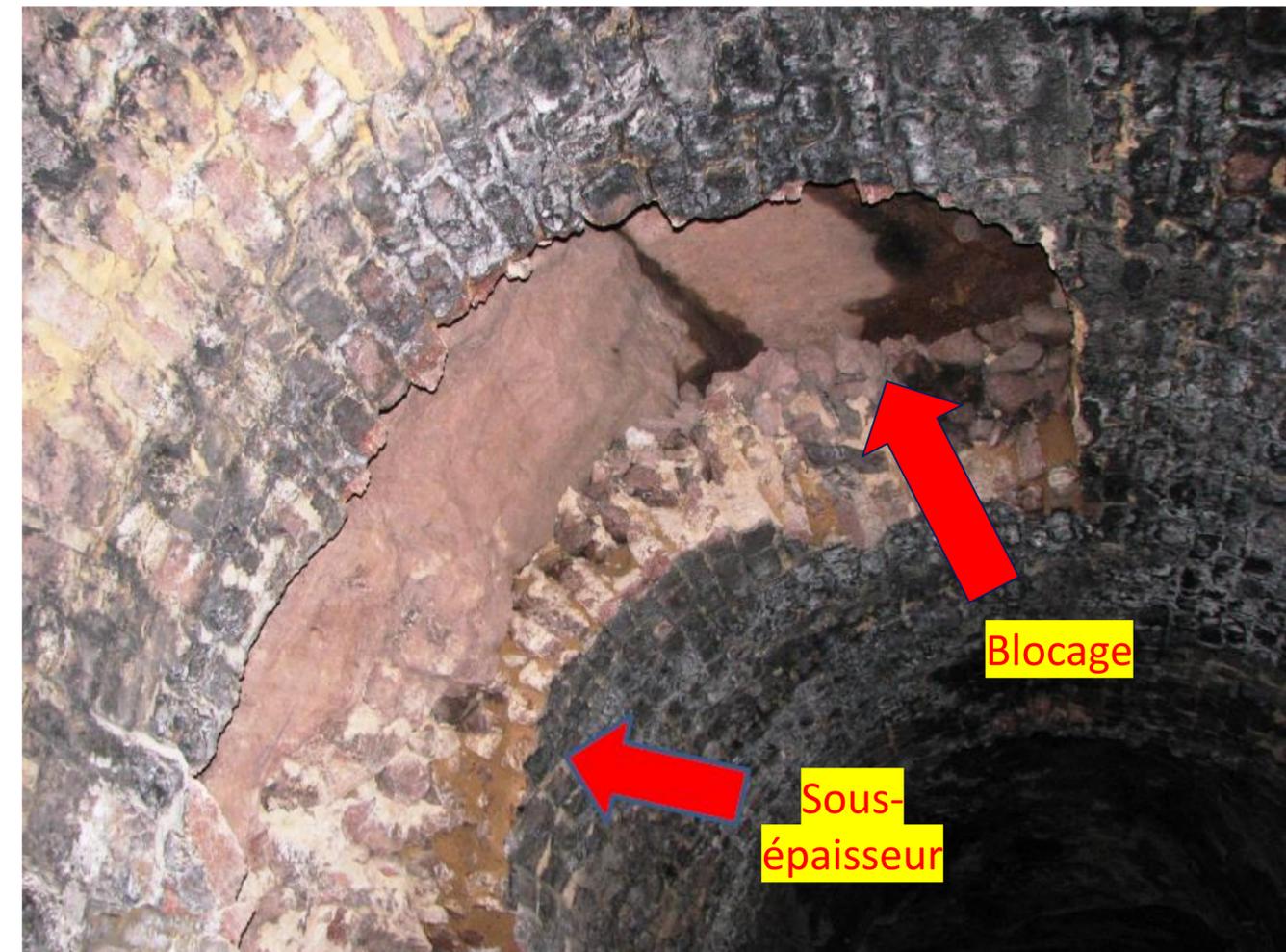
Construction par puits/plots alternés de 5 ml environ



Description du patrimoine d'ouvrages souterrains de SNCF Réseau

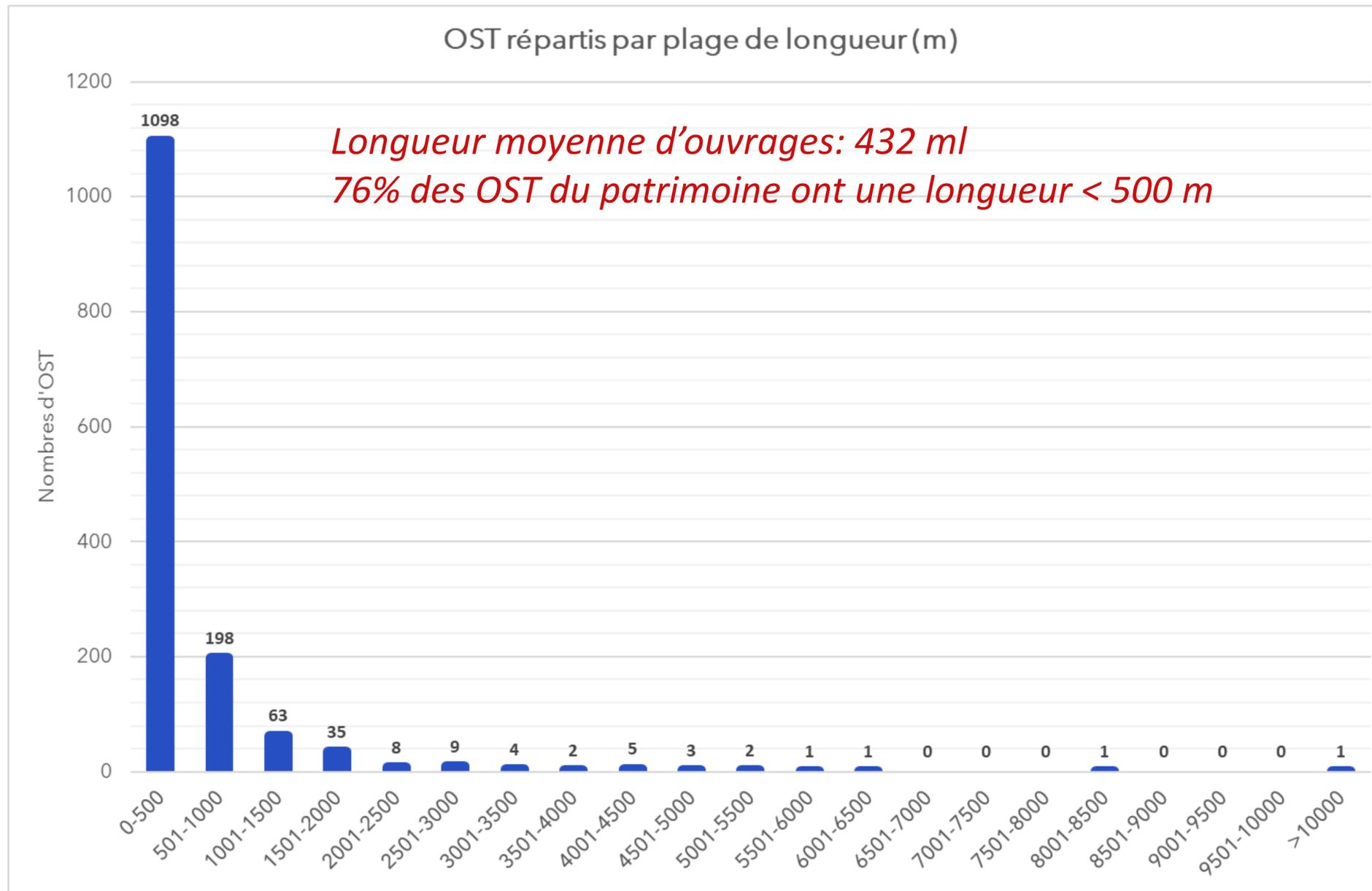
Age des ouvrages: ouvrages principalement construits suivant la méthode franco/belge

