



INVENTAIRE des TUNNELS FERROVIAIRES de FRANCE

iff.contact@orange.fr

LES TUNNELS - 1

Afin de vous aider à mieux comprendre ce que vous allez découvrir dans cet inventaire, voici en deux chapitres, tunnels 1 (De la barre à mine) et tunnels 2 (A la caquoïde), quelques éléments succincts sur les techniques de percement des tunnels et leur architecture.

TYPES DE TUNNELS :

Savoir tout d'abord qu'il existe deux grands types de tunnels :

- Les vrais tunnels de percement qui traversent collines ou montagnes.
- Et les faux ouvrages construits artificiellement à l'air libre pour divers usages : traverser d'épais remblais, tranchées couvertes, galeries de protection, récupération d'espace en surface, etc...

Le descriptif qui va suivre, ne concerne que les vrais tunnels de percement, les plus difficiles à réaliser. Les faux tunnels sont en effet de simples constructions en maçonnerie qui ne comportent pas de difficultés majeures.

★ ★ ★

TECHNIQUES ANCIENNES DE PERCEMENT :

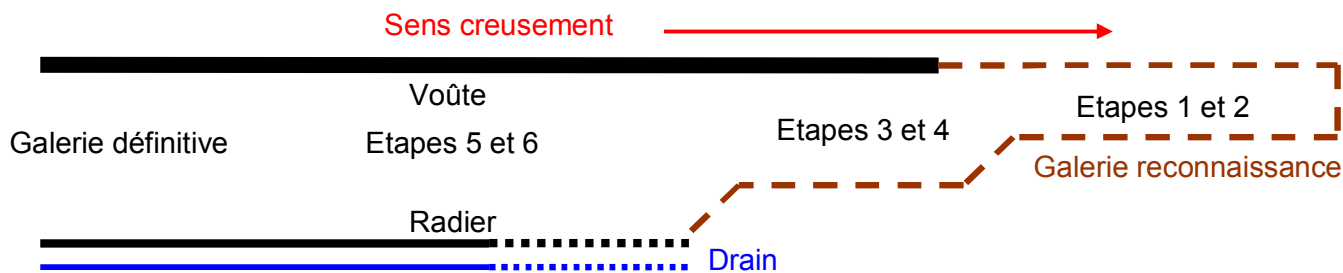
Dans tous les cas, le creusement et le percement d'un vrai tunnel s'organisait autour de six temps forts :

- La reconnaissance.
- L'abattage (réalisation de la voûte).
- La mise en sécurité de la voûte.
- L'abaissement du radier.
- La construction des piédroits.
- La finition du radier et du tunnel.

Les étapes en marron sont des étapes de creusement.

Les étapes en vert sont des étapes de construction et de maçonnerie.

Ces deux types d'étapes sont imbriqués car la mise en sécurité de la galerie intervenait en même temps que son creusement.



Les six grandes étapes de la réalisation d'un tunnel

CHOIX DE LA METHODE :

S'il est exact que l'on définit des méthodes théoriques pour creuser les tunnels, il faut savoir que la réalisation de chaque grand tunnel est un cas particulier faisant appel à des adaptations et à un mélange de diverses techniques. En ce sens, chaque tunnel est unique.

Le choix de la méthode résulte d'un certain nombre de critères, à savoir :

- Le contexte politique du moment.
- La nature du terrain et les difficultés supposées ou attendues.
- Les crédits et le temps concédés.
- Les charges et contraintes imposées.
- La personnalité de l'ingénieur chargé de la réalisation, qui peut être un battant ou un personnage plus timoré.
- Les moyens humains mis en œuvre (nombre d'ouvriers).
- Et les moyens matériels (présence de perforatrices et autres innovations).

Nous allons donc examiner les choix qu'avaient les réalisateurs pour chaque étape précitée. Notons en passant que ces choix concernaient aussi les tunnels fluviaux puisque c'est à cette même époque qu'ont été creusés certains longs tunnels sur les canaux de France. C'est d'ailleurs bien souvent les mêmes ingénieurs que l'on retrouvait dans les deux cas. Ce qui suit ici s'applique donc indifféremment aux deux types d'ouvrages.

LA RECONNAISSANCE :

A une époque où n'existait aucun moyen de forage léger pour remonter des carottes géologiques et évaluer les difficultés du terrain, la seule possibilité qu'avaient les ingénieurs, était « d'y aller voir ». Autrement dit, de creuser des trous dans lesquels l'être humain pouvait s'engager pour constater de visu.

Il y avait là trois méthodes possibles :

- Creuser des puits verticaux.
- Creuser une galerie d'axe.
- Travailler en galerie pilote.

A noter que la méthode des puits pouvait être utilisée conjointement avec la réalisation d'une galerie d'axe ou un creusement avec galerie pilote.

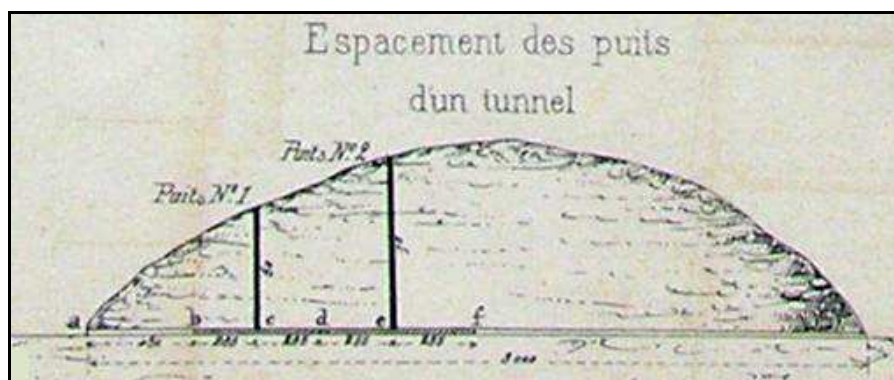
Puits verticaux :

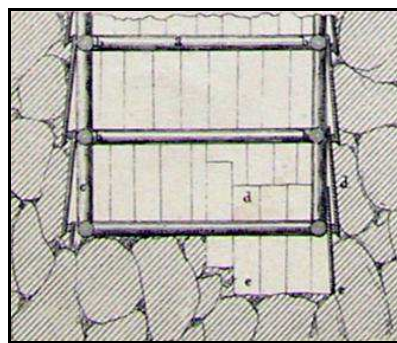
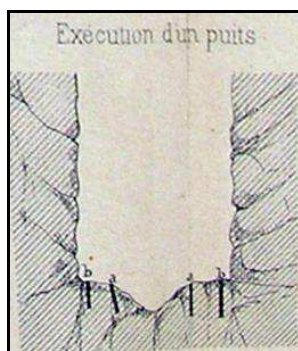
Contrairement à ce que l'on pourrait croire de prime abord, creuser des puits verticaux est plus simple que réaliser des galeries horizontales :

- En effet, un trou vertical n'a pas à supporter les contraintes de terrain liées à la pesanteur. En d'autres termes, il n'est sujet qu'aux contraintes horizontales qui sont beaucoup moins importantes (en principe) que les contraintes verticales. De ce fait, il nécessite moins d'étaiyage.
- De même, l'évacuation des déblais par le haut est plus simple que le transport horizontal (par portage ou roulage) de ces mêmes déblais.
- Enfin, pour donner passage à un homme, un puits peut avoir un diamètre largement inférieur à celui d'une galerie horizontale. D'où gain de temps et d'argent pour la réalisation.

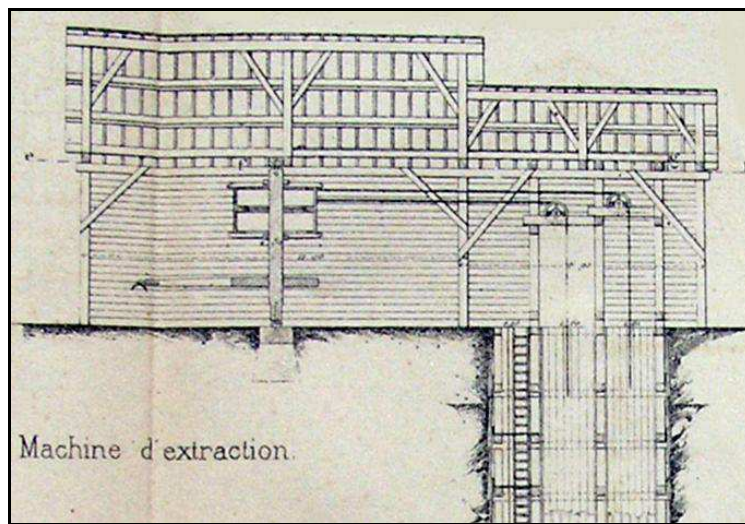
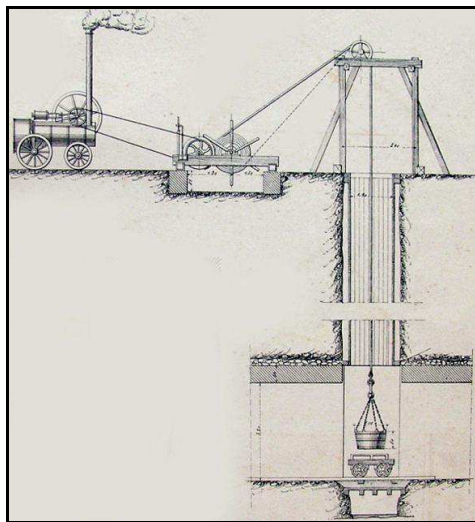
C'est pourquoi la technique des puits de reconnaissance a été très en faveur par le passé. Elle offrait en outre d'autres avantages :

- Possibilité de créer des points d'attaque intermédiaires une fois la profondeur adéquate atteinte.
- Et, par la suite, une fois la voie ferrée mise en service, servir comme cheminées d'aération et de désenfumage puisque, rappelons-le, la traction des trains était à vapeur.





Exécution d'un puits simple (à gauche) et d'un puits blindé (à droite) en terrain instable



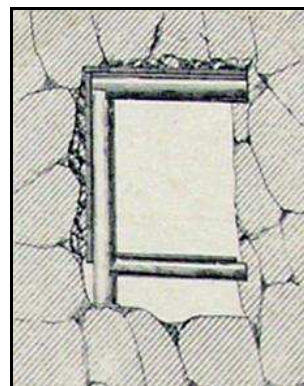
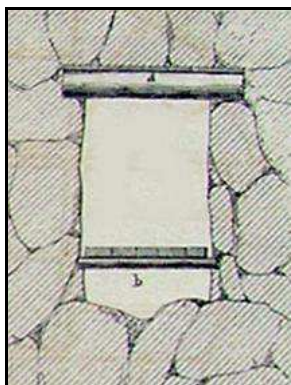
Evacuation verticale des déblais

Noter que le croquis de droite montre une double évacuation
Pendant que l'un des seaux descend, l'autre remonte

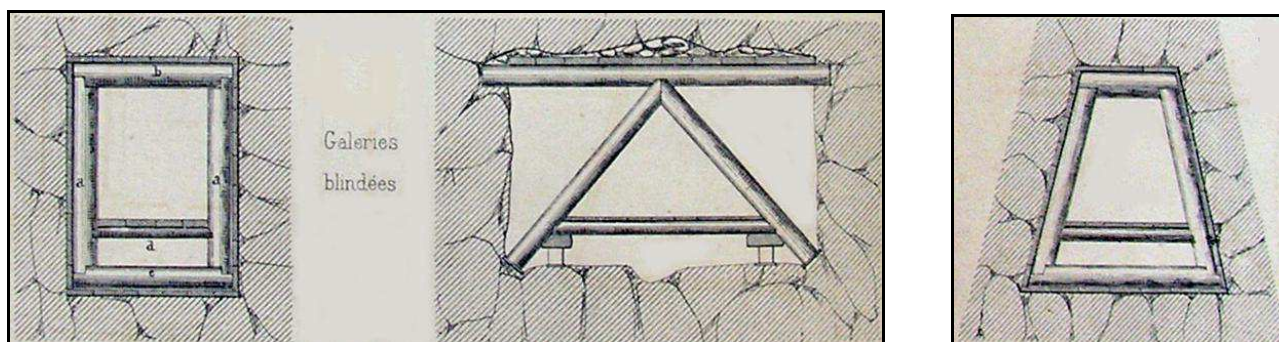
Galerie d'axe :

Une autre méthode possible consistait à creuser et percer une « galerie d'axe » sur toute la longueur du futur souterrain ; c'est-à-dire un tunnel de section réduite (2,5 x 2,5 m environ) qui permettait d'évaluer les difficultés rencontrées, puis serait ensuite élargi aux dimensions définitives. Comme on le verra ci-après pour la suite des travaux, cette galerie était toujours réalisée au niveau de la future voûte du tunnel, c'est-à-dire dans la partie haute de la section définitive. C'est pourquoi on l'appelle aussi galerie de faite.

Cette méthode a l'avantage de la sécurité et de la certitude avant d'entreprendre les gros travaux. Mais elle rallongeait considérablement la durée du chantier puisque le tunnel était dès lors creusé en deux temps successifs et distincts : reconnaissance et réalisation proprement dite.

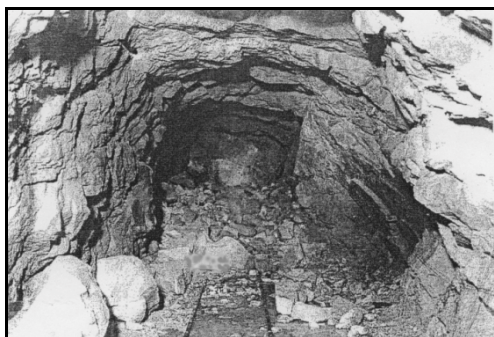


Galleries d'axe simples en terrain dur



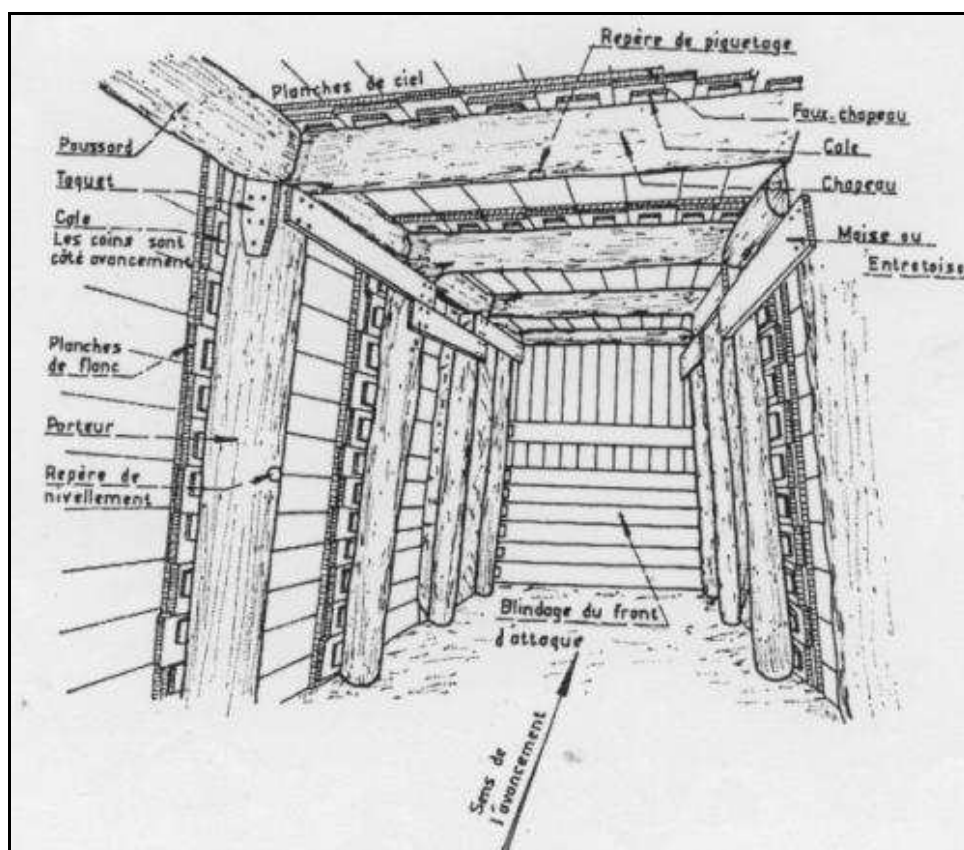
Galeries d'axe blindées en terrain instable

