



# Le fonçage Triger : plus d'un siècle et demi d'efficacité

François Martin

## ► To cite this version:

François Martin. Le fonçage Triger : plus d'un siècle et demi d'efficacité. *Tunnels et Ouvrages Souterrains*, 2004, N° 182 - Avril/mars 2004, pp.93-95. <hal-00004031>

HAL Id: hal-00004031

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00004031>

Submitted on 25 Jan 2005

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Le fonçage TRIGER

## Plus d'un siècle et demi d'efficacité

---

**Plus personne ne connaît Jacques Triger, ingénieur civil, géologue et co-directeur des anciennes mines de charbon d'Anjou (France). Pourtant son nom a longtemps figuré dans les cours d'exploitation des mines et les manuels des ingénieurs TP. Il fut le génial inventeur du fonçage au caisson à air comprimé dans les zones aquifères. Son procédé est encore utilisé de nos jours ; il aurait été injuste de ne pas lui rendre hommage. Les récents travaux de recherche de l'association Sainte-Barbe-des-Mines\* ont permis de faire ressurgir les origines de cette technique, et compléter une page de l'histoire du patrimoine industriel français.**

### L'eau : la source des problèmes

Pendant bien longtemps, les ingénieurs qui décidaient du tracé des galeries de mine ou des tunnels ont évité les zones contenant des nappes. C'était même leur crainte, bien justifiée, lorsqu'ils s'aventuraient dans des zones géologiques inconnues. On ne savait pas, en effet, travailler dans ces terrains, les plus difficiles qui soient lorsqu'ils sont meubles.

Le pompage, même puissant, ne parvient pas toujours à compenser les infiltrations.

Qui plus est, ce sont souvent des sables et des matériaux sans cohésion, n'ayant aucune tenue. La présence de l'eau, outre les problèmes d'inondation, est d'autant plus dangereuse qu'elle peut provoquer des débousses – ces coulées de terrain pouvant engloutir une grande partie de l'excavation.

La cloche à plongeur était bien connue de nos aïeux, qui s'en servaient pour fouiller les lits de rivières et les fonds marins. Les ouvriers travaillaient au sec, sous une cloche remplie d'air qui était reliée, par câble, à un bateau. Elle possédait néanmoins de gros défauts : l'autonomie d'air était assez limitée, les travaux étaient uniquement réservés aux fonds aquatiques et il fallait systématiquement remonter la cloche pour sortir les déblais.

### Le procédé Triger

*[Image n°1 : Premier appareil Triger, Vue supérieure en perspective, 1839]*

*[Image n°2 : Premier appareil Triger, Vue supérieure en coupe, 1839]*

Le premier à avoir eu l'idée d'utiliser l'air comprimé pour creuser dans les terrains aquifères est Thomas Cochrane, un ingénieur anglais qui déposa un brevet en 1830 sous le titre : "*Appareil pour faciliter l'excavation, le creusement et l'exploitation minière*" (patent n°6018). La description de l'appareil est assez sommaire, le système proposé possède de nombreux défauts et est difficilement réalisable. Cet engin purement théorique, le premier au monde utilisant l'hyperbare, ne fut donc jamais construit et ne fut pas reconnu par la suite.

Il fallut attendre neuf années pour que l'idée ressurgisse chez un autre ingénieur, français celui-là, et dans un cadre beaucoup plus expérimental. Il s'agit de Jacques Triger, l'ingénieur en charge du démarrage de l'exploitation houillère de Chalennes-sur-Loire (Maine-et-Loire).

Les exploitations de Chalennes étaient situées sous le lit de la Loire, et il fallait, pour parvenir au substratum rocheux, percer 20 mètres d'alluvions imprégnées d'eau. Le charbon, qui était en dessous, méritait bien qu'on se penche sur la question.

---

\* : L'association Sainte-Barbe-des-Mines œuvre depuis plus de 20 ans pour la sauvegarde et la valorisation du patrimoine houiller d'Anjou (mines de charbon de la Basse-Loire). Les travaux de recherche sur l'extraordinaire richesse technique de ces petites exploitations, entrepris il y a quatre ans, ont abouti à la rédaction d'un livre paru en Février 2004. Site Internet : <http://www.stebarbe.com>

Après une série d'échecs en creusement traditionnel, Triger mit au point, en 1839, une technique de percement complètement innovante et directement opérationnelle. Il ne connaissait pas le brevet de Cochrane.