Principaux défauts imputables aux anciennes méthodes de construction



Description du patrimoine d'ouvrages souterrains de SNCF Réseau

Longueurs d'ouvrages:



Top 5 des tunnels ferroviaires les plus longs:

1. Tunnel du FREJUS (CH-L900): 13,698 km*
2. Tunnel du COL DE TENDE (MR-L946): 8,096 km*
3. Tunnel du MONT D'OR (DJ-L850): 6,096 km*
4. Tunnel du PUYSMORENS (TL-L672): 5,416 km
5. Tunnel du COL DE BRAUS (MR-L945): 5,414 km

* tunnels transfrontaliers avec gestion partagée

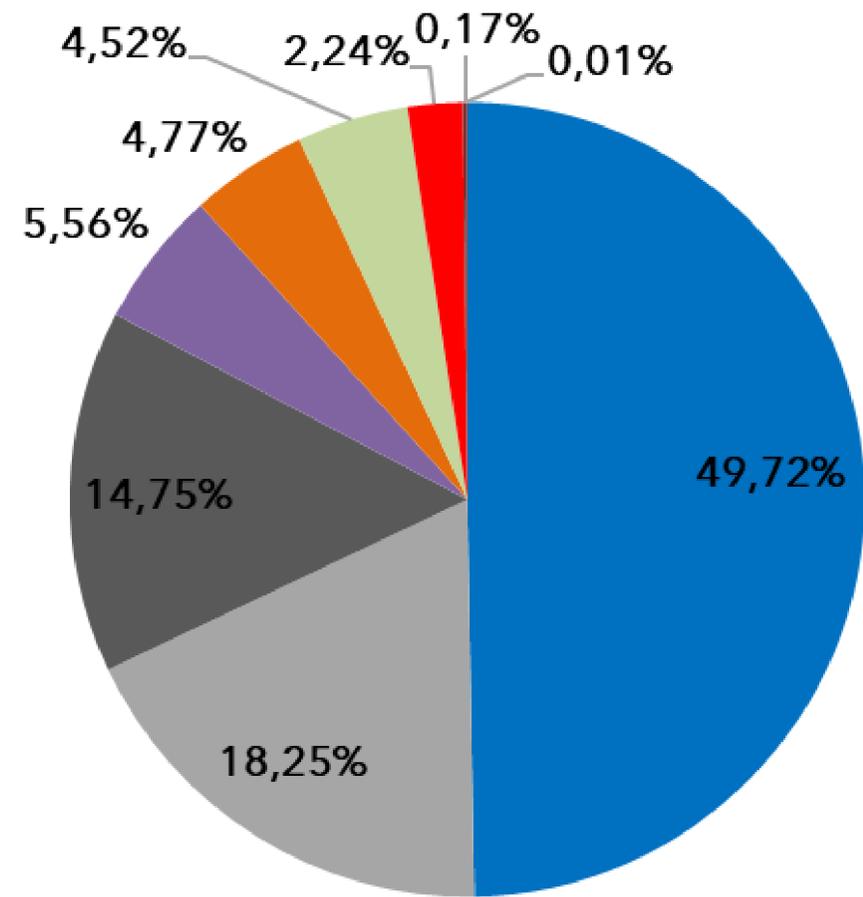


Tunnel du Fréjus

Description du patrimoine d'ouvrages souterrains de SNCF Réseau

Revêtements:

Répartition des surfaces de revêtements

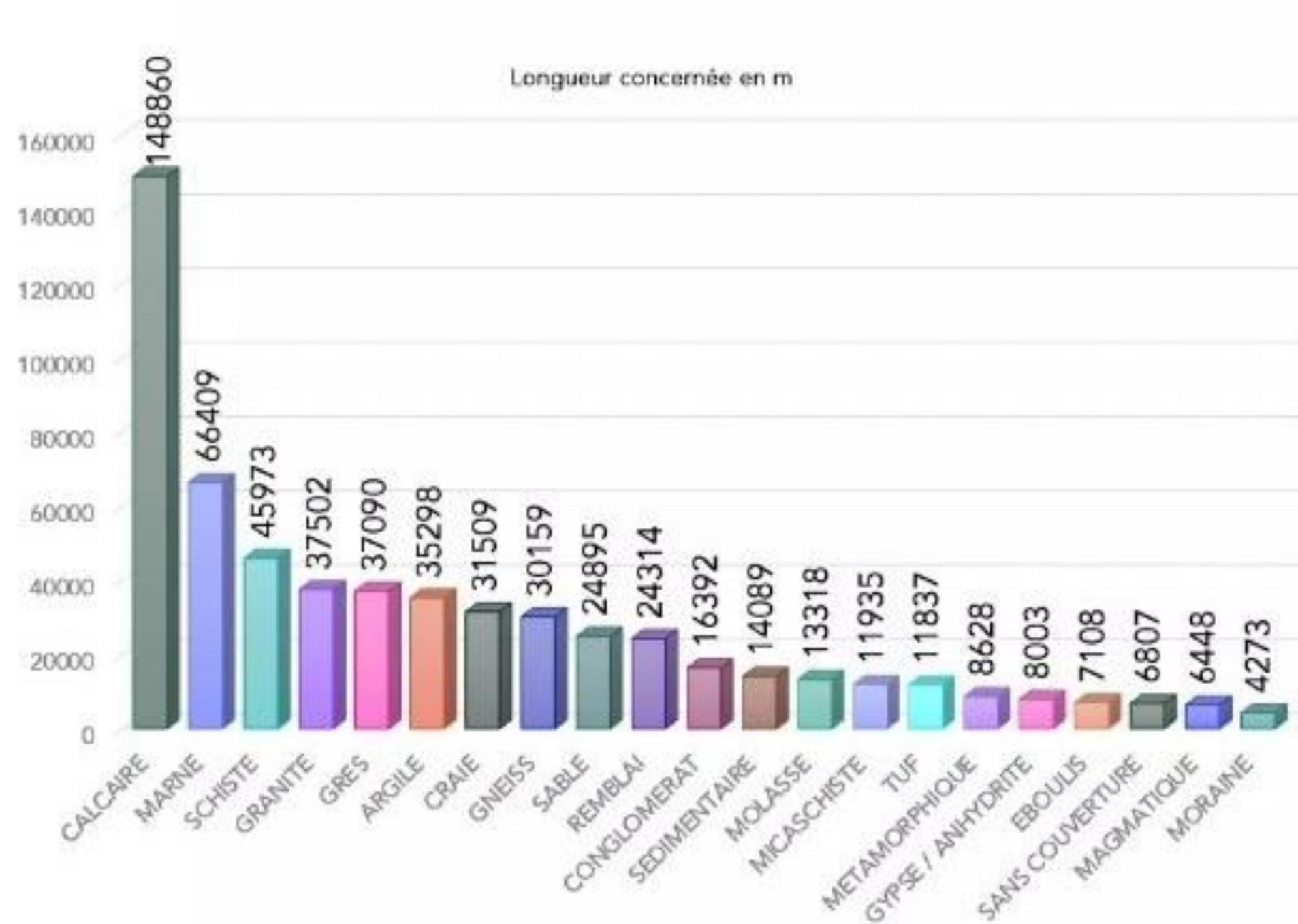


- Maçonnerie de moellons
- Béton simple
- Béton projeté
- Voussoir en béton
- Maçonnerie de briques
- Recouvert enduit
- Non-revêtue
- Revêtement autre
- Non définie



Description du patrimoine d'ouvrages souterrains de SNCF Réseau

Terrains encaissants:



Politique de surveillance du patrimoine

L'accident de VIERZY, un drame à l'origine de politique de surveillance

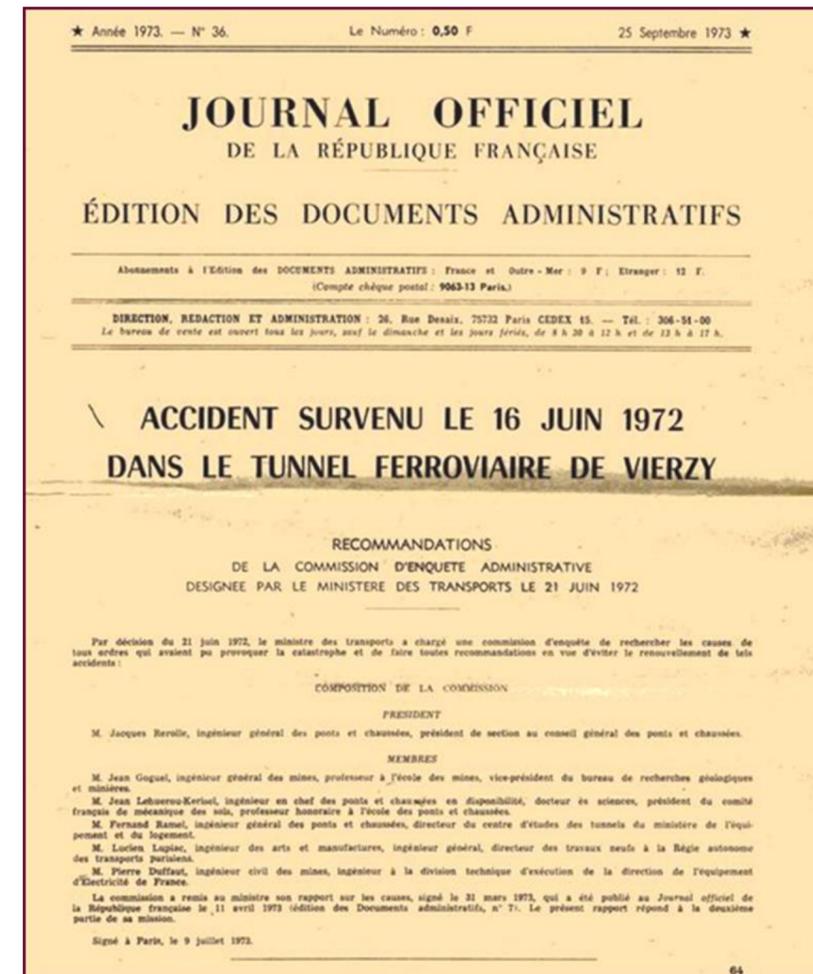
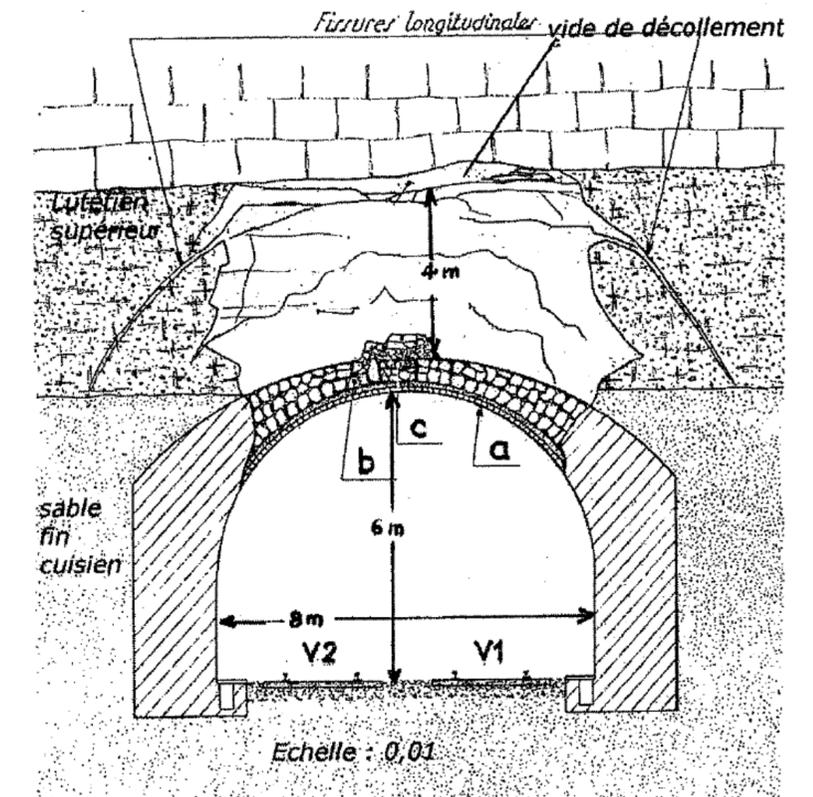


Effondrement d'une partie de la voûte du tunnel le 16 juin 1972 (travaux en cours)

Bilan : 108 morts et 87 blessés

Causes de l'accident : Décollement puis affaissement des bancs de calcaires lutétiens venus charger la voûte maçonnée fragilisée par l'altération des matériaux et par les travaux en cours, entraînant l'effondrement de l'ensemble

Les recommandations de la commission d'enquête administrative sont toujours d'actualité (JO n°36 du 25 septembre 1973)



Politique de surveillance du patrimoine

L'accident de VIERZY, un drame à l'origine de politique de surveillance

- ✓ Création de la Division Tunnels et embauche de géologues
- ✓ Systématisation des dossiers d'ouvrage
- ✓ Généralisation des investigations et auscultations
- ✓ Organisation de la surveillance et développement des moyens nécessaires (Wagon d'Inspection Tunnel et outils de réalisation des PV d'Inspection)
- ✓ Réalisation des relevés géométriques systématiques
- ✓ Développement de techniques de régénération
- ✓ Création de l'outil Relevé d'Avaries Détaillé Informatisé des Souterrains (en 1997)
- ✓ Extension de RADIS par l'outil cotation (en 2006)
- ✓ Projets de recherche



Wagon d'Inspection de Tunnels (WIT)



Réalisation de sondages

Politique de surveillance du patrimoine

L'expérience acquise après la catastrophe de Vierzy a permis d'identifier 3 familles d'ouvrages sensibles

Briques



*Risque de chute de
rouleaux*

Non revêtu



Risque de chute de blocs

Plateforme



*Risque d'instabilité de
voie*

Politique de surveillance du patrimoine

Deux évènements redoutés principaux:

Obstacle aux circulations par déformation/ruine totale ou partielle du revêtement

Heurt



Défaut de voie hors tolérance par perte du support de la voie (rupture de radier, plateforme polluée, fontis,...)