La différence avec les galeries simples tient à ce qu'un bardage en planches (blindage) est intercalé entre la paroi et les étais



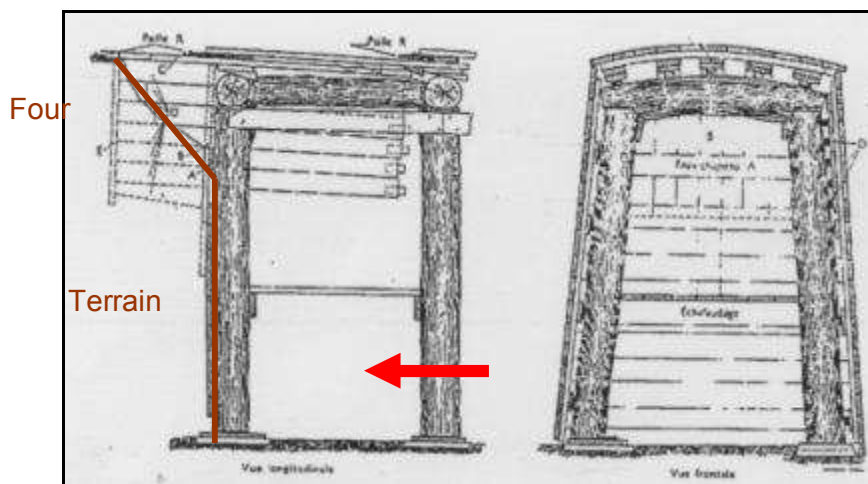
Galeries d'axe

A gauche, sans étais en terrain dur ; à droite, avec étais, avec ou sans blindage



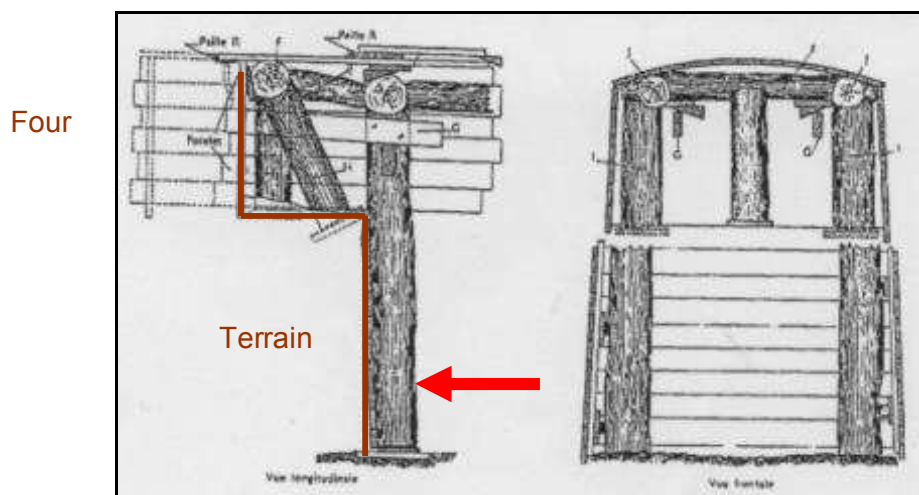
Front d'attaque d'une galerie blindée

Lorsque le terrain était de très mauvaise tenue, l'attaque s'effectuait en quatre temps qui étaient source d'un véritable exercice de boisage et de soutènement. Jugez-en :



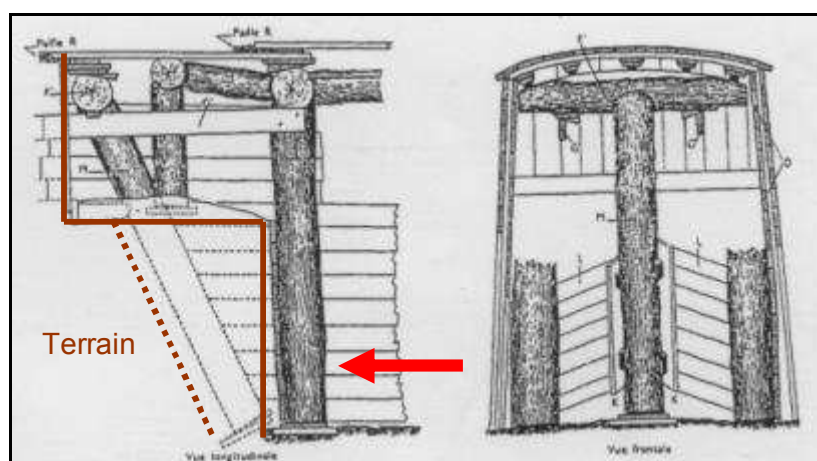
Etape n° 1

A gauche, vue en coupe, la flèche indique le sens d'avancement ; à droite, vue de face
On entame une cavité baptisée four (par analogie avec la forme d'un vieux four à pain)
dans le haut du front d'attaque (trait marron)



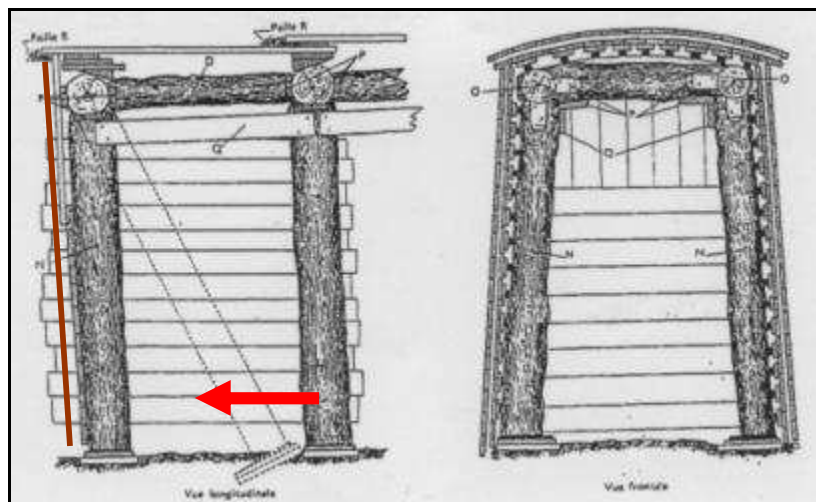
Etape n° 2

Elargissement du four et introduction de bois d'échafaudage (empotelage) et des planches de blindage
Des bouchons de paille glissés entre planches et terrain viennent parfaire l'étanchéité
si le terrain est sableux ou pulvérulent



Etape n° 3

Une saignée verticale est pratiquée dans l'axe du front d'attaque afin d'y loger un gros bois de soutien
Par la même occasion, le four est approfondi



Etape n° 4

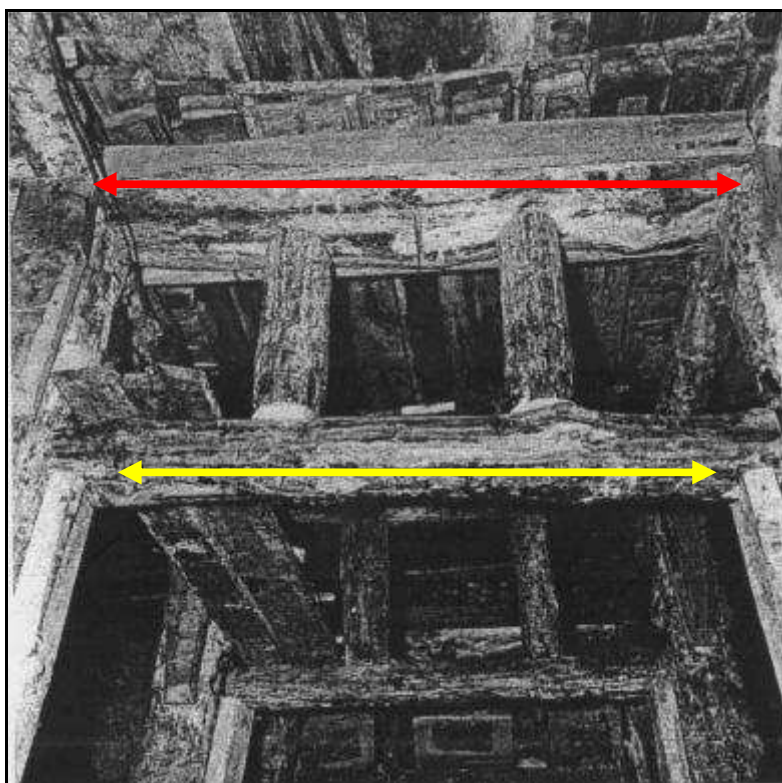
Le plancher du four est abaissé jusqu'à rejoindre le sol de la galerie

Un nouvel arceau de boisage est posé

Le gros bois de maintien central est enlevé

Et après blindage du front d'attaque, le cycle peut reprendre à l'étape n° 1

A noter que, sous les poussées verticales du terrain encaissant, il convenait parfois de doubler les madriers de chapeau (madriers horizontaux qui soutenaient le toit de la galerie).



Renforcement (flèche jaune) de chapeau (flèche rouge)

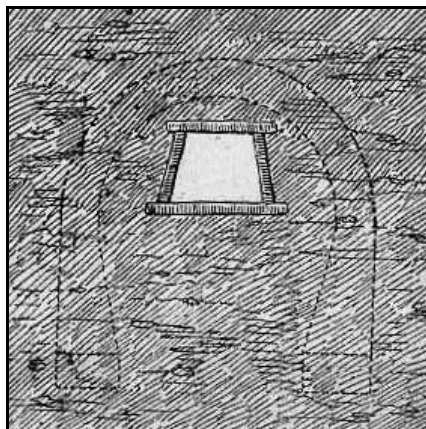
Galerie pilote :

Pour gagner du temps, une troisième méthode consistait à travailler en « galerie pilote », c'est-à-dire avec une petite galerie de reconnaissance précédant l'avancement du chantier de quelques dizaines de mètres. Cette méthode était bien plus rapide que la précédente puisque reconnaissance et gros-œuvre s'effectuaient en même temps. Mais elle avait par contre le gros défaut de ne pas pouvoir déceler à l'avance une difficulté insurmontable susceptible de remettre en cause le choix du tracé et l'existence du chantier. On comprend que la personnalité de l'ingénieur était un élément déterminant de ce choix crucial. Pour le reste, l'architecture et la méthode de creusement en galerie pilote étaient strictement identiques à celles d'une galerie d'axe.

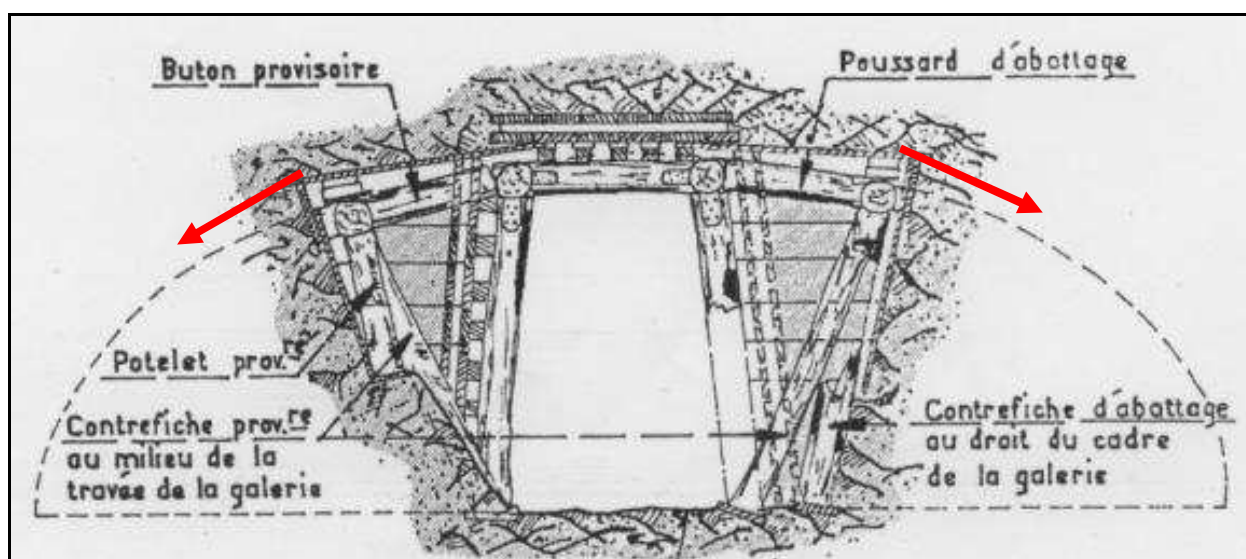
ABATTAGE :

Aujourd'hui, ce mot désigne l'avancée du front de taille en pleine section. A l'époque, il avait une tout autre signification. Il désignait l'abattage des parois latérales de la galerie de reconnaissance (d'axe ou pilote) pour réaliser l'arrondi de la voûte, comme on ouvre un livre.

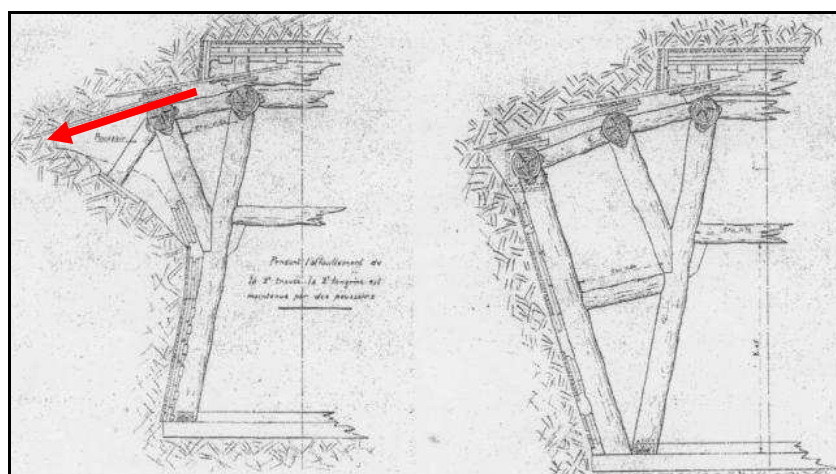
Quel que soit le type de reconnaissance utilisée, la méthode d'abattage est toujours la même. Elle consiste à abattre l'une des parois latérale, puis l'autre, pour réaliser l'arrondi de la voûte du tunnel définitif. La masse de roche abattue doit prendre en compte la future épaisseur du parement en maçonnerie qui couvrira la voûte.