Analysons rapidement le fonctionnement de sa machine originelle.

Tout d'abord, il est nécessaire d'enfoncer un cuvelage sur toute la hauteur des alluvions. Il s'agit d'un tube métallique ( $\varnothing$  1,3 m) que l'on fonce à coups de mouton. Le frottement latéral se faisant croissant avec la profondeur, c'est avec grand mal que l'on vient toucher le terrain dur et étanche à une vingtaine de mètres de profondeur.

Une fois le tube enfoncé, on vient fixer dans sa partie supérieure un *sas à air*, comme son inventeur le nomme. Ce caisson est fixé au tube par une série de rivets et cornières. Un joint puissant l'entoure et empêche toute communication entre l'air atmosphérique et le fond du puits. Ce sas est équipé de deux trappes étanches – les trous d'homme – pour l'accès des ouvriers et l'évacuation des déblais. Deux tubes le traversent de part en part. L'un sert à amener l'air comprimé dans la chambre inférieure sous-sas. L'autre permet l'évacuation de l'eau du fond du puits au jour.

Pour comprimer l'air, Triger dut inventer une nouvelle pompe pouvant en fournir une grande quantité et ne produisant pas "d'à-coups" dangereux pour les tubistes.

*[Image n°3 : Appareil Triger-Fagès, fonçage du puits n°4 de Désert en 1858]*

Le cycle de fonçage est très simple, et n'a pas beaucoup évolué depuis :

- ❖ Trois ouvriers sont nécessaires : un au-dessus du sas, un dedans et un autre au fond de fouille. L'ouvrier d'en bas est toujours au sec, puisque l'air chasse immédiatement l'eau par le tuyau d'exhaure. Ce tuyau facilite et accélère l'évacuation mais n'est pas nécessaire, en théorie, car l'air équilibre la colonne d'eau. Une fois le seau rempli, il l'envoie à l'ouvrier du sas. Le sas est donc, à ce moment là, en atmosphère comprimée.
- ❖ Ce dernier ferme la trappe inférieure et ouvre lentement le robinet avec l'extérieur. Il n'est bien sûr pas encore question, ici, de paliers de décompression. Une fois à la pression atmosphérique, l'ouvrier situé à l'extérieur prend le seau et le jette par-dessus le tube.
- ❖ L'homme du sas peut reprendre le seau, refermer la trappe supérieure et ouvrir le robinet inférieur de pression. Il se retrouve alors lentement à la pression de la chambre de travail.
- ❖ Un nouveau cycle peut démarrer.

On peut être étonné par la lenteur du procédé. Les travaux hyperbares du puits n°1 de l'exploitation – soit 25 m de fonçage – durèrent effectivement 6 mois. Ceux du puits n°2 mobilisèrent le sas pendant 4 mois effectifs.

Une amélioration notoire permit de diminuer raisonnablement la pression d'air en phase finale (à 19-20 mètres). Triger avait prévu, à l'origine et après bien des hésitations, de soumettre les mineurs à 3,5 bars au maximum. C'est grâce à la maladresse d'un des fonceurs que cette pression put être abaissée. En effet, alors que l'air assurait tant bien que mal l'équilibre de la colonne d'eau, un homme donna un coup de pioche malencontreux dans le tube d'évacuation, et l'eau jaillit avec violence au jour. De l'air s'était engouffré par l'ouverture du coup de pioche, et avait formé avec l'eau une sorte d'émulsion. La densité du fluide s'en trouva alors très nettement amoindrie. Pour équilibrer la même hauteur d'eau, à peine 2 bars suffisaient !

Fort de sa réussite, Triger creusa 5 puits en Anjou. Aujourd'hui, les tubes de fer puddlé qui servaient de cuvelage étanche sont inondés mais toujours là ; leur partie supérieure émerge très nettement des plaines ligériennes de la Corniche Angevine.