Déraillement



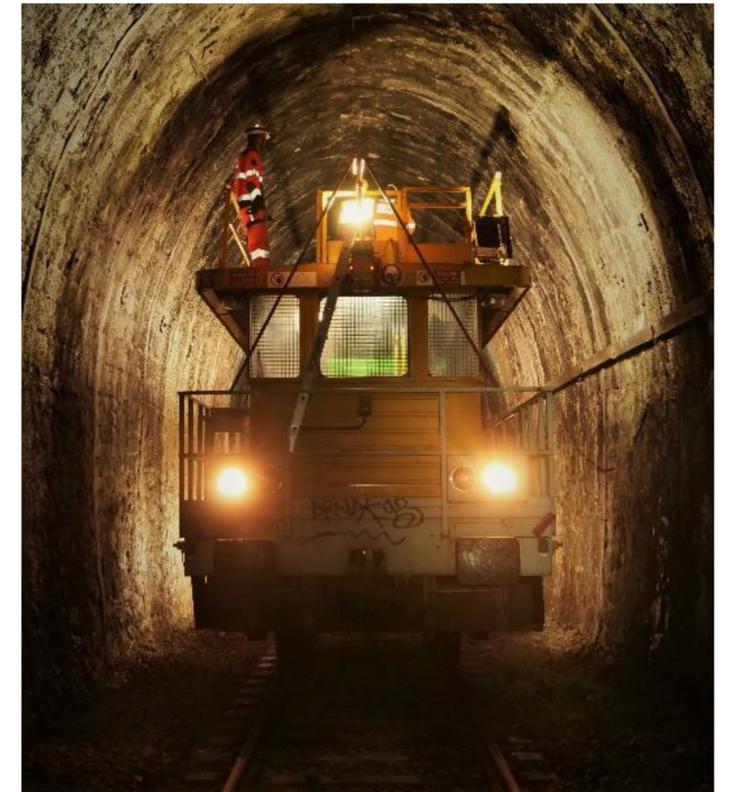
Un postulat:

« Le principe de la surveillance part du postulat qu'en l'absence de variations brutales de charge ou de résistance, la défaillance d'une cavité rocheuse ou d'une structure en maçonnerie ou en béton est précédée de signes perceptibles, tels que déformations, fissurations... ».

Politique de surveillance du patrimoine

Organisation de la surveillance

- La surveillance est basée sur l'observation régulière du parement et des abords des tunnels lors des inspections ou des visites d'expertise.
- Consiste à relever et répertorier tout signe pouvant indiquer un changement dans l'état du revêtement ou du terrain encaissant.*



1. La surveillance "périodique" (avec engins spécialisés) :

- Inspection Détaillée (ID) : tous les 6 ans; relevé de tous les désordres sur relevé d'avaries
- Inspection Détaillée Intermédiaire (IDI) : tous les 3 ans pour les structures sensibles (briques et non revêtu)
- Visite Intermédiaire (VI) : tous les ans

2. La surveillance "complémentaire" :

- Particulière (ouvrages neufs, innovants ou sensibles),
- Renforcée (ouvrages dégradés ou présentant des avaries graves et/ou des risques vis-à-vis de la sécurité).

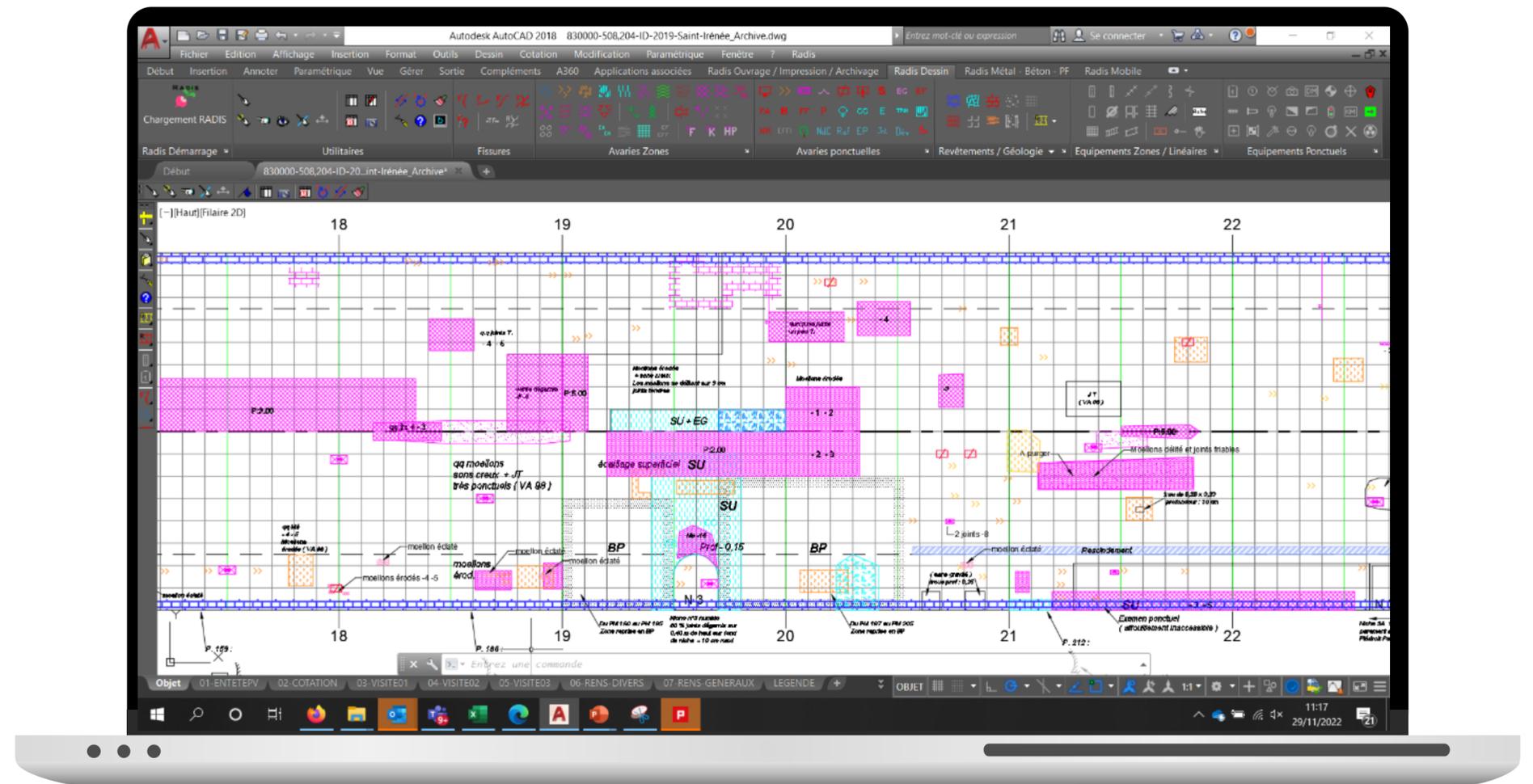
3. L'expertise nationale : Apporte un diagnostic précis, assure la maintenance et la préconisation de régénération déclenche les urgences travaux, et assure la synthèse de la surveillance.

Politique de surveillance du patrimoine

Moyens de surveillance

En 1997, création de l'application **RADIS** (Relevé d'Avaries Détaillé Informatisé des Souterrains) pour l'édition des relevés d'avaries dans les ouvrages souterrains.

- ✓ Systématiquement réalisés pour les Inspections Détaillées
- ✓ Garanti une homogénéité à l'échelle nationale
- ✓ Sert de supports aux Visites Intermédiaires



