

Techniques de captage - Cours -

Chapitre I : Appareils de forage – Fluides de forage, (Mabillot, 1971, N'guyen, 1993, Detay, 1993).

I.1. Appareils de forage

Introduction : Plusieurs techniques de forage ont été développées en fonction du type d'ouvrage recherché et du contexte géologique : battage, rotary et marteau fond de trou. L'appareil et la technique de forage seront choisis selon les conditions socio-économiques et géotechniques appropriées.

I.1.1. Le battage (Percussion)

- Le forage au battage est la technique la plus ancienne. Elle s'avère surtout intéressante dans les terrains sédimentaires grossiers (graviers, galets), qui sont d'excellents réservoirs. Le terrain est remonté mécaniquement à la surface, à l'aide d'une benne cylindrique ou d'une cuillère (machines de type Beneto).

I.1.1.1. Pennsylvanien (à câble), (fig. I.1a)

- Principe :

Dans le battage au câble, le trépan est suspendu à un câble d'acier. Le principe repose sur l'élasticité du câble, les ressorts amortisseurs se compriment lorsque le balancier se trouve en position haute et commence à tirer sur le câble qui est en tension maximum parce que l'outil se déplace encore vers le bas. Les ressorts amortisseurs rebondissent aidant à remonter l'outil dès qu'il a frappé le fond du forage, ce qui engendre un coup de fouet en fin de course à l'outil et permet de conserver la puissance. La fréquence de battage va de 10 à 100 coups par minutes.

I.1.1.2. Procédé RAKY (tiges creuses : méthodes à l'injection)

Principe :

Le mouvement de battage est donné soit par un système : câble - balancier, soit par un treuil débrayé à chaque coup suivi d'une légère rotation manuellement au train de sonde (1/8^e de tour par coup). Le balancier est un dispositif assurant le déroulement du câble à l'avancement de l'outil. L'eau ou la boue bentonitique utilisée comme fluide de forage d'injection assure le curage des cuttings.

- En terrain meuble ; on utilise le trépan excentrique qui creuse un trou de diamètre légèrement supérieur à son propre diamètre pour permettre l'avancement du tubage à mettre en place et éviter les éboulements.

Les tiges sont à filetages mâles à leurs extrémités et assemblées par manchons. La longueur des tiges va de 3 m à 9 m dont 6 m est la plus fréquente.

Le train de sonde est constitué de :

- Tête d'injection, - Tige de forage ((DP), - Masses tiges (DC), - Trépan

Avantages du battage :

- investissement moins important ; - énergie dépensée faible ; - facilité de mise en œuvre ;
- pas de boue de forage proprement dite ; - récupération aisée d'échantillons ; - nécessite moins d'eau (40 à 50 l/h) et de n'importe quelle qualité ; - la détection de la nappe même à faible pression est facile : la venue de l'eau à basse pression se manifeste directement dans le forage sans être aveuglée par la boue et ; - pas de problèmes dans des zones fissurées (risque lié à la perte de boue).

[Choisir la date]

Inconvénients du battage :

- le forage s'effectue en discontinu (forage puis curage de cuttings et ainsi de suite) ;
- difficultés pour équilibrer les pressions d'eau jaillissante ;
- absence de contrôle de la rectitude et ;
- pas de possibilité de faire le carottage ;
- vitesse d'avancement faible, quelques mètres par jour ;
- Usure rapide des lames de trépan ;
- Méthode peu adaptée dans les terrains plastiques ou bouillants ;
- Faible profondeur d'investigation 200m.