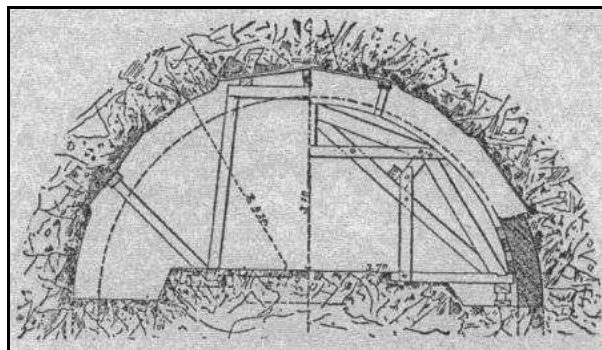


Point de départ : la galerie de reconnaissance (axe ou pilote)



Ci-dessus et ci-dessous, principe de l'abattage latéral

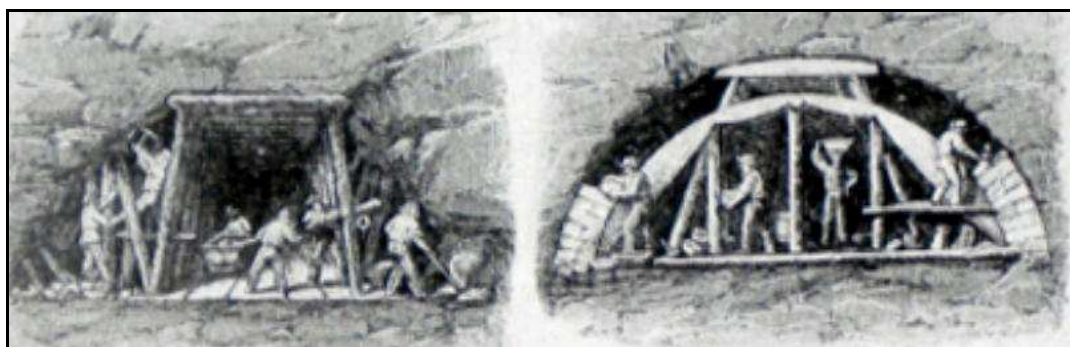




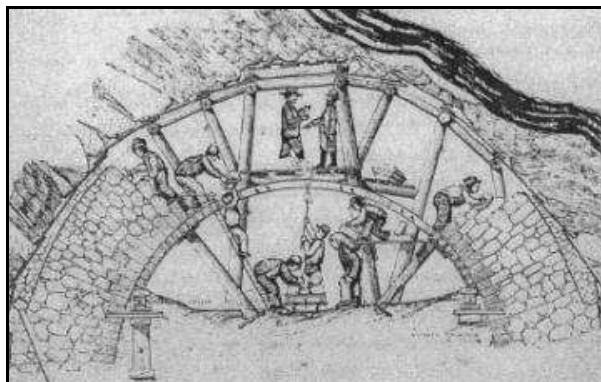
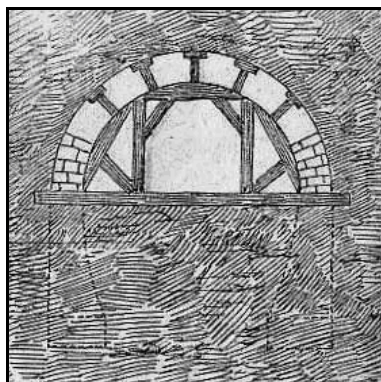
Formes de boisages utilisés pour soutenir la voûte en cours d'ouverture

MISE EN SECURITE DE LA VOUTE :

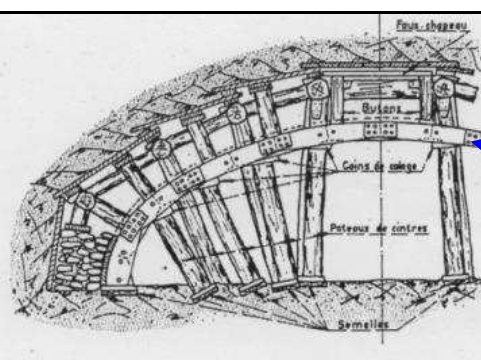
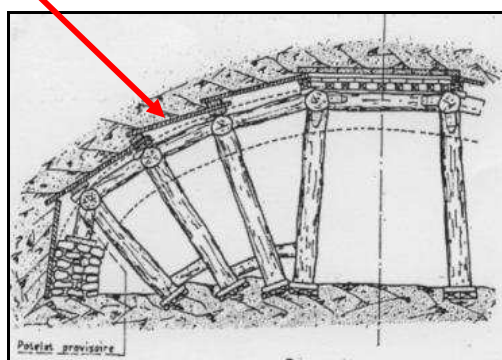
Dès les parois de la galerie de reconnaissance abattues, le chantier est mis en sécurité par construction de la voûte en maçonnerie définitive. A l'époque, ce type de construction faisait appel aux pierres de taille assemblées et jointoyées par du mortier, dite technique « en pierres assisées ».



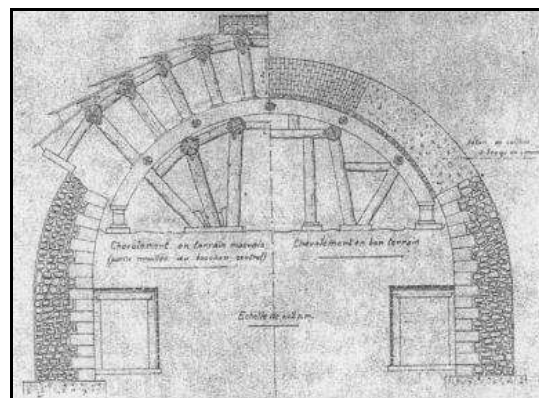
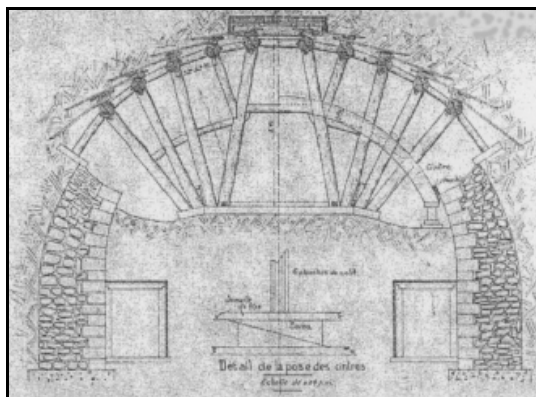
Ci-dessus et ci-dessous, abattage et construction de la voûte



Si le terrain est éboulé, pulvérulent ou de mauvaise tenue, il sera nécessaire de renforcer les bois, de mettre éventuellement un **cintrage métallique** (comme sur le schéma de droite ci-dessous) et de poser un **blindage de toit**.

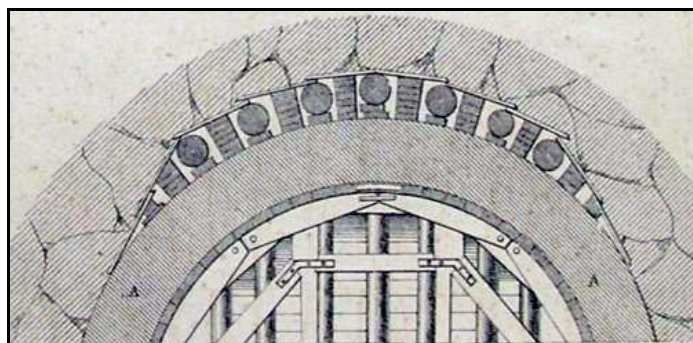


En outre, si le terrain laisse prévoir de fortes poussées verticales vers le bas susceptibles d'écraser la voûte, il sera nécessaire de surdimensionner le gabarit de creusement de façon à laisser un vide de compensation entre le terrain et l'extrados de la maçonnerie de la voûte.

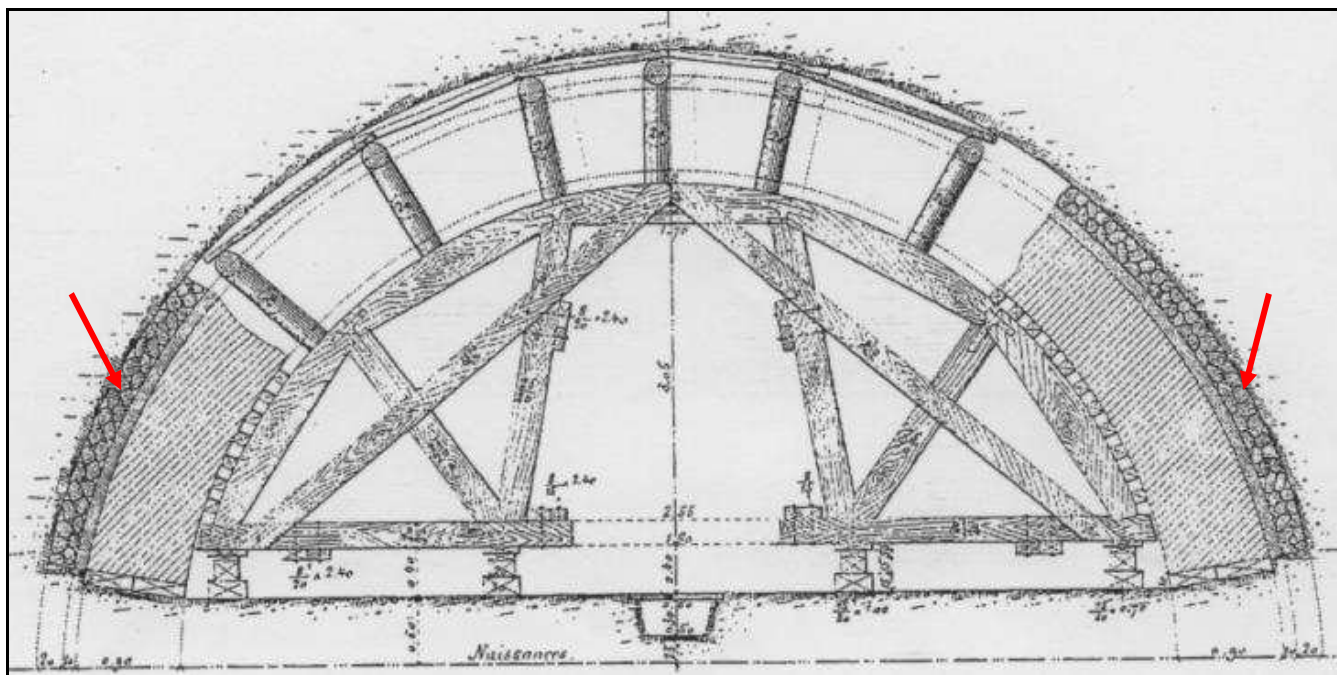


Surdimensionnement du gabarit de creusement avec pose de blindage

Noter sur ces deux croquis la présence de deux galeries de base correspondant à un creusement en section divisée (voir plus bas)

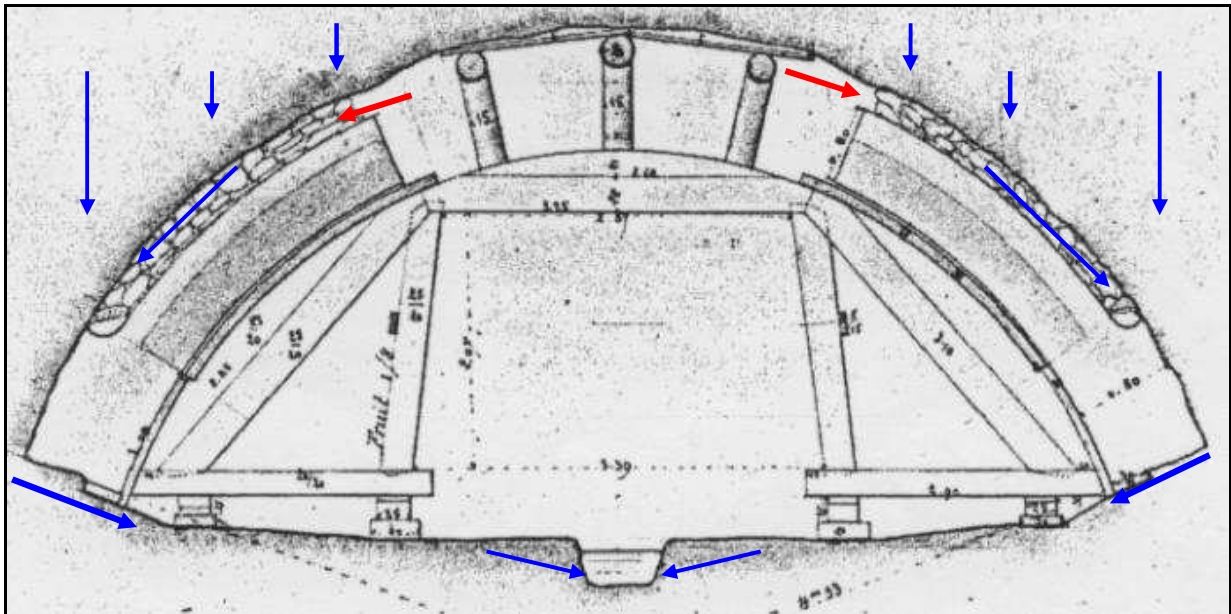


Le vide de compensation peut être comblé par du blocage en bois (figure ci-dessus) qui, en pourrissant, permettra la décompression, l'expansion et la stabilisation du terrain, ou par des **cailloutis** (figure ci-dessous).

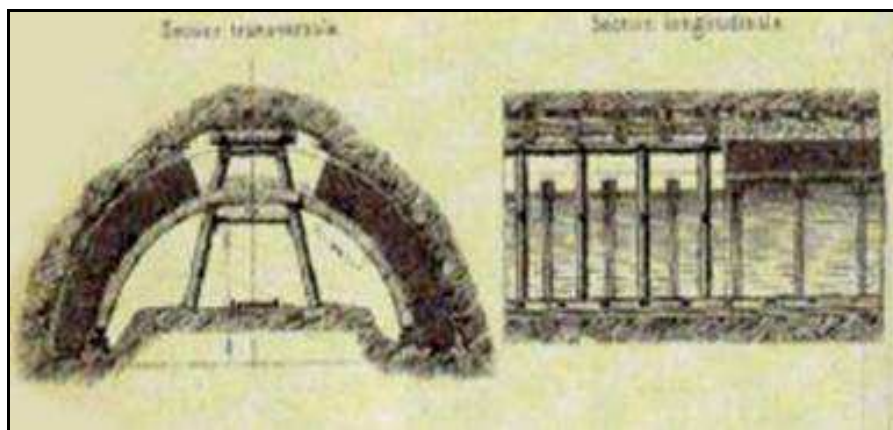


Une autre technique consiste aussi à surdimensionner l'arrondi de la voûte (gabarit d'intrados) pour compenser son tassement ultérieur.