Politique de surveillance du patrimoine

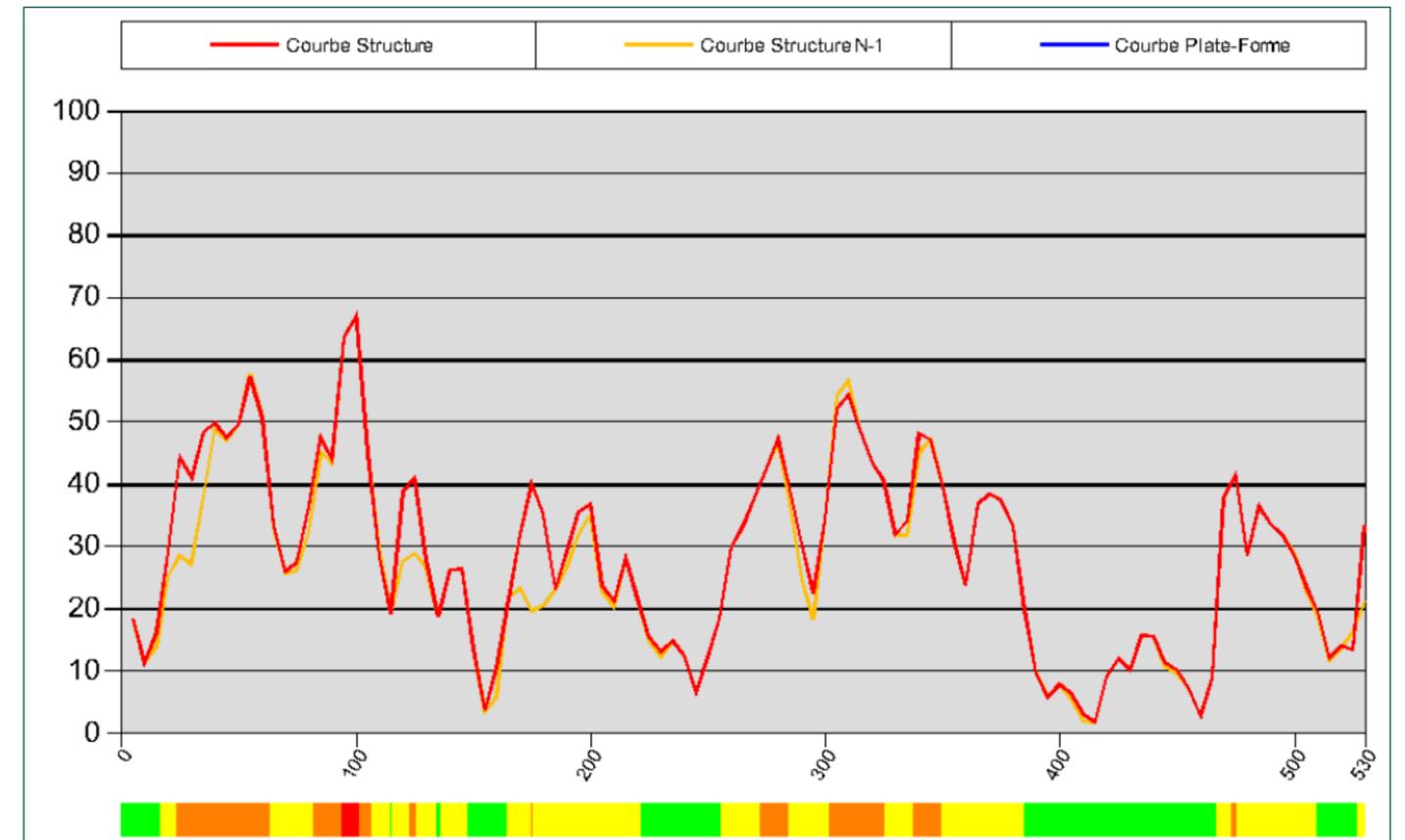
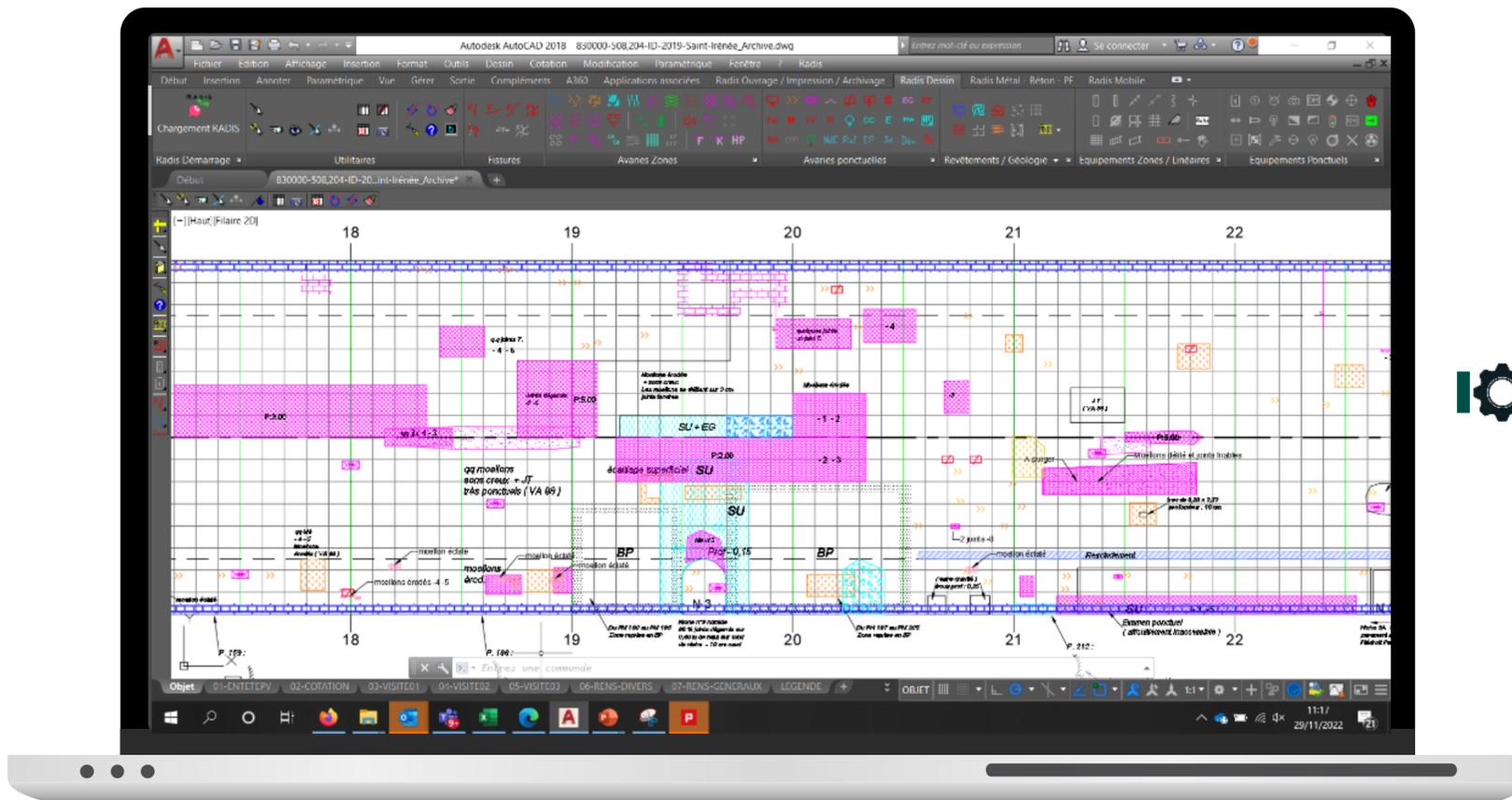
Moyens de surveillance

La cotation associée aux relevés d'avaries

En 2006, création d'un module de cotation automatique basée sur les relevés RADIS.