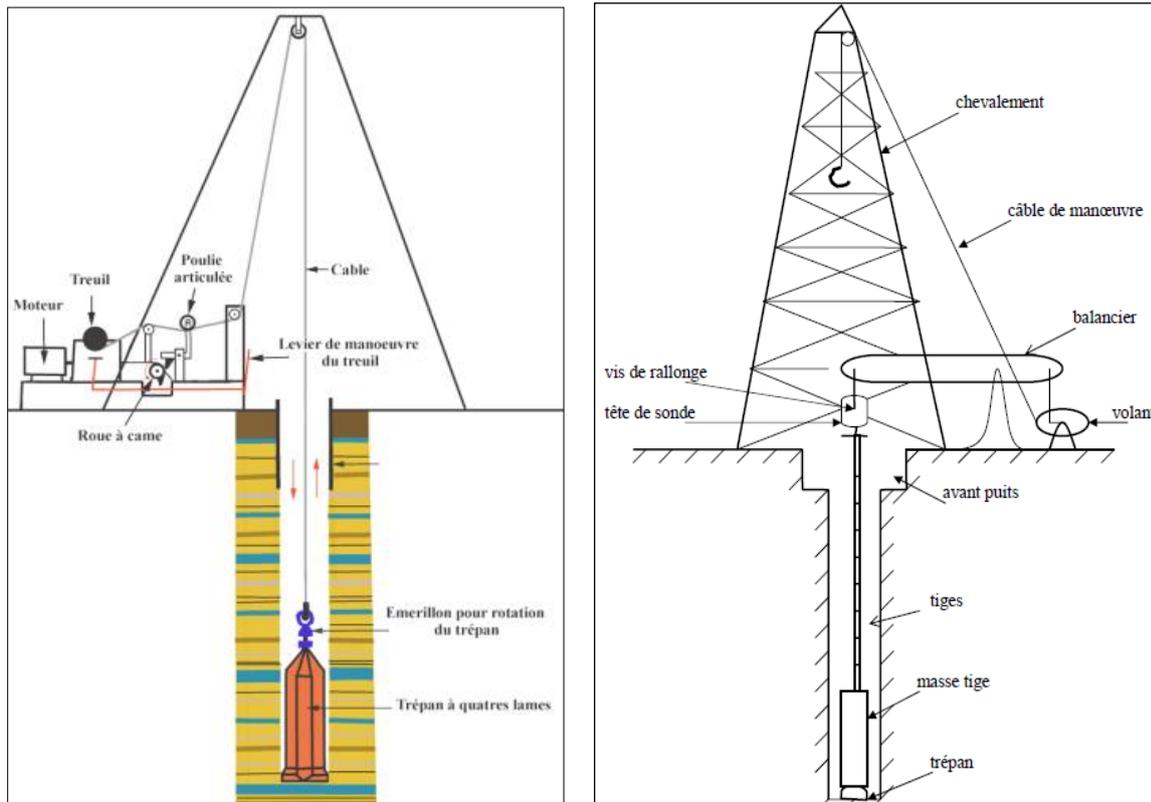


Fig. I.1. : Appareils de battage ; a : Pensylvanien,

b : Canadien

I.1.2. Marteau fond de trou (MFT), (Forage à taillant de percussion), (fig. I.2)

I.1.2.1. Marteau fond de trou simple

Principe :

Cette méthode de forage utilise la percussion assortie d'une poussée sur l'outil qui se trouve lui-même en rotation. L'énergie utilisée pour actionner cet outillage est l'air comprimé à haute pression (10-25 bars). C'est un procédé très intéressant en recherche hydrogéologique et principalement en terrains durs. Un marteau pneumatique équipé de taillant est fixé à la base d'un train de tiges et animé en percussion par envoi d'air comprimé dans la ligne de sonde, d'où le nom de "marteau fond de trou".

Avantages :

- Avancement rapide et profondeur d'investigations pouvant dépasser les 300 m de profondeur (fonction du diamètre et de la puissance du compresseur d'air) ;
- Bonne observation des cuttings

[Choisir la date]

(coupe géologique) et des zones productrices (suivi foration) et ; - Fluide de forage (air) bien adapté au forage d'eau en général de par l'absence de produit de foration (pas d'interférence entre la ressource et des boues ou de l'eau).