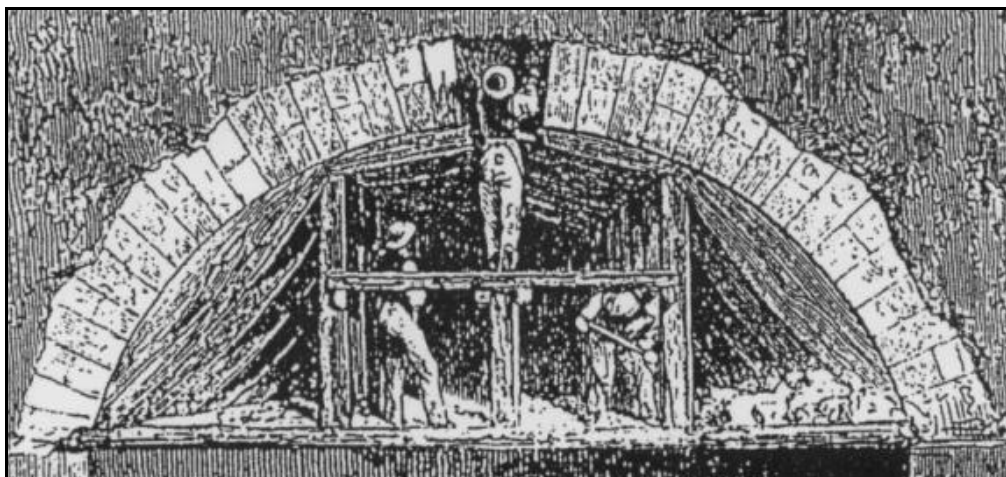
Enfin, dans des terrains très humides, un vide peut aussi être aménagé entre terrain et extrados de la voûte pour installer des lits en **pierres sèches** qui draineront la circulation des eaux de part et d'autre des parements du souterrain. Dans ce cas, bien souvent, comme sur le croquis ci-dessous, les naissances de la voûte ne sont pas horizontales, mais inclinées vers le centre du souterrain, toujours pour favoriser l'écoulement des eaux pendant la construction.



Quelle que soit la méthode utilisée, la voûte est toujours construite de ses naissances (bases) vers le toit (sommet). La manœuvre finale consiste à claver la voûte, c'est-à-dire à installer la lignée de pierres qui serviront de clé dans l'axe du tunnel.



Ci-dessus et ci-dessous, finition et clavage de la voûte



ABAISSMENT DU RADIER :

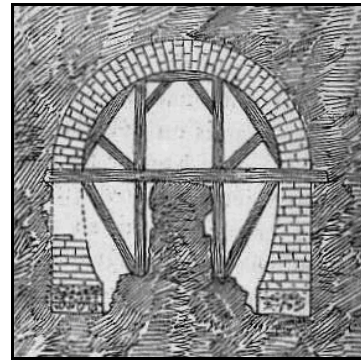
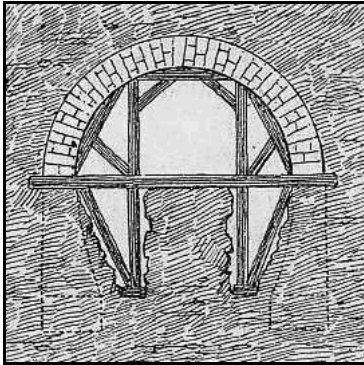
C'est le creusement du tunnel ferroviaire proprement dit. Il fait appel à diverses méthodes qui ont toutes des avantages et des défauts. Le choix de la méthode sera donc le plus souvent lié aux difficultés du terrain. Selon les couches traversées, un même tunnel peut faire appel à plusieurs méthodes différentes.

Méthode belge :

C'est la technique de creusement la plus ancienne, mais la plus sûre.

Elle est peu pratique mais très appréciée en terrains instables en fonction de sa grande sécurité.

Après réalisation de la voûte, on creuse deux tranchées latérales de section triangulaire, pointe en bas, pratiquement jusqu'au niveau du radier, en réservant un massif central destiné à supporter la charpente des divers cintres de soutien. Ensuite, d'un côté puis de l'autre, on dégage l'emplacement des piédroits qui sont construits en maçonnerie jusqu'à rejoindre la voûte. Il ne reste plus alors qu'à abattre le terre-plein central, à retirer les cintres en bois et à finir le radier.

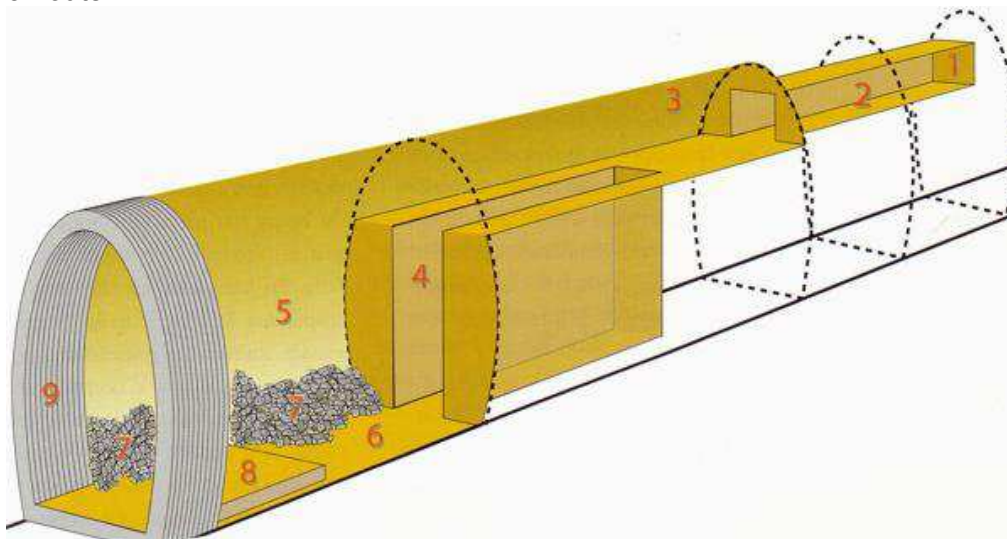


Cette méthode permet une bonne assise aux bois de soutènement. Mais elle a un gros défaut évident : Le terre-plein et les boisages rendent l'accès difficile et l'évacuation des déblais doit se faire de façon entièrement manuelle.

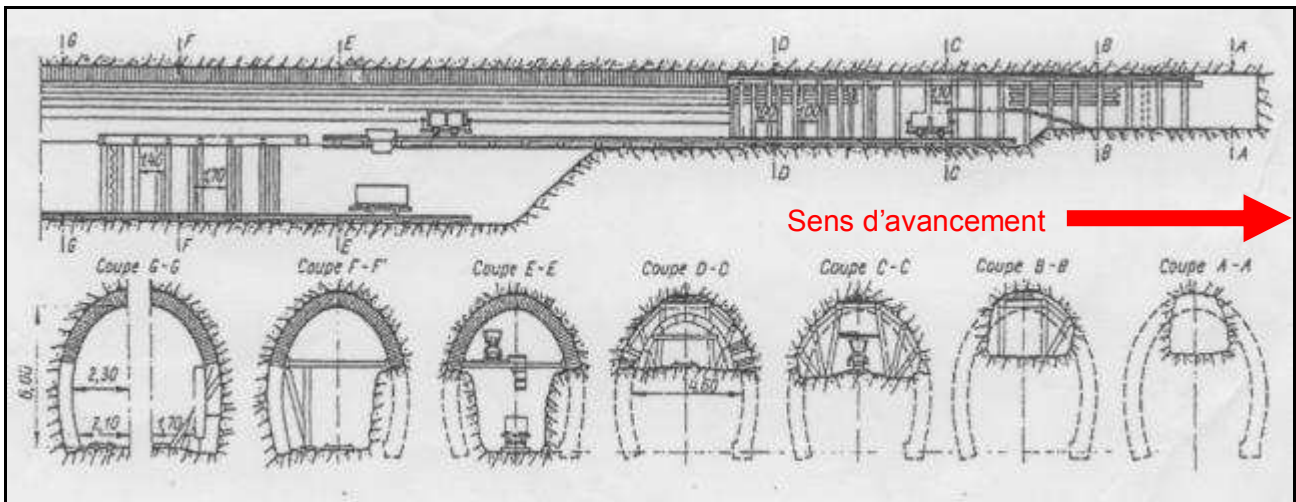
C'est pourquoi les Autrichiens, gens de montagne confrontés au percement de nombreux tunnels, mirent au point une méthode plus pratique, du moins dans les terrains de bonne tenue.

Méthode autrichienne :

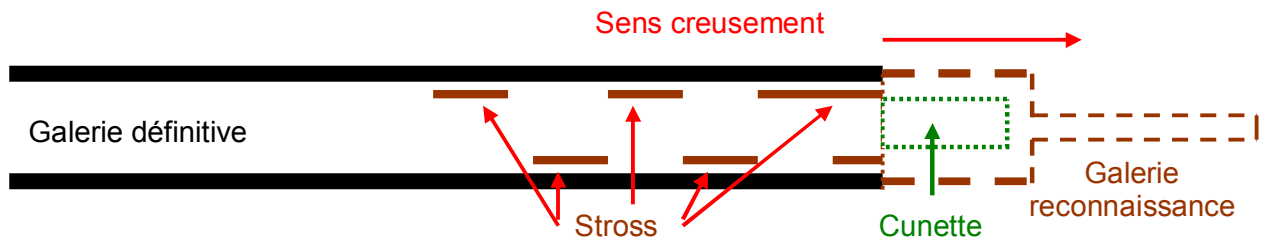
Contrairement à la méthode belge, on réalise ici une tranchée (cunette) dans la partie centrale du radier pour faciliter l'accès au chantier et permettre l'installation de voies pour les wagonnets de déblaiement. On laisse volontairement des talus latéraux temporaires (stross) avant de construire les piédroits qui soutiendront la voûte.



- | | | | |
|---|--------------------------------|---|------------------------------------|
| 1 | Front d'attaque | 5 | Abattages latéraux avant piédroits |
| 2 | Galerie pilote | 6 | Sol |
| 3 | Elargissement voûte ou calotte | 7 | Stross de soutien |
| 4 | Cunette | 8 | Radier final |
| 9 | Revêtement final | | |

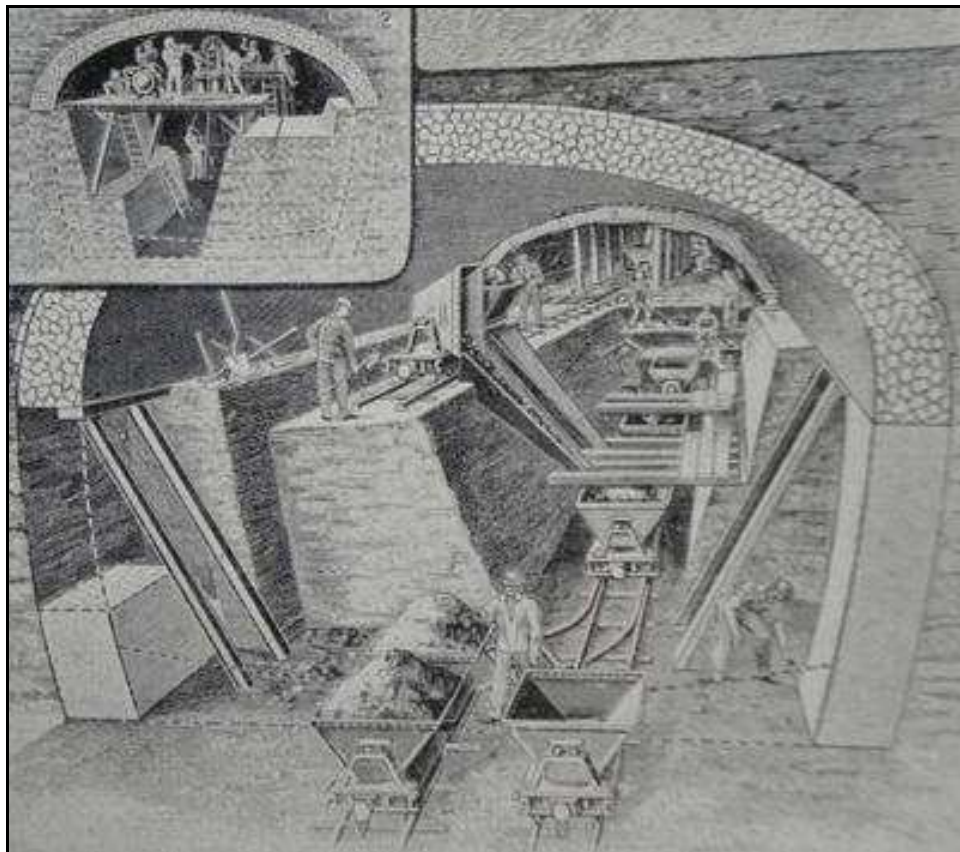


De droite à gauche, les différentes étapes de la méthode autrichienne

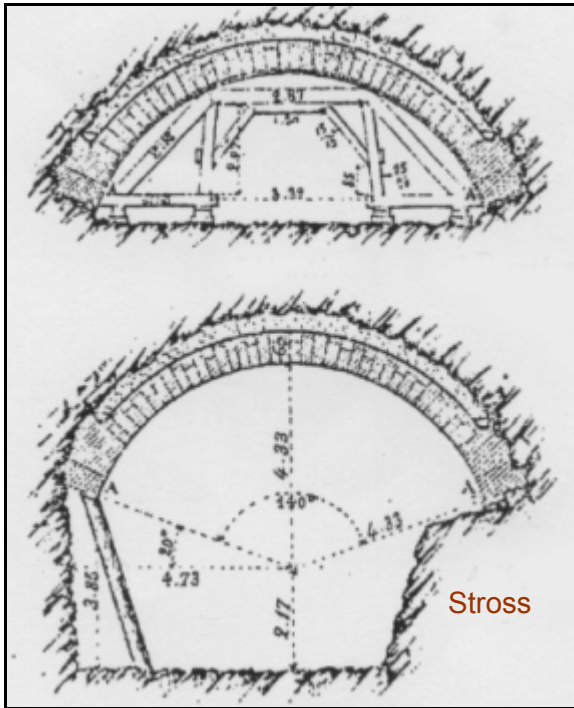


Elimination progressive des stross (tunnel vu de dessus)

Les stross sont enlevés en quinconce
de façon à ce que la voûte ne se trouve pas privée de ses deux appuis latéraux simultanément.



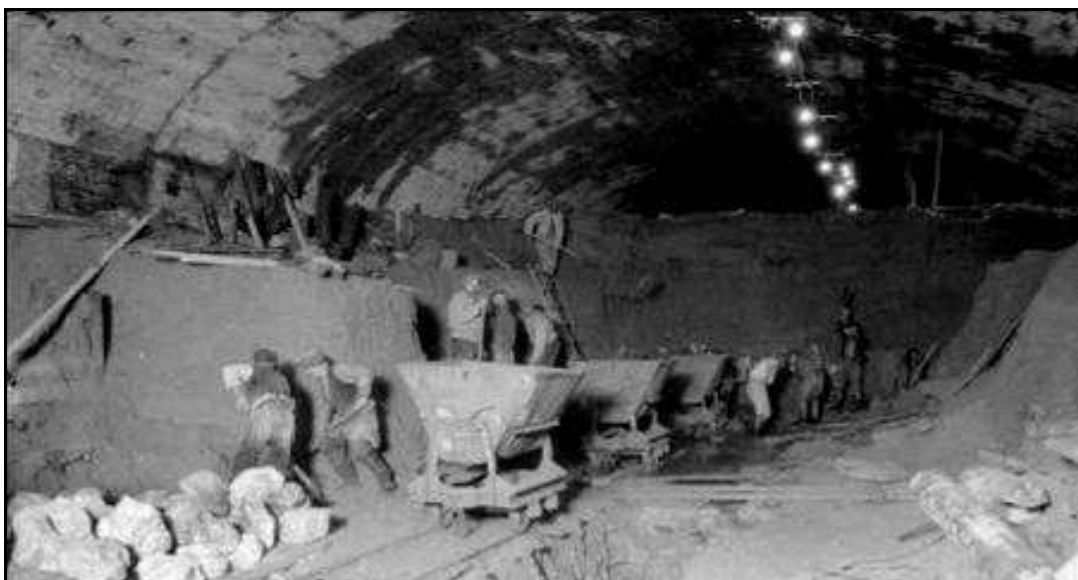
Ci-dessus et ci-dessous, trois images de travail en méthode autrichienne
avec une cunette bien visible



Ci-contre, construction d'un piédroit en « sous-œuvre », c'est-à-dire sous la voûte.