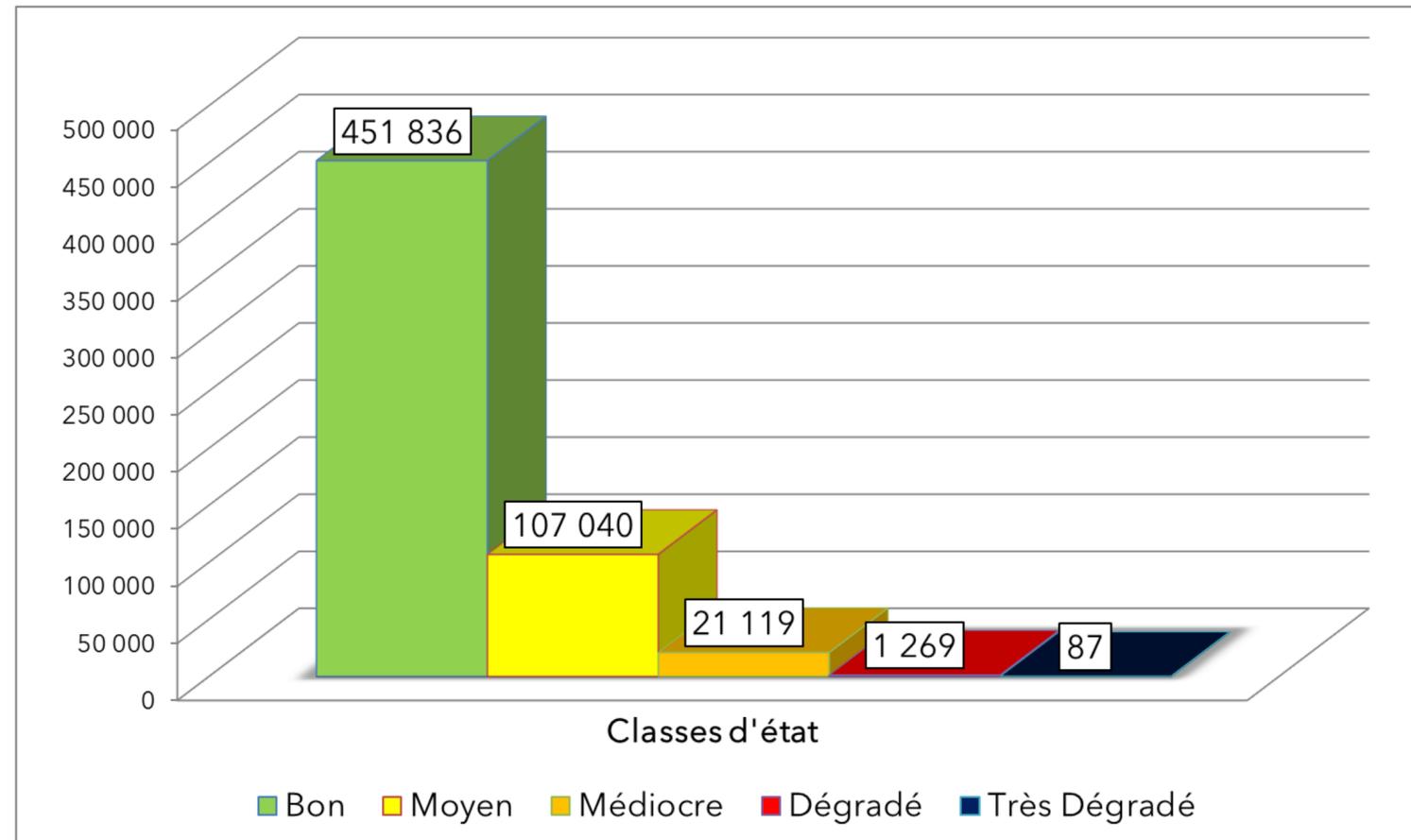
La cotation est un indicateur d'état des ouvrages établi suivant 5 classes.

| CLASSES | Cotes | Etat | Palette | Longueur | % |
|----------|-----------------|--------------|---|----------|-------|
| Classe 5 | entre 80 et 100 | Très Dégradé |  | 0.00 | 0.00 |
| Classe 4 | entre 60 et 80 | Dégradé |  | 7.5 | 0.36 |
| Classe 3 | entre 40 et 60 | Médiocre |  | 141.7 | 6.72 |
| Classe 2 | entre 20 et 40 | Moyen |  | 550.4 | 26.11 |
| Classe 1 | entre 0 et 20 | Bon |  | 1408.3 | 66.81 |