Inconvénients :

- Le fluide "air" peut perturber en foration les observations relatives à la qualité du fluide d'un niveau producteur par oxydation d'éléments ou en occultant des venues de gaz. La confirmation de la qualité du fluide (eau et gaz) d'un niveau producteur doit fréquemment être réalisée par pompage associé ;
- Procédé peu adapté dans les terrains non consolidés ou plastiques ;
- Risque de formation de bouchons de cuttings, nécessitant de fréquents nettoyages du trou par soufflage. Ce phénomène n'existe pas lorsque l'ouvrage est totalement sec ou lorsque le débit des niveaux producteurs est suffisant pour permettre un bon nettoyage par circulation ;
- Nécessité d'utilisation de compresseurs très puissants voire de surpresseurs en cas de foration sous des hauteurs d'eau importantes et ;
- Mauvaise identification de chaque niveau producteur en cours de foration, le fluide recueilli en tête d'ouvrage intégrant l'ensemble des horizons traversés.

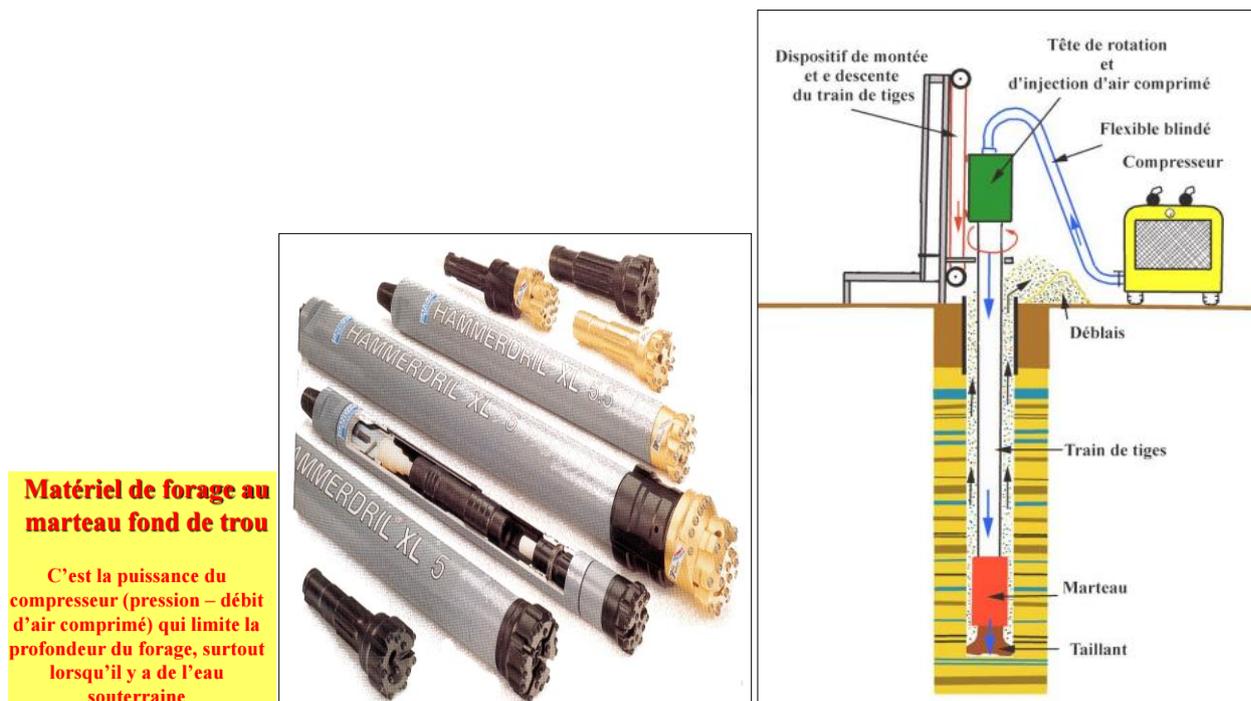


Fig. I.2 : Fonctionnement du MFT

I.1.2.2. Forage au marteau fond de trou avec tubage à l'avancement (fig. I.3)