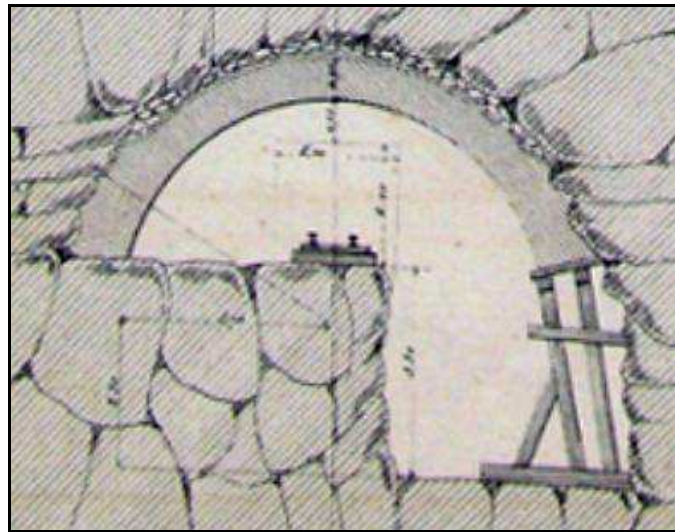


Ci-dessus et ci-dessous, creusement en méthode autrichienne avec cunette centrale
La petite galerie centrale est un égout que les ouvriers sont en train de détruire

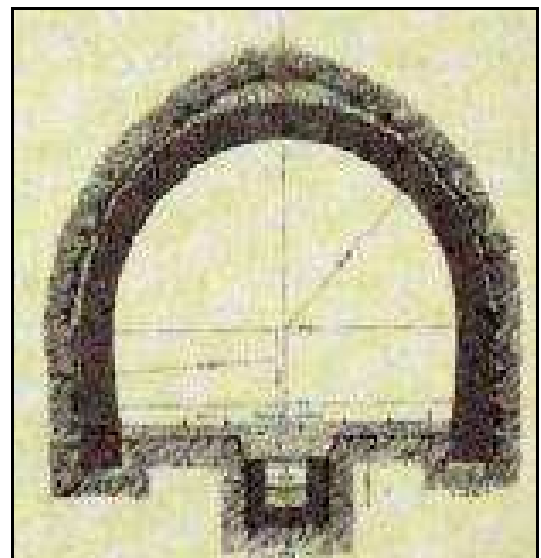
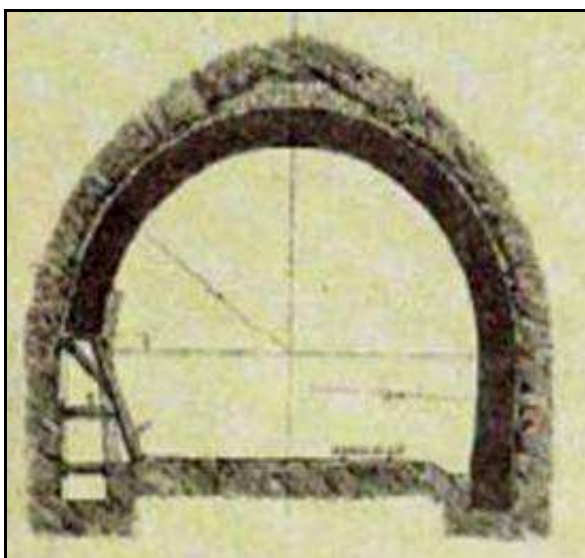
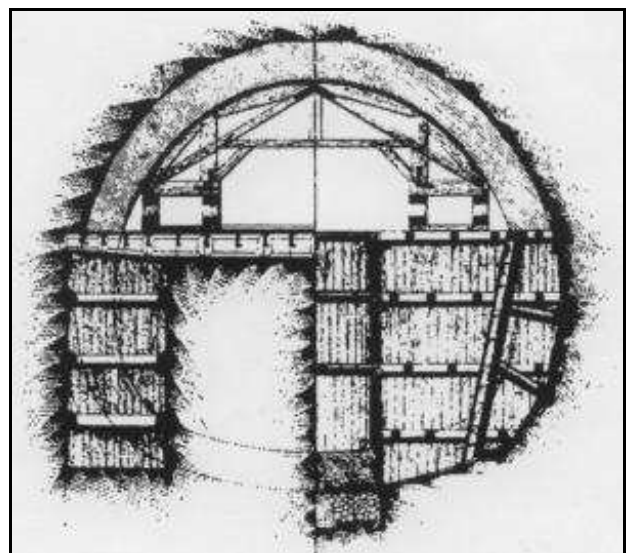
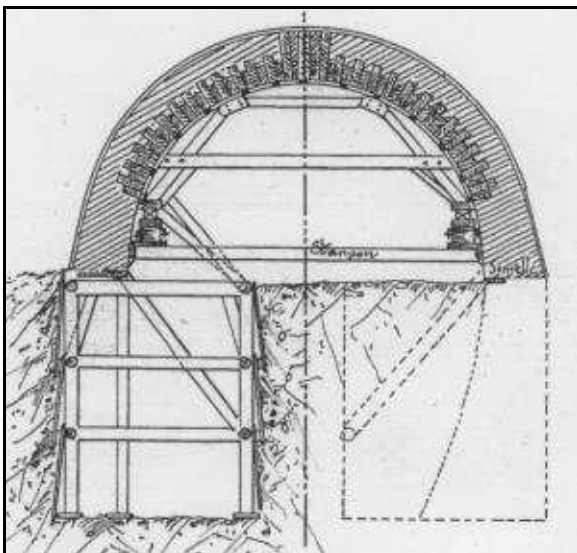


Méthode française :

La méthode française est une variante de la méthode autrichienne. Elle s'en distingue par le fait qu'on ne creuse pas une tranchée centrale, mais qu'on abaisse le radier sur une moitié de la largeur du tunnel et qu'on construit le piédroit correspondant avant de réaliser l'autre moitié de la section.



Ci-dessus et ci-dessous, creusement en méthode française



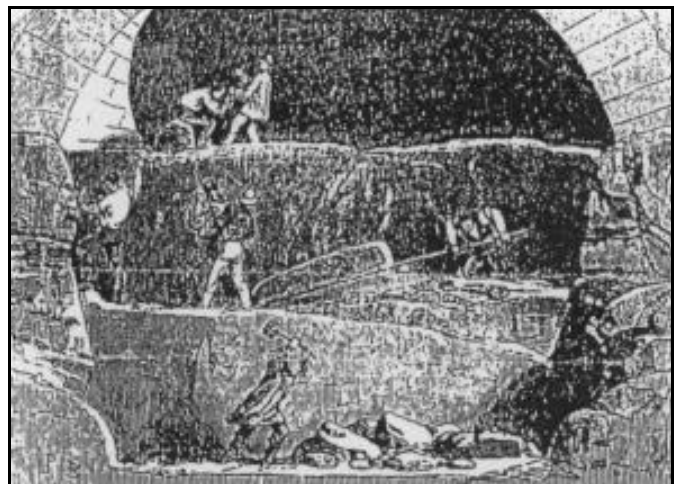
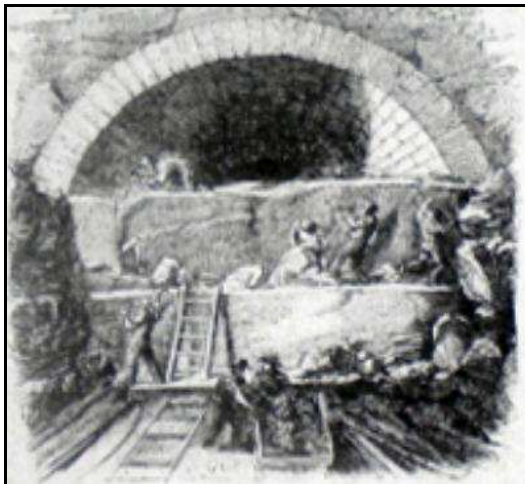
Finition des piédroits et de la galerie en méthode française



Travail en méthode française

Méthode anglaise :

Le radier est ici abaissé sur toute sa largeur par couches successives de 1 à 2 m d'épaisseur. Cette méthode présente le gros défaut de créer des ruptures de charge à chaque saut de palier.

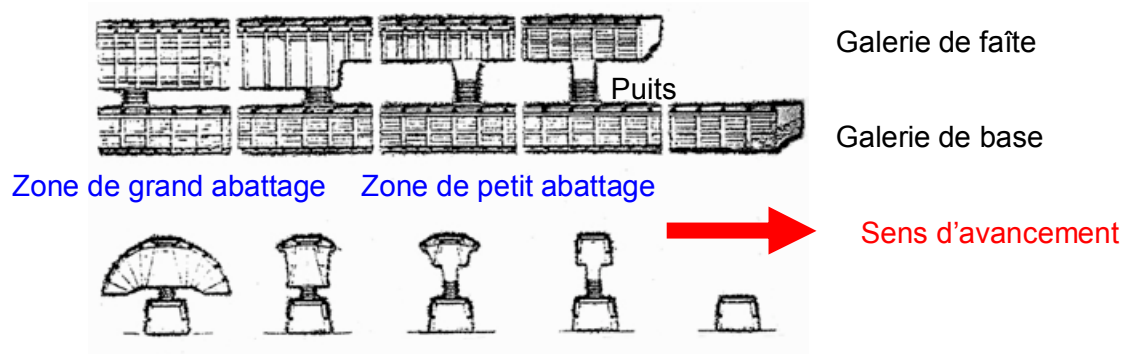


Abaissement du radier par paliers successifs selon la méthode anglaise

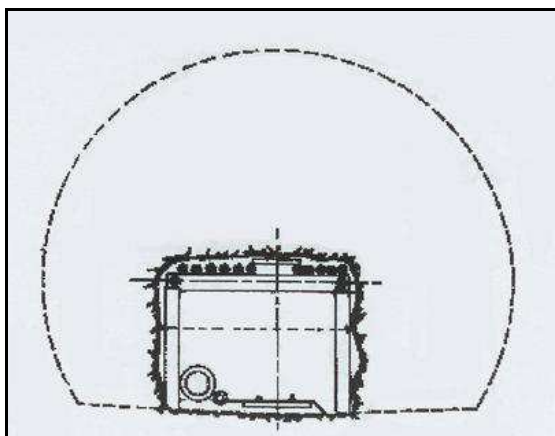
Méthode allemande :

Contrairement à toutes les autres méthodes de creusement des tunnels qui partaient du haut vers le bas, la méthode allemande, assez peu usitée et souvent réservée aux souterrains de large section pour lignes à double voie, consiste à réaliser deux galeries superposées : une galerie de base dont le sol est au niveau du futur radier du tunnel, et une galerie de faîte comme dans les cas précédents.

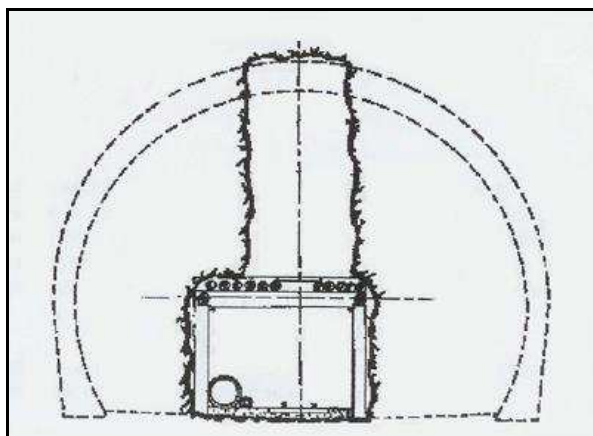
La galerie de base est ici la galerie pilote. C'est donc elle qui précède le gros du chantier. Elle va par la suite être reliée à la galerie supérieure par des puits verticaux régulièrement espacés.



Selon les circonstances, la galerie supérieure peut être amorcée indépendamment de la galerie de base, ou à partir de celle-ci et d'un premier puits remontant comme le suggère le croquis à droite ci-dessous.

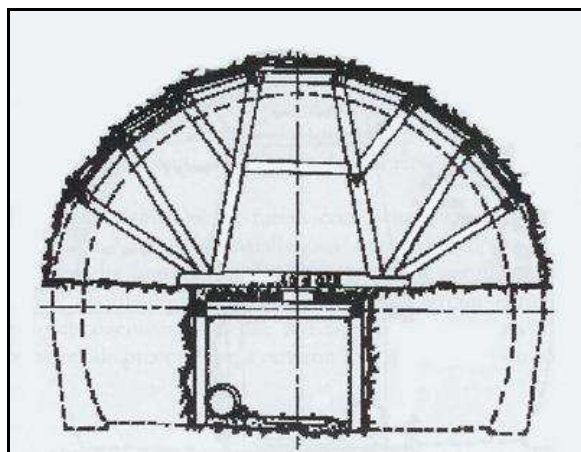
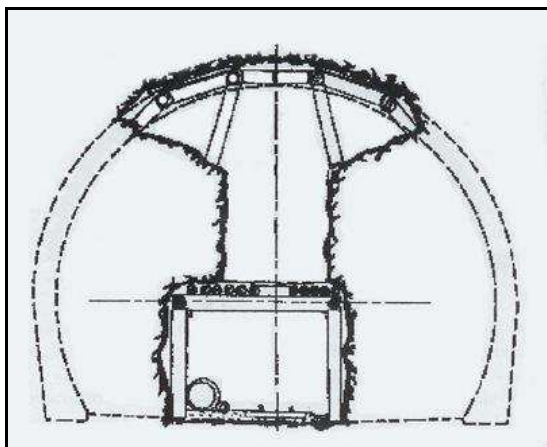


Galerie de base



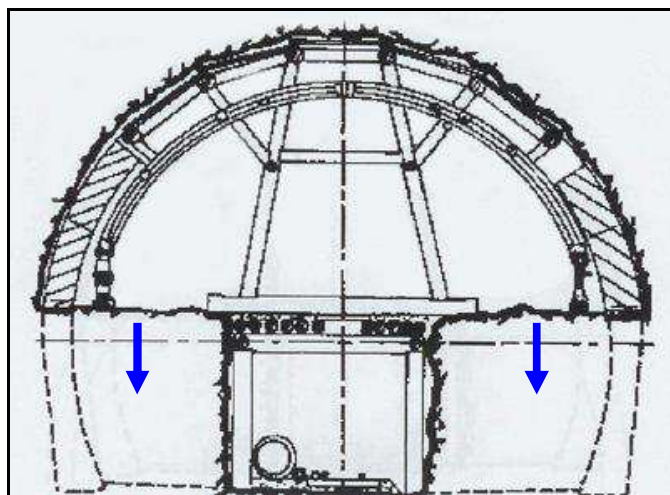
Coupe au niveau d'un puits vertical

Ensuite, à partir de la galerie de faite, on procède comme dans les méthodes classiques, à l'abattage latéral des parois pour amorcer l'arrondi de voûte (petit abattage – croquis de gauche ci-dessous). Par la suite, le sol de la galerie supérieur est progressivement abaissé jusqu'à libérer la voûte complète (grand abattage – croquis de droite ci-dessous).