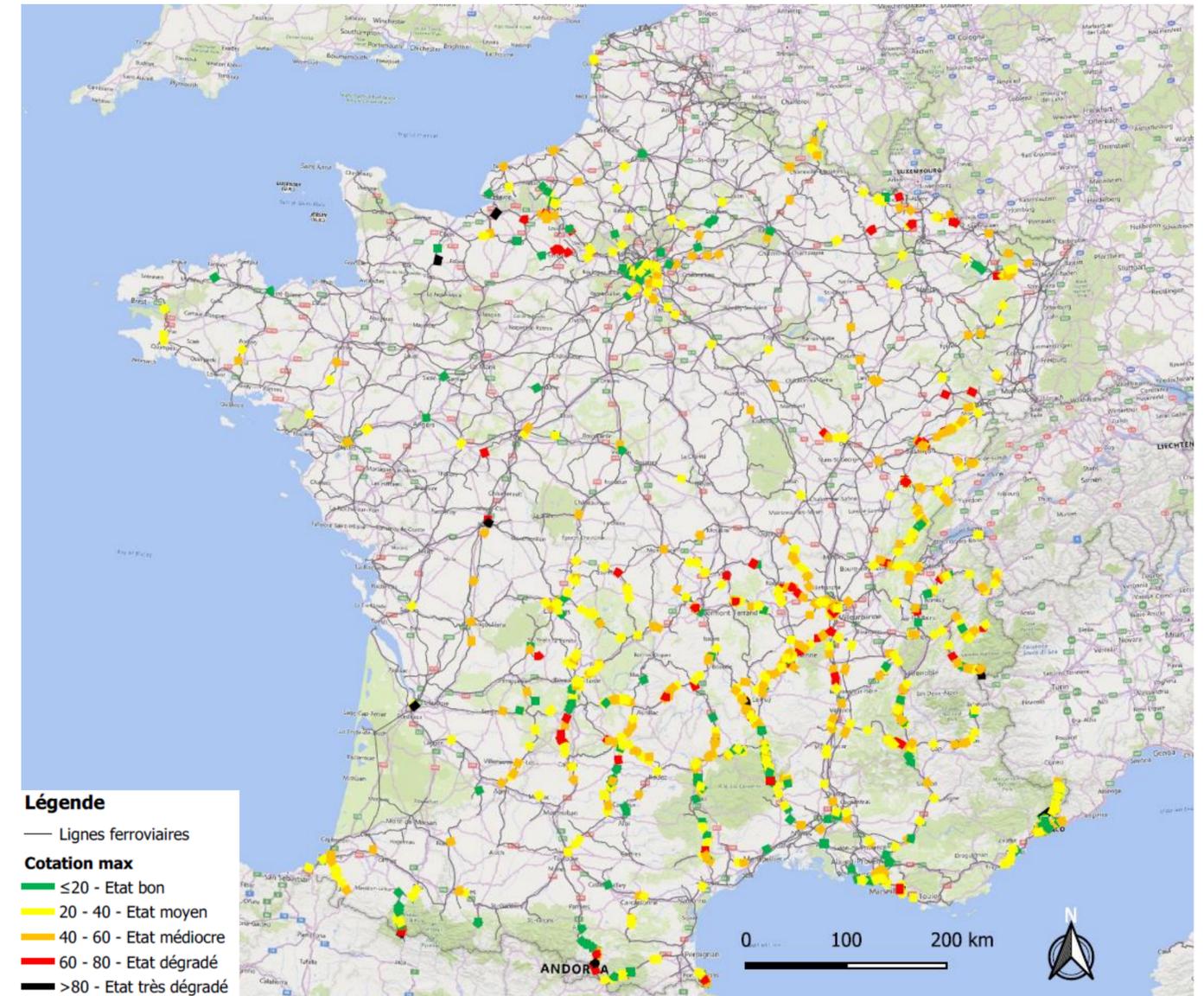


Politique de surveillance du patrimoine

La cotation: un indicateur clé pour la gestion du patrimoine



Cotation des tunnels
Linéaires des classes d'état
pour l'ensemble du patrimoine



Cotation des tunnels
Carte de localisation des tunnels par classes d'état

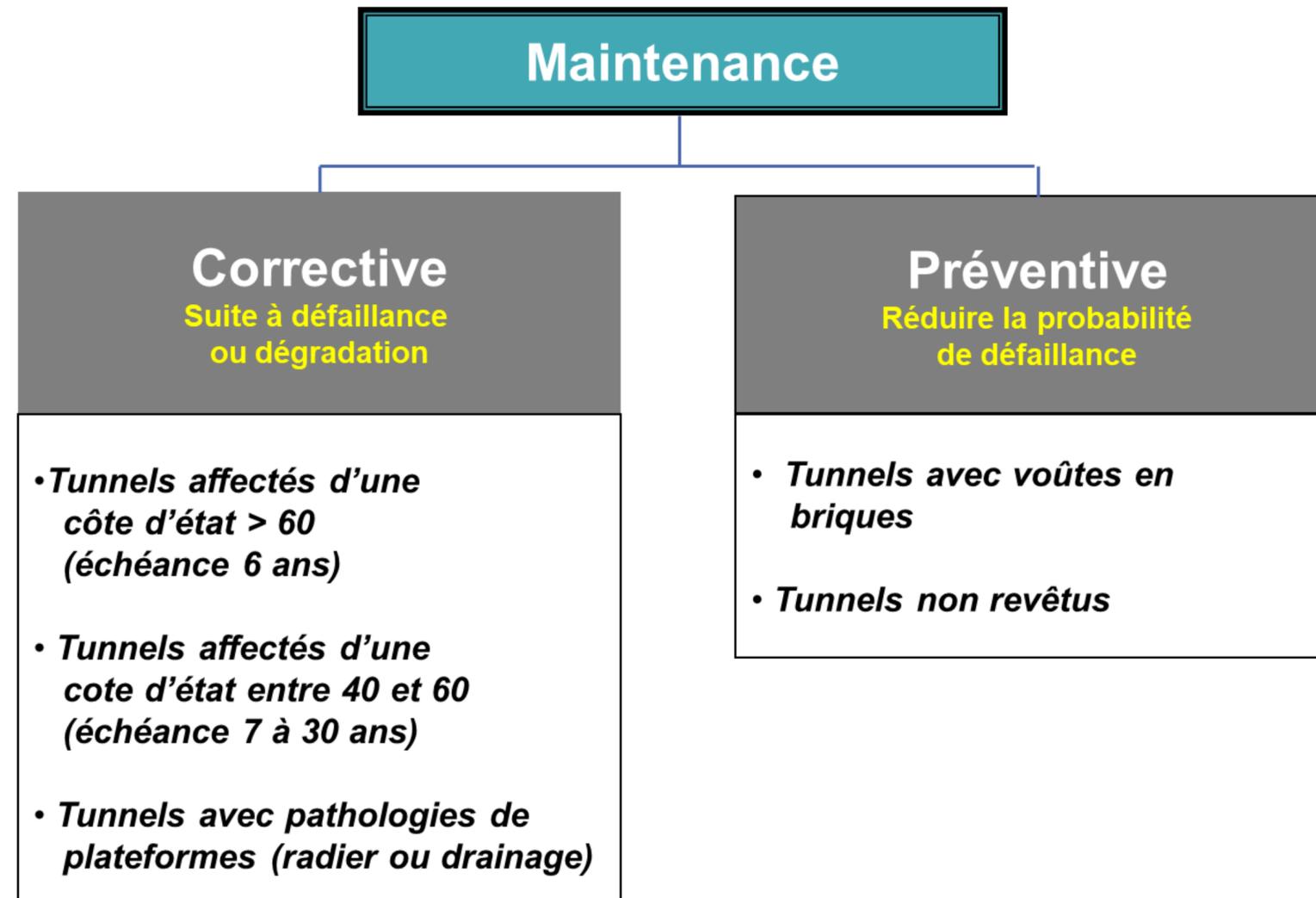
Politique de régénération du patrimoine

Construite à partir de dires d'experts, la politique de maintenance a été initiée dès les années 1990.

Les objectifs actuels sont :

- Supprimer progressivement les structures à risque sur les lignes à fort enjeu stratégique.
- Réduire le linéaire des structures à risque sur les autres lignes avec voyageurs.
- Continuer à assurer la maintenance du reste du patrimoine au minimum en empêchant les dégradations irréversibles.

A partir de 2005



Et demain?

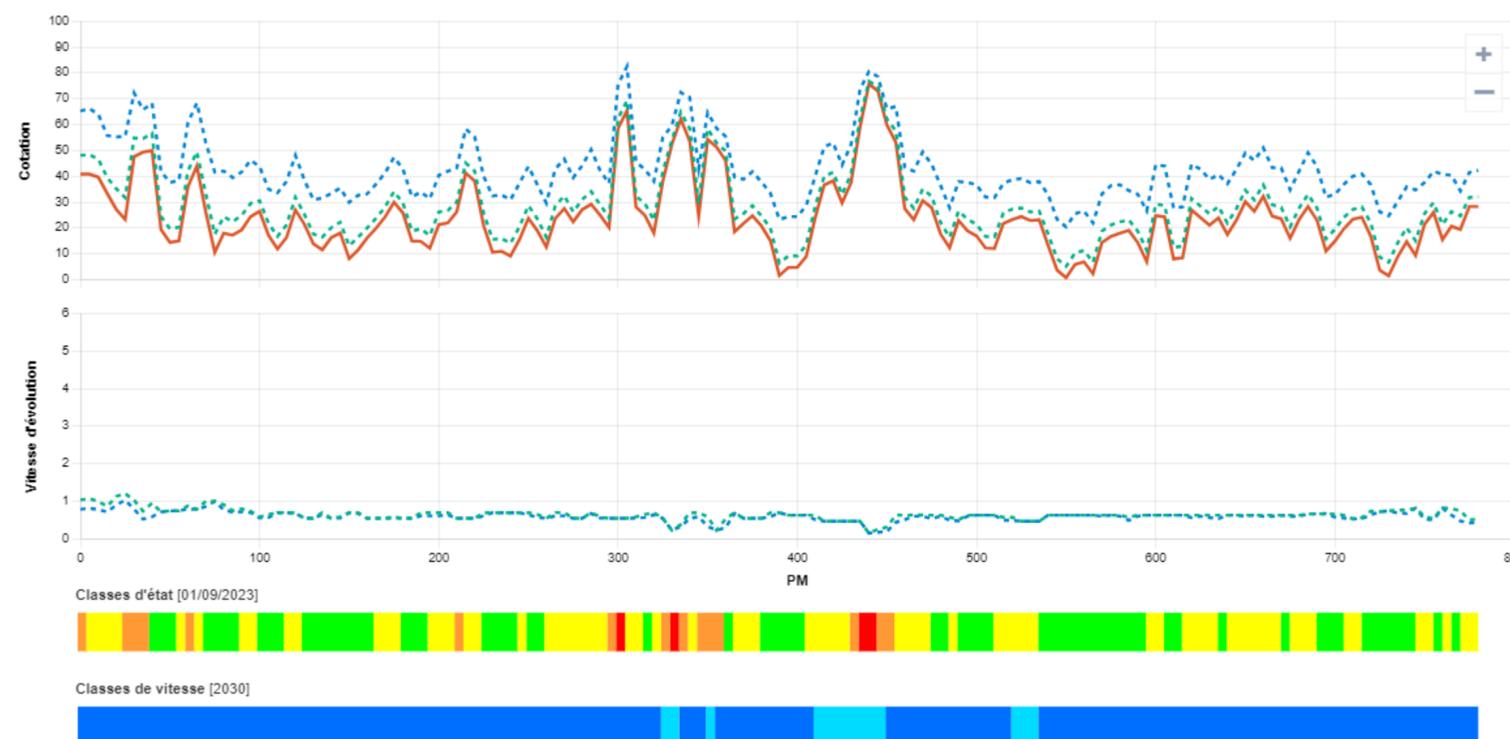
L'intelligence artificielle comme outil d'aide à l'émergence et à la priorisation des opérations de régénération