*[Image n°4 : Vestige d'un des tubes métalliques (Puits n°5 de Désert), 2000]*

## Une invention universelle

Achille Fagès, qui succéda à Triger à la tête de l'exploitation, apporta des perfectionnements notables (fixation et forme du sas, nombre d'ouvriers nécessaires, ergonomie...). L'annonce du succès de cette technique se répandit très rapidement et ce procédé révolutionnaire fit le tour du monde. Les adaptations aux différentes configurations géologiques et minières ne tardèrent pas non plus.

*"Quant aux applications de notre appareil, nous pensons que le génie maritime peut en tirer un très grand parti pour le creusement des ports ; que les ponts et chaussées, pour la construction des ponts, peuvent également le mettre en usage...".* C'est par ces mots que Triger décrivait l'avenir de son invention. Son intuition fut amplement vérifiée. En effet, on transforma rapidement le simple cylindre en véritable caisson. Les ingénieurs civils purent dès lors utiliser la technique pour construire les fondations de nombreux ouvrages d'art : Pont de Kehl, Pont du Firth of Forth, Pont de Brooklyn, Tour Eiffel... Les ouvriers creusaient le terrain dans une chambre inférieure, sous pression, et le caisson métallique s'enfonçait de quelques dizaines de centimètres par jour. Il était progressivement lesté de béton et gravas, puis laissé en place. Il suffisait ensuite de construire des piles classiques par-dessus, lui-même offrant une très bonne mise à la terre. Certains pouvaient directement faire office de piles ou quais.

L'adaptation pour la construction du métro parisien sous la Seine était toute trouvée : on assembla des énormes caissons métalliques qui, mis bout à bout, constituaient le tunnel. Ils étaient d'abord échoués à leur position, presque définitive, et les mineurs pouvaient commencer à creuser sous ces boîtes, dans une chambre hyperbare. L'élément disparaissait petit à petit sous le lit du fleuve. N'hésitez pas à vous arrêter un instant à la station St Michel ou Cité de la ligne 4 du Métro parisien : vous observerez ces caissons gigantesques !

*[Image n°5 : Fonçage pour la réalisation des piles 1 et 4 de la Tour Eiffel, 1887]*

Les accidents, lors de ces chantiers, étaient malheureusement assez fréquents. Paul Bert, à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle en faisait le triste constat (*La Pression Barométrique, 1878*). Depuis ses études sur les effets physiologiques de l'hyperbare, d'énormes progrès ont été réalisés (réglementations, tables, soins...).

Le dernier gros chantier ayant eu recours au fonçage hyperbare est la construction des piles du Tokyo Harbour Great Bridge en 1989. Toutes les opérations de creusement sous air comprimé étaient automatisées : UES (Unmanned Excavation System). Il a fallu, en particulier, démonter toutes les machines de creusement avant d'abandonner la structure au fond. Cette opération humaine, quant à elle, fut réalisée à la plus grande profondeur (4,5 à 5 bars).

## Une technique devenue obsolète

La technique des caissons pressurisés est, certes, toujours employée dans certains pays mais son usage est marginal et tend à disparaître. D'autres moyens, plus sûrs et surtout plus économiques, l'ont avantageusement remplacée.

De nos jours, le fonçage en terrains aquifères est toujours une des opérations les plus délicates lors de la construction des ouvrages souterrains. Même si les techniques sont maintenant bien maîtrisées, l'eau sous pression reste imprévisible. La rentabilité et l'efficacité toujours croissantes des différentes solutions disponibles sur le marché éloignent de plus en plus l'option "air comprimé" lors des études. Il ne fait aucun doute que le fonçage à l'air comprimé – qu'il soit vertical ou horizontal (type tunnelier) – hérité de l'invention de Triger, est voué à disparaître, ou tout au moins se cantonner à des réalisations de plus en plus exceptionnelles.

Reconnaissons tout de même à Triger – qui ne déposa jamais de brevet pour sa machine – la paternité d'une invention qui permit de réaliser les plus beaux ouvrages d'arts de la planète.

*[Image n°6 : Adaptation moderne du procédé Triger (G-B), Photo Specialist Plant]*

François MARTIN,  
*Agrégé de Génie Civil,  
Ecole Normale Supérieure de Cachan*