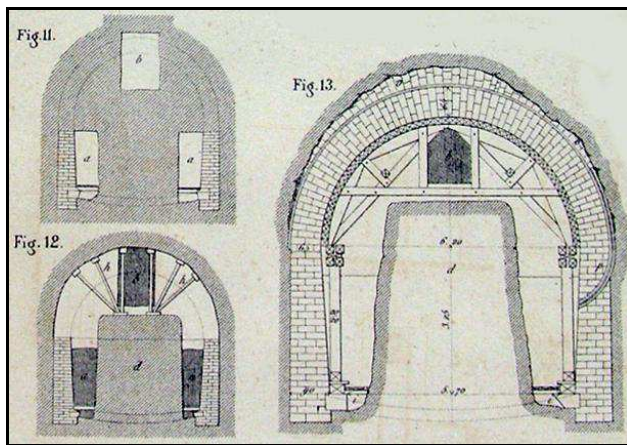
Petit et grand abattements

Enfin, la voûte est maçonnée, le plafond intermédiaire entre les deux galeries supprimé, et les parois de la galerie de base creusées à leur tour (flèches bleues) pour obtenir le radier final du tunnel.



Méthodes spéciales :

Nous l'avons dit, le creusement des tunnels était souvent le fruit d'adaptations diverses comme le travail en section divisée qui consistait à creuser à partir d'une galerie de tête (reconnaissance) et de deux galeries de base pour réduire les risques d'éboulement. Cette méthode de départ se mariait bien avec la méthode belge pour abaisser ensuite le radier.



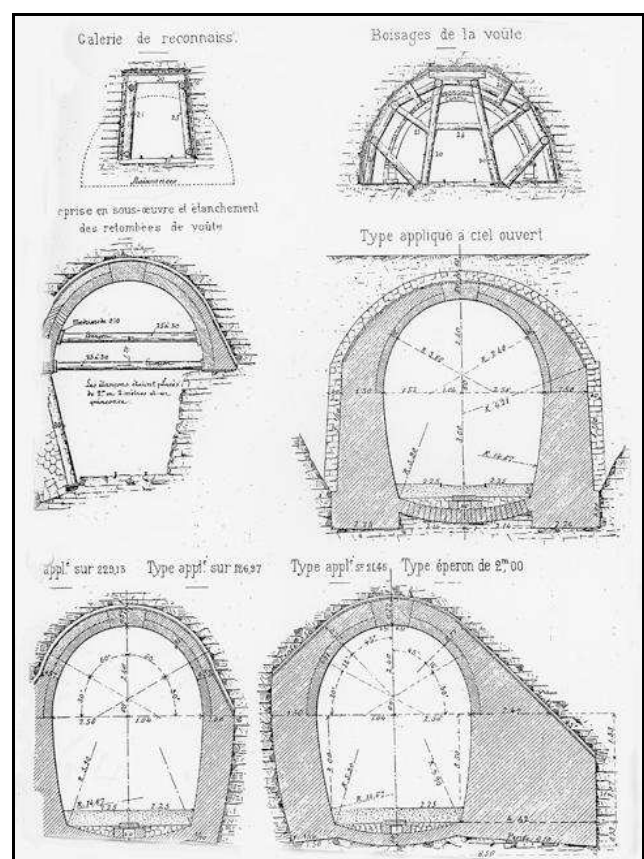
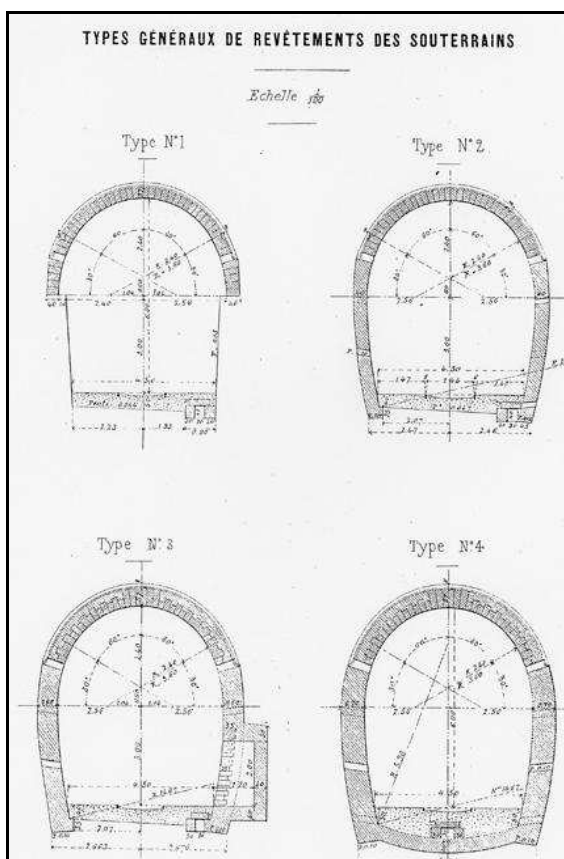
Cas très exceptionnel pour tunnel de grand gabarit

Creusement périphérique et construction des parements par galeries multiples

CONSTRUCTION DES PIEDROITS :

La construction des piédroits se faisait en même temps que l'abaissement du radier.

Dans la mesure où il fallait dégager dans la paroi un espace suffisant pour recevoir l'épaisseur du piédroit, et où une naissance de la voûte n'était plus soutenue, la construction des piédroits s'opérait toujours alternativement d'un côté puis de l'autre.



Ci-contre, types de parements pour tunnels

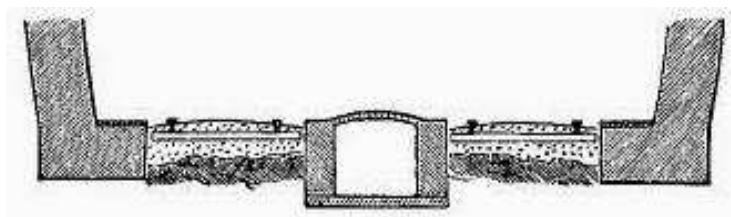
Etapes de construction d'un souterrain renforcé

Types 1 et 2 pour tunnels normaux en terrains stables

Types 3 ou 4 pour tunnels renforcés en terrains instables avec radier contre-voûté pour le type 4

FINITION DU RADIER ET DU TUNNEL :

Pour finir, le radier recevait un ou plusieurs drains, central ou latéraux, pour l'évacuation des eaux d'infiltration. Il était ensuite nivelé pour recevoir la voie.



Radier double voie avec drain d'écoulement central

Dans certains cas, le radier pouvait être maçonné pour améliorer la solidité du tunnel ou parfaire son étanchéité en zones humides (voir type 4 ci-dessus).

★ ★ ★

LES OUTILS :

Les outils utilisés pour exécuter ces travaux souterrains, peuvent être classés en quatre catégories :

- Les outils de creusement proprement dit.
- Les outils d'évacuation des déblais.
- Les outils de soutènement et de protection.
- Les moyens annexes (pompes et aération).

OUTILS DE CREUSEMENT :

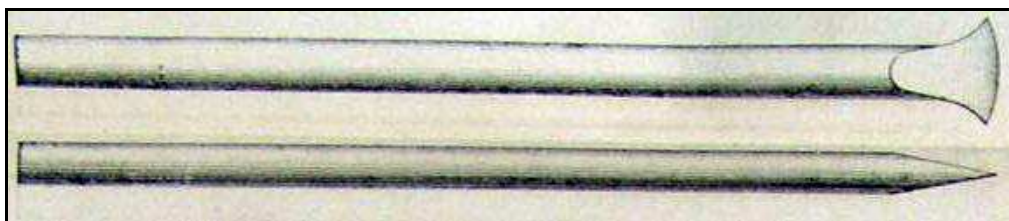
La plupart des tunnels du parc ferroviaire français ont été creusés entre 1850 et 1910.

A cette époque, les gros moyens mécaniques étaient pratiquement inexistantes et les travaux étaient manuels, aussi bien pour forer les trous de mine à la masse et au burin, que pour abattre et évacuer les déblais au pic à main et à la pelle.

De ce fait, cette promiscuité des hommes avec le rocher était évidemment très dangereuse et source de nombreux accidents corporels, souvent graves car les notions de sécurité étaient inexistantes. On peut affirmer en moyenne que chaque tunnel de France a eu son mort et son blessé grave, resté handicapé à vie. Sans parler des conséquences pour les familles et l'entourage, à une époque où les aides et protections sociales n'existaient pas. Le coût humain de ce patrimoine a donc été très lourd, certains chantiers ayant été de véritables hécatombes.

Les fleurets :

Plus connus sous le nom populaire de barres à mine, les fleurets à main, tenus par deux hommes et enfoncés à coups de masse par un troisième, ont longtemps été le principal outil de creusement des tunnels. Leur extrémité pouvait être en forme de lame ou de pointe.

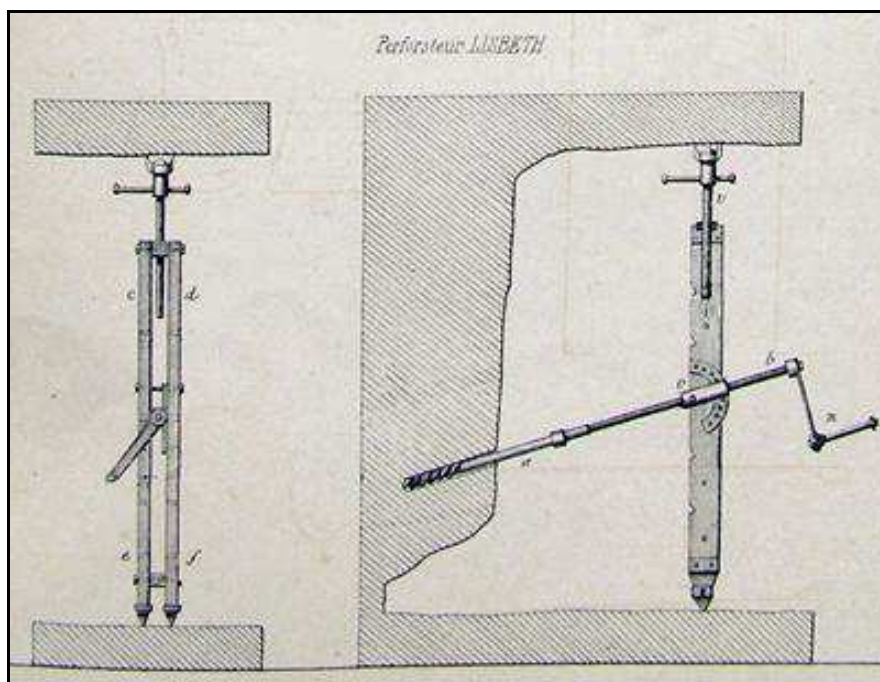


Fleurets à main

Leur usage allait de paire avec celui de pics à main pour extraire et bouger les blocs fracturés.

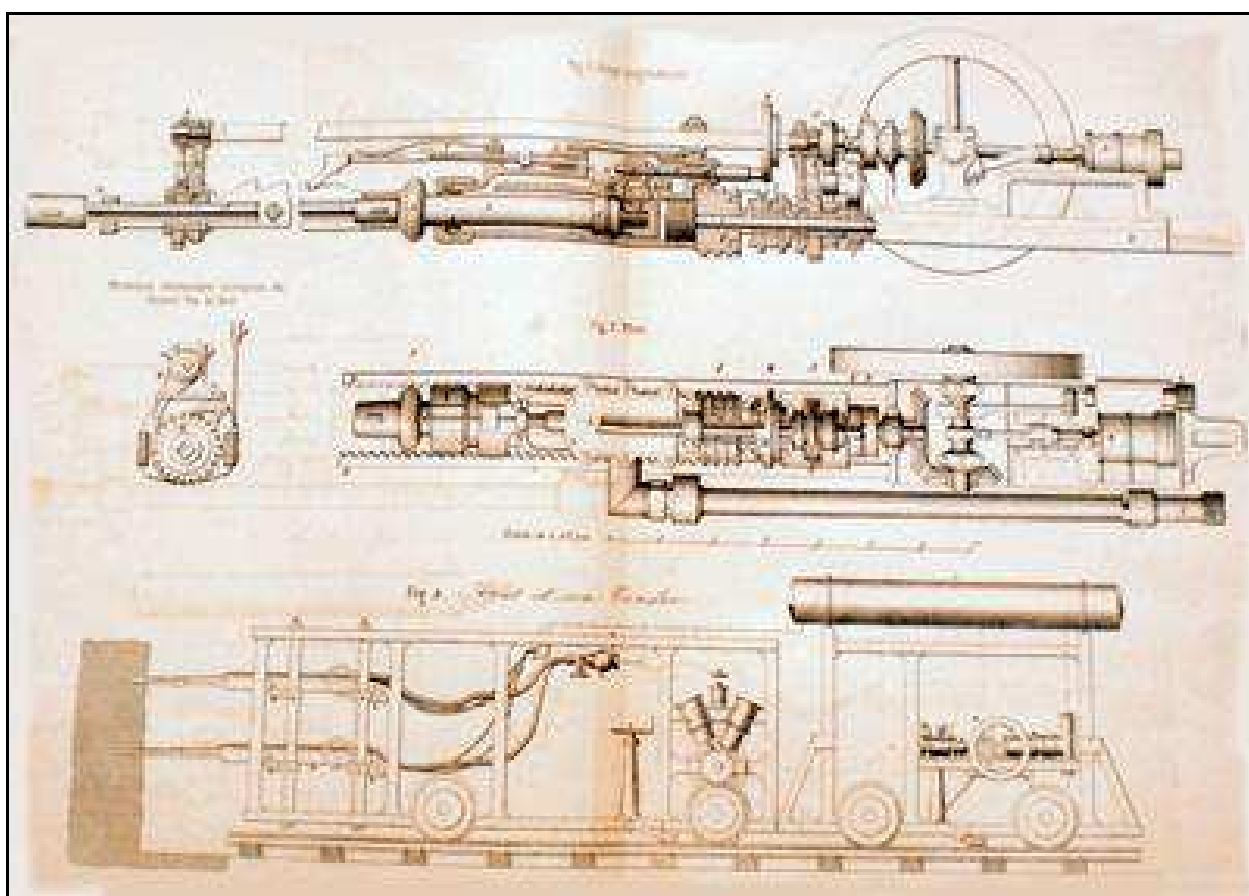
Les perforateurs :

Plusieurs tentatives ont été faites pour rendre le perçage des trous de mine plus rapide et plus facile. Le premier appareil du genre fut le perforateur Lisbeth qui n'était autre qu'une grosse chignole à main dont l'efficacité se limitait à la roche tendre.