Caractéristiques de l'ouvrage, de sa géologie et de son environnement

Données de cotation

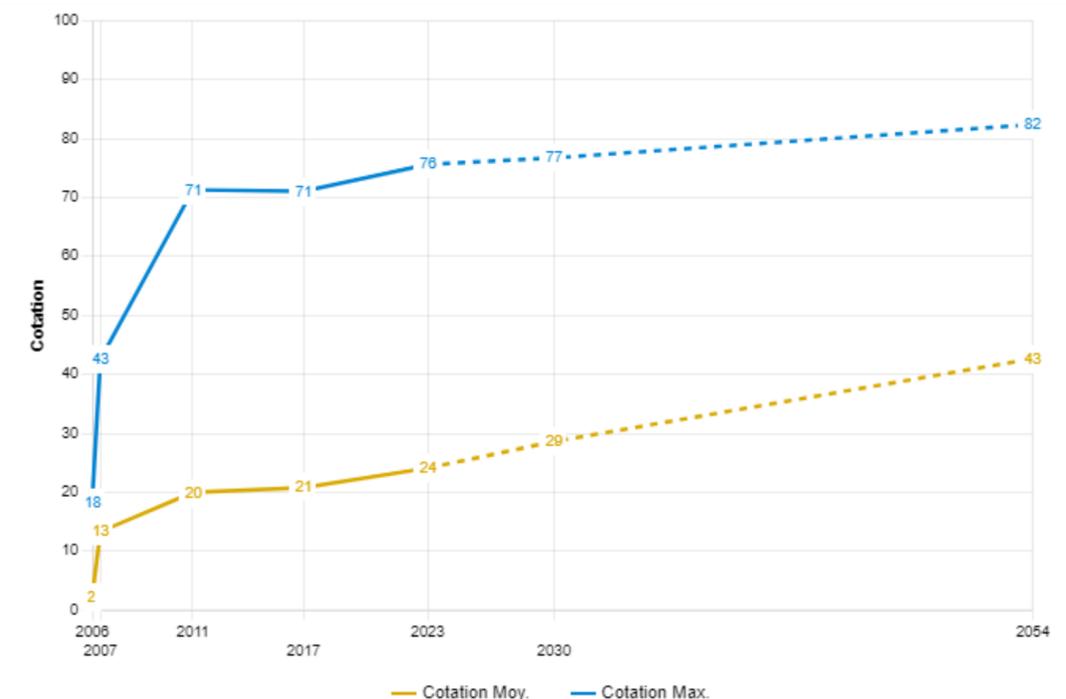
Modèle de prédiction de la dégradation

Cotation et vitesse d'évolution



- Prédiction
 - 2030
 - 2054
- Archivages
 - 01/09/2023
 - 12/06/2017
 - 22/11/2011
 - 05/04/2007
 - 06/11/2006
- Classes d'état
 - Bon
 - Moyen
 - Médiocre
 - Dégradé
 - Très Dégradé
- Classes de vitesse
 - Lent (0-0,5)
 - Moyen (0,5-2)
 - Rapide (>2)

Moyenne / Maximum



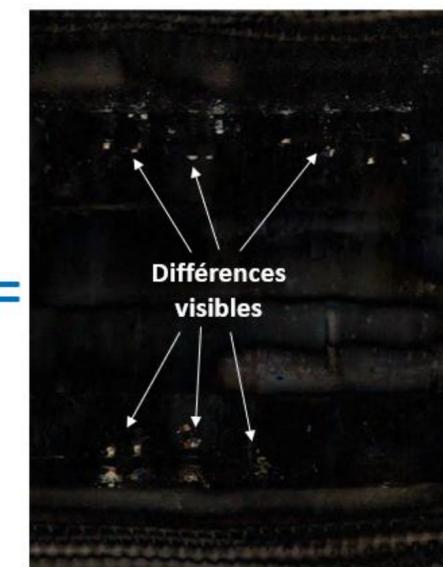
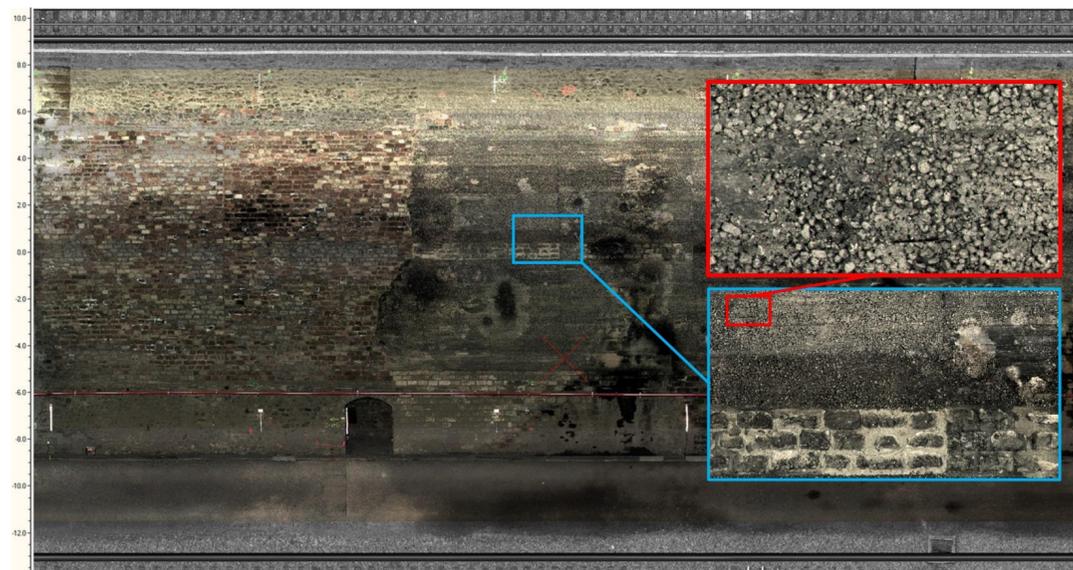
Et demain?

De nouveaux outils technologiques pour augmenter la précision des relevés d'avaries et détecter automatiquement des évolutions

Aide à l'inspection mais ne peut pas se substituer aux méthodes traditionnelles pour le moment

Permet d'améliorer la précision des relevés d'avaries

Permet de détecter des évolutions entre deux relevés.



Conclusion

- ✓ Le patrimoine d'ouvrages souterrains de SNCF Réseau est conséquent et ancien.
- ✓ La catastrophe de Vierzy a été un évènement fondateur pour la mise en place d'une politique de maintenance et le développement d'outils pour la surveillance des ouvrages.
- ✓ La connaissance du patrimoine s'est particulièrement améliorée après cette catastrophe (dossiers d'ouvrage; réalisation systématique d'investigations,...).
- ✓ Deux types de structures sensibles ont ainsi été identifiées: les revêtements en briques ou de rocher apparent.
- ✓ L'outil RADIS développé en 1997 a permis d'homogénéiser la réalisation des relevés d'avaries et a permis de mettre en place la cotation d'état en 2006. La cotation d'état est un indicateur clé pour orienter la gestion du patrimoine.
- ✓ Tout le fruit de ce travail est désormais valorisé comme donnée d'entrée pour des modèles de prédiction de la dégradation des ouvrages pour aider à l'émergence et à la priorisation des opérations de régénération.
- ✓ Les évolutions technologiques en termes de photogrammétrie et de lasergrammétrie constituent par ailleurs de nouveaux outils d'aide à la surveillance pour augmenter la précision des relevés d'avaries et faciliter la détection et la caractérisation de l'évolution des avaries.