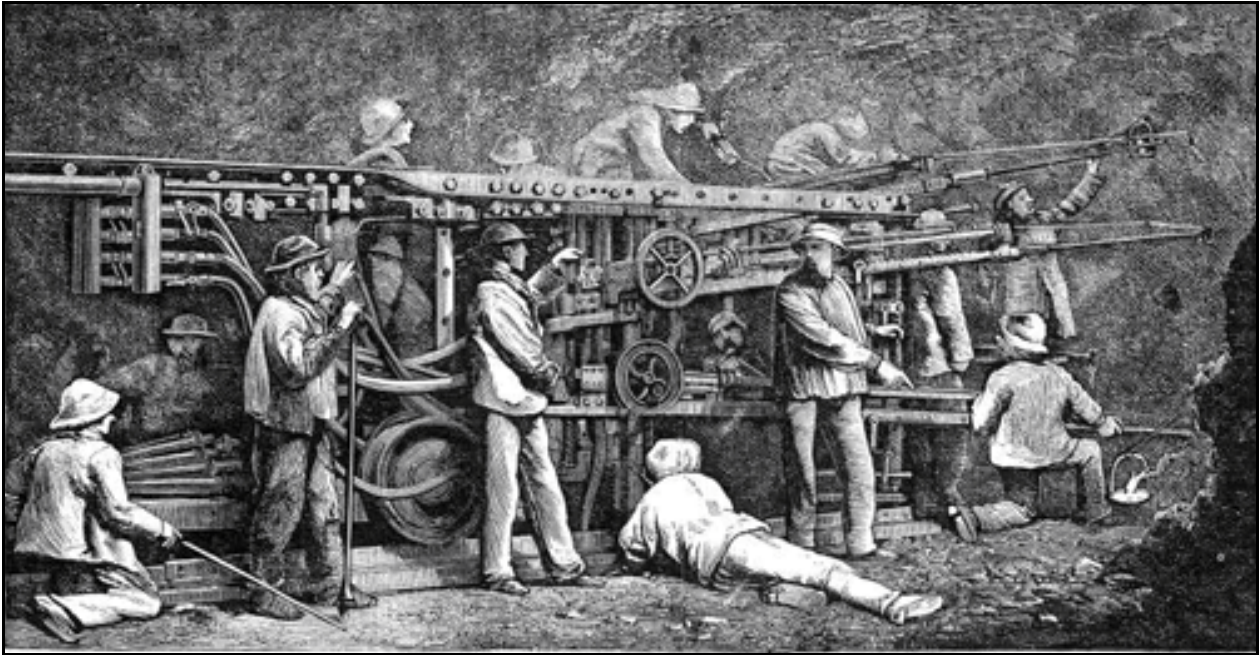


Perforateur à main Lisbeth

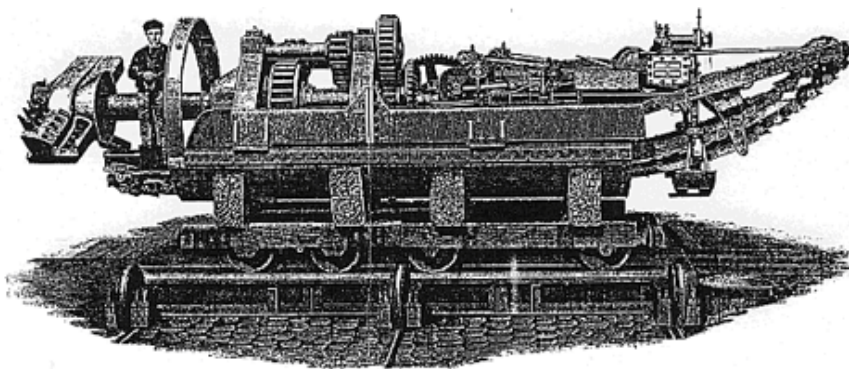
Mais la véritable apparition des perforateurs modernes à air comprimé est due à l'ingénieur Germain Sommeiller qui eut à vaincre le problème des roches particulièrement dures rencontrées lors du percement du tunnel du Mont Cenis au début des années 1860. Il proposa un outil capable d'exécuter 180 frappes à la minute sur les fleurets de perforation et de faire passer la vitesse d'avancement à un peu plus de deux mètres par jour. Une gigantesque révolution pour l'époque.



Ci-dessus et ci-dessous, perforateur Sommeiller
qui permettait en outre de réaliser plusieurs trous de mine simultanément



Par la suite, d'autres machines sont apparues. Mais il faut prendre conscience que leur usage restait limité à des cas très exceptionnels ou au creusement des grands tunnels. Pour l'essentiel, les travaux étaient encore très manuels. La barre à mine avait de beaux jours devant elle.



Autre modèle de perforatrice de type haveuse

Les explosifs :

Une fois les trous faits, on les bourrait d'explosifs.

A l'époque, le seul type d'explosif connu est la dynamite, produit particulièrement instable et dangereux. Elle était en outre sensible au froid et devait être réchauffée (mais pas trop) avant usage. De nombreux accidents ont eu lieu dans ce cadre.

Son allumage se faisait exclusivement au moyen de mèches lentes, elles-mêmes mises à feu par flamme vive (briquet ou allumettes).

Il n'était donc pas possible d'obtenir les explosions différées que l'on obtient actuellement avec les détonateurs électriques à microretards.

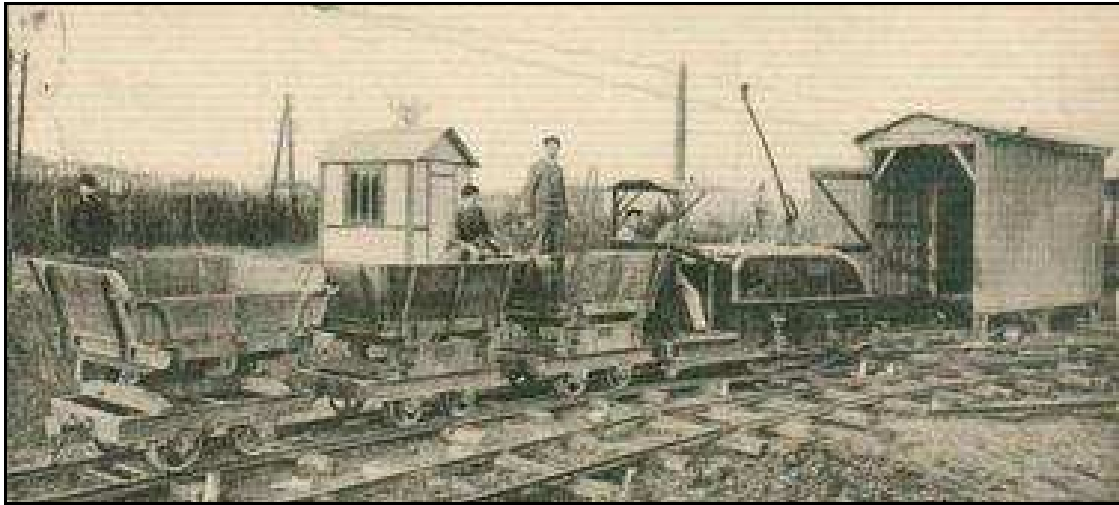
En outre, les explosions dégageaient beaucoup de fumée et de fortes quantités de gaz toxiques qui n'étaient pas toujours évacués faute de moyens d'aération adéquats.

EVACUATION DES DEBLAIS :

Comme le creusement, l'évacuation des déblais est, elle aussi, un travail essentiellement manuel. Sur les chantiers légers de reconnaissance, puits et galeries, les moyens traditionnels utilisés depuis la plus haute antiquité restent en œuvre :

- Seaux dans les puits.
- Paniers portés à bras d'homme dans les galeries de faibles dimensions.
- Charrettes ou charretons tirés à bras d'homme ou par des animaux lorsque la section de la galerie le permet.

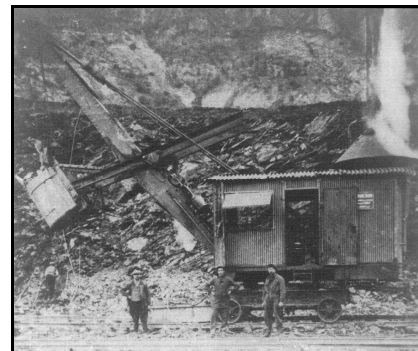
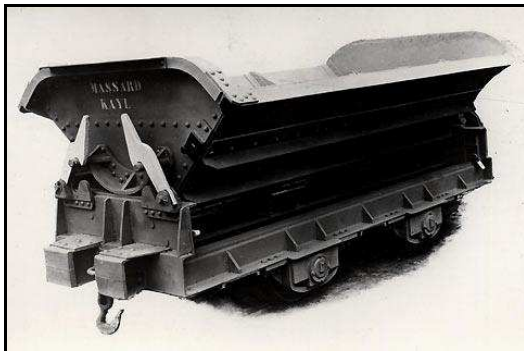
Les wagonnets sur rails ne sont utilisés que sur les plus gros chantiers. Bien souvent, il s'agit de matériel bricolé et fabriqué sur place avec les moyens du bord et pour les besoins propres au chantier. Les voies de roulement sont construites selon des moyens classiques, c'est-à-dire avec des rails fixés sur traverses bois. Il faudra attendre 1880 pour voir apparaître la voie pré-assemblée en longueurs droites ou courbes, démontables, transportables et réutilisables que propose la société Decauville qui deviendra célèbre par l'universalité de son matériel initialement destiné à un usage militaire.



Exemple typique de matériel bricolé avec les moyens du bord

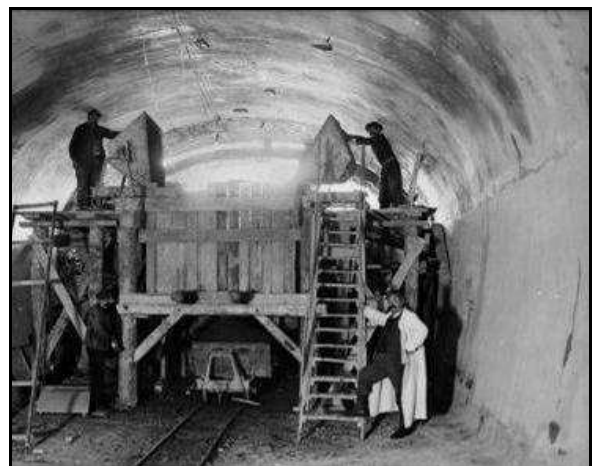
Voie réalisée en rails légers fixés sur traverses en bois

Et wagonnets bricolés avec caisses en bois appelées « brouettes » de 1 à 2 m³ selon les endroits
Les brouettes évacuées constituaient une unité de mesure souvent utilisée pour payer les terrassiers

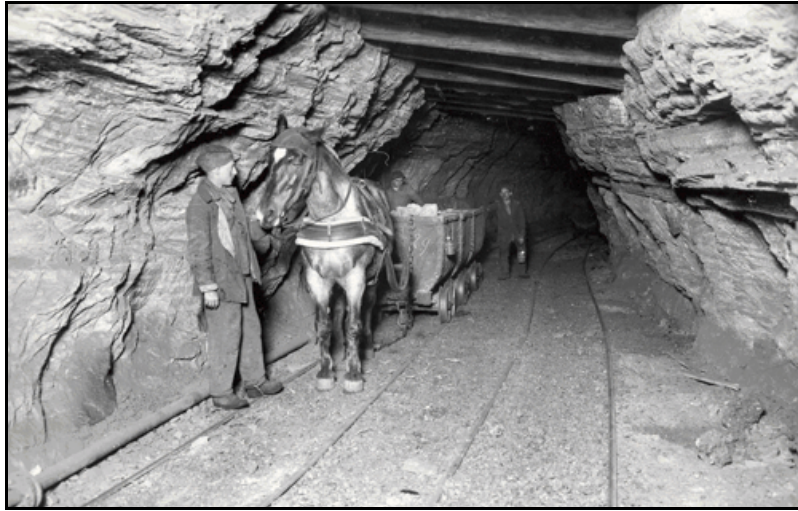


Wagonnet Decauville et,

chose très exceptionnelle, une excavatrice à vapeur



Evacuation des déblais



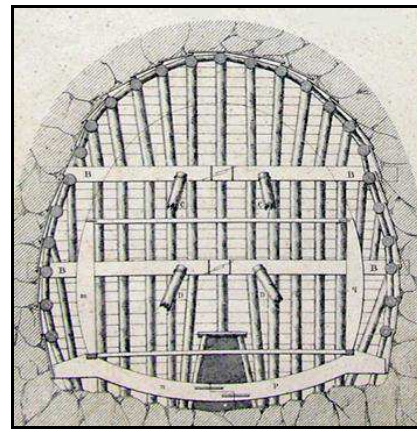
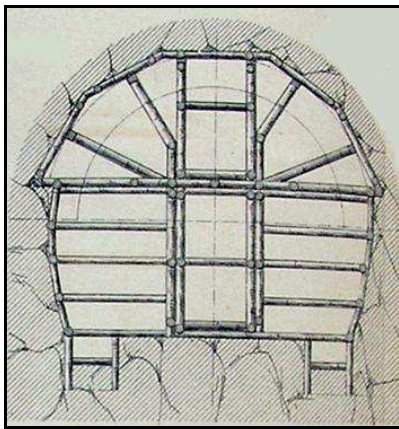
Roulage en galerie avec traction animale

LE SOUTÈNEMENT :

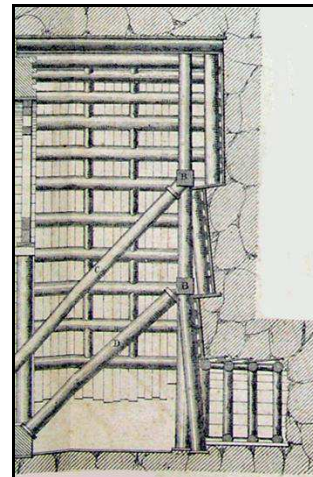
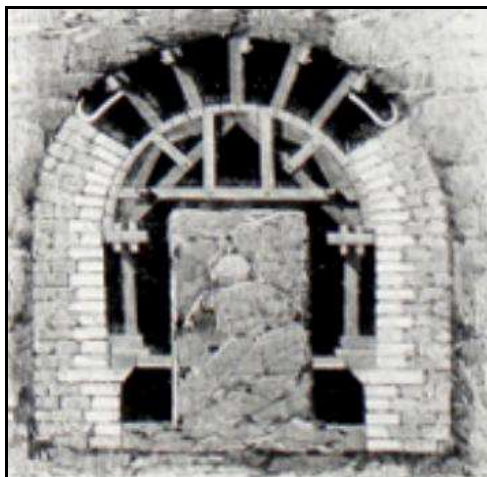
Le creusement des tunnels n'aurait pas été possible sans un énorme travail de soutènement réalisé avec le seul moyen disponible à l'époque : le bois.

Les chantiers de tunnels étaient en effet de gros dévoreurs de bois de mine et une part importante des ouvriers était représentée par les charpentiers spécialisés chargés des boisages.

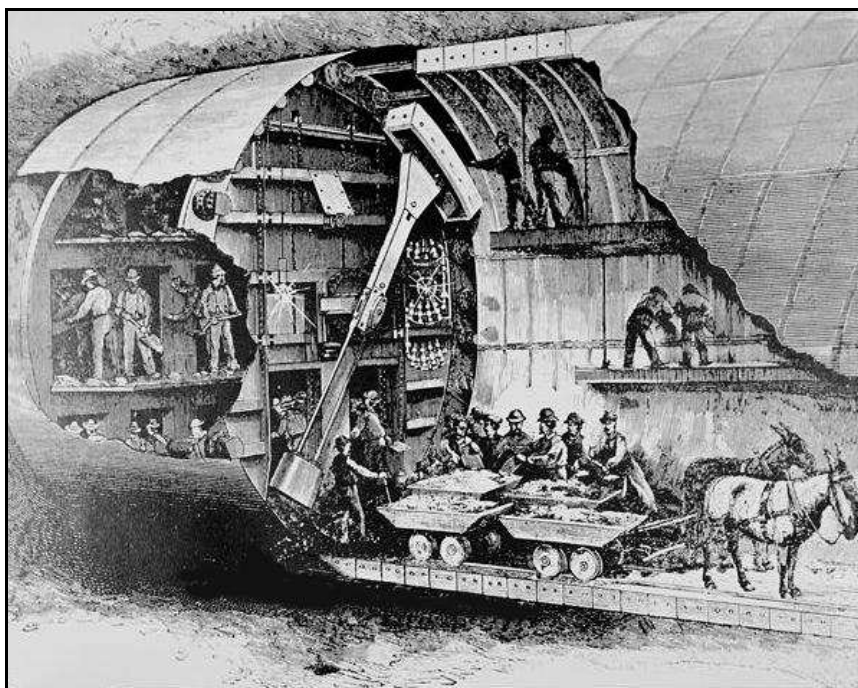
La conception des étaisages était en effet une part de travail aussi importante que le creusement lui-même, et faisait d'ailleurs l'objet du travail des ingénieurs et de plans préalables dont les archives d'époque livrent de nombreux exemples. Certains de ces boisages étaient de véritables œuvres d'art comme en témoignent les photos ci-dessous :



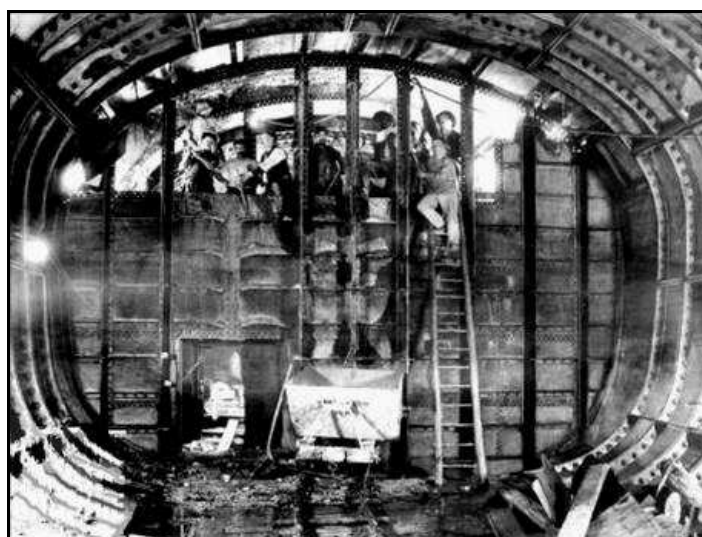
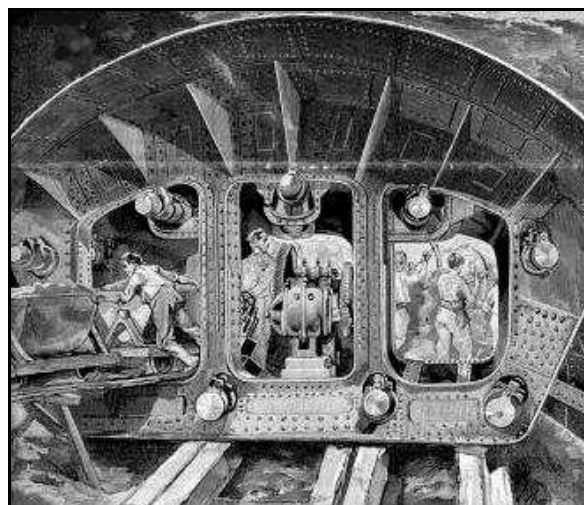
Ci-dessus et ci-dessous, exemples de boisages

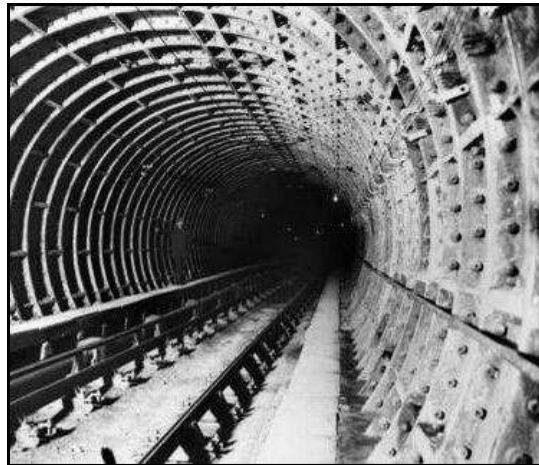


L'usage de boucliers et de galeries blindées métalliques fut par contre très exceptionnel. Il n'en fut pas utilisé pour les tunnels ferroviaires classiques mais pour certains tunnels du métro parisien qui devaient passer sous la Seine. Nous en livrons néanmoins quelques photos impressionnantes.



Ci-dessus et ci-dessous, travail sous bouclier de protection





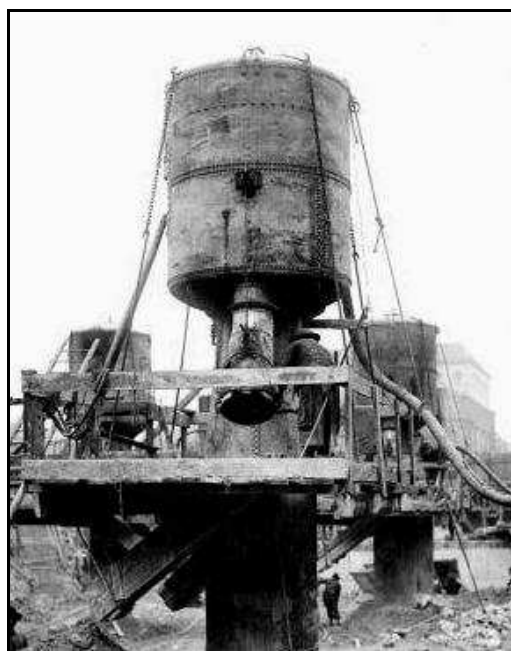
Galerie blindée étanche

MOYENS ANNEXES :

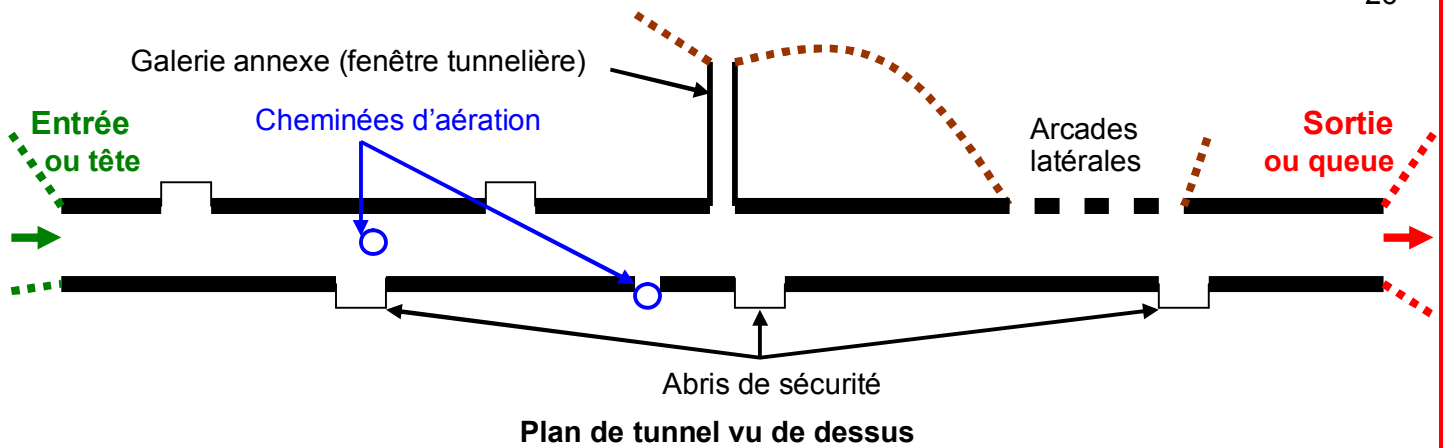
Le grand ennemi des creuseurs de tunnels était l'eau. Or de nombreux ouvrages furent confrontés à des terrains particulièrement pourris et à d'importantes arrivées d'eaux d'infiltration. C'est pourquoi, dans la mesure du possible, on creusait les tunnels en remontant, de façon à ce que les eaux puissent s'écouler naturellement vers la sortie. Mais cette disposition n'était pas toujours possible. Il y a donc des fois où il fallut installer des pompes et des tuyaux pour sortir l'eau tunnel. Comme l'électricité, les groupes électrogènes et les moteurs électriques étaient des denrées rares, les pompes étaient souvent activées par des machines à vapeur. Mais celles-ci ne pouvaient être installées dans les galeries, ce qui obligeait parfois à installer des transmissions mécaniques ou par courroies sur plusieurs centaines de mètres.

De même, pour les tunnels les plus longs et les plus profonds, il fallut envisager un minimum d'aération pour l'évacuation des fumées, des poussières et des gaz toxiques provoqués par les perforateurs et les tirs de mine. Là encore, l'aération était assurée par de gros ventilateurs activés par les machines à vapeur extérieures chargées de fournir l'énergie au chantier. L'air frais était pulsé jusqu'au fond du trou par de gros tuyaux en toile ou en tôle légère, et l'air vicié ressortait de la galerie par refoulement.

Il n'en demeure pas moins que les conditions de travail restaient très aléatoires et particulièrement pénibles.



Cloche d'aération montée sur puits pour chantier souterrain

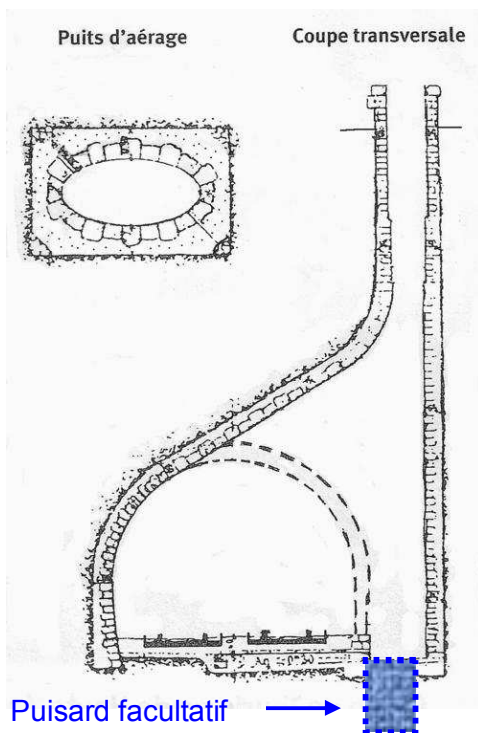


Abris ou niches de sécurité : On en trouve dans tous les tunnels. Elles sont disposées en quinconce, tous les 25 mètres (50 mètres d'un même côté). Elles servent aux cheminots chargés de l'entretien des voies pour se mettre à l'abri du passage des trains. Savoir que l'espace entre la paroi du tunnel et le train est en effet insuffisant pour qu'un homme puisse rester debout sans se faire accrocher par le train.

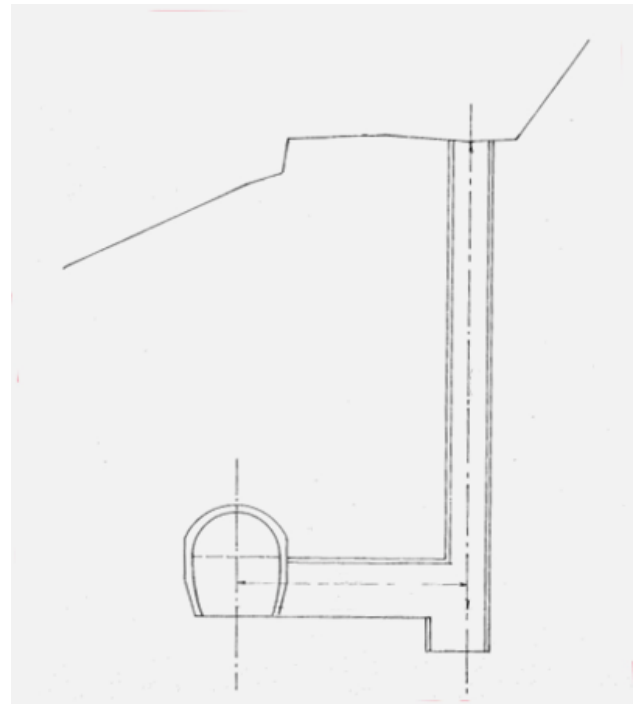
Cheminées verticales d'aération : De nombreux tunnels en comportent car elles ont d'abord servi comme moyen de reconnaissance puis comme aération du temps des locomotives à vapeur. Elles permettaient donc l'évacuation des fumées.

Selon le cas, elles peuvent s'ouvrir :

- En pleine voûte (cheminées axiales).
- Latéralement dans un piédroit (cheminées décentrées).
- Ou au fond d'une petite galerie perpendiculaire (cheminées déportées).



Cheminée décentrée



Cheminée déportée

A noter que certaines cheminées n'ont été creusées après percement du tunnel que pour servir à l'aération. Et que certaines d'entre elles peuvent atteindre des profondeurs supérieures à 150 m.

Fenêtres tunnelières : Ce sont des galeries annexes horizontales qui ont le même usage que les cheminées lorsque le tunnel n'est pas trop éloigné du flanc de la montagne. Cependant elles restent rares dans la mesure où, paradoxalement, selon les moyens de l'époque, il était plus facile de creuser verticalement qu'horizontalement (moins de problèmes de soutènement).

De ce fait, les rares fenêtres existantes n'ont pas été creusées antérieurement à la galerie principale pour servir de points d'attaque intermédiaires, mais postérieurement à celle-ci, selon son avancement, pour faciliter l'évacuation des déblais et l'aération.

Un seul ouvrage « ancien » (1951), le tunnel de la Fourcherie en Corrèze, a été creusé au moyen d'une fenêtre comme point d'attaque central. Cette technique, pourtant couramment utilisée pour les galeries hydrauliques des grands barrages, n'est apparue que récemment dans le monde ferroviaire avec le percement des grands tunnels de base des Lignes à Grande Vitesse (voir Tunnels 2).

Lorsque les fenêtres sont en pente vers le tunnel, elles prennent le nom de « descenderie », terme minier qui désigne toute galerie en forte pente vers le bas.

Surdimensionnement : Pour améliorer l'aération des tunnels où il n'était pas possible de faire des cheminées ou des fenêtres, ces derniers ont été soit surdimensionnés, soit creusés en section pour double voie, même s'ils ne devaient en recevoir qu'une. Ce qui explique que nombre de lignes à voie unique ont des tunnels très larges.

Arcades latérales : Ouvertures dans les piédroits lorsque le flanc du tunnel est tangentiel à celui de la montagne. On en trouve surtout dans les galeries de protection contre la neige ou contre les avalanches pour alléger la structure.

EN CONCLUSION :



Cette très belle photo d'un tunnel inachevé abandonné qui résume à elle toute seule la technique tunnelière ancienne, avec :

- A l'arrière-plan au centre, la galerie pilote.
- Les boisages et abattages latéraux.
- La tranchée centrale de la cunette (méthode autrichienne).
- Et la mise en sécurité de la voûte, ici bétonnée.

Un chantier délaissé encore plein de vie !