Principe :

Identique à la technique MFT "classique" exposée ci-avant, cette méthode concerne la mise en place d'un tubage des parois du trou au fur et à mesure de sa foration. Elle met en œuvre un taillant pilote avec alésoir excentrique qui permet de forer des trous d'un diamètre légèrement supérieur au diamètre extérieur des tubes. Le tubage est ainsi enfoncé progressivement à la suite de l'alésoir sous l'effet de son propre poids et de l'énergie de percussion du marteau. Les tubes sont solidarisés entre eux soit par soudure, soit par filetage. Le taillant excentrique se déploie par rotation dans le sens des

[Choisir la date]

aiguilles d'une montre, une rotation en sens inverse en fin de foration permet son repli et la remontée de la garniture. Comme en foration au marteau fond de trou classique, l'évacuation des cuttings est là aussi assurée par la remontée de l'air, ici entre tiges et tube.

Avantages :

- Possibilité d'utiliser une foration air dans un contexte géologique peu stable ; - Bonne observation des cuttings et zones productrices ; - Meilleure individualisation des niveaux producteurs au moment de la foration, sans mélange avec des niveaux supérieurs partiellement obturés par le tubage mis en place.

Inconvénients :

- idem au MFT classique à l'exception de la foration dans les terrains non consolidés.

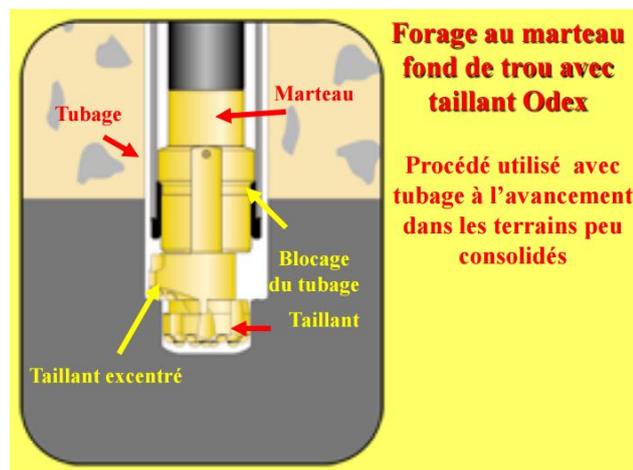


Fig. I.3 : Marteau fond de trou avec tubage à l'avancement

I.1.3. Forage Rotary (Procédés par rotation)

I.1.3.1. Forage rotary circulation directe, (fig. I.4)

Principe :

La technique rotary est utilisée spécialement dans les terrains sédimentaires non consolidés pour les machines légères, mais les machines puissantes de rotary peuvent travailler dans les terrains durs (pétroliers). Un outil (fi. I.4a), appelé trilames (ou tricônes), est mis en rotation depuis la surface du sol par l'intermédiaire d'un train de tiges. L'avancement de l'outil s'effectue par abrasion et broyage (deux effets) du terrain sans choc, mais uniquement par translation et rotation (deux mouvements). Le mouvement de translation est fourni principalement par le poids des tiges au dessus de l'outil. La circulation d'un fluide (liquide visqueux : la boue) permet de remonter les cuttings à la surface. La boue est injectée à l'intérieur des tiges par une tête d'injection à l'aide d'une pompe à boue, et remonte dans l'espace annulaire en mouvement ascensionnel, en circuit fermé sans interruption.

Parmi les machines de rotary on cite : AcF-PAT 201, AcF-PAT 301, AcF-PAT 401, Eureka, Dando, Stenuik BB.

[Choisir la date]



Trilâmes



Tricônes

Fig. I.4a : Deux types courants de trépan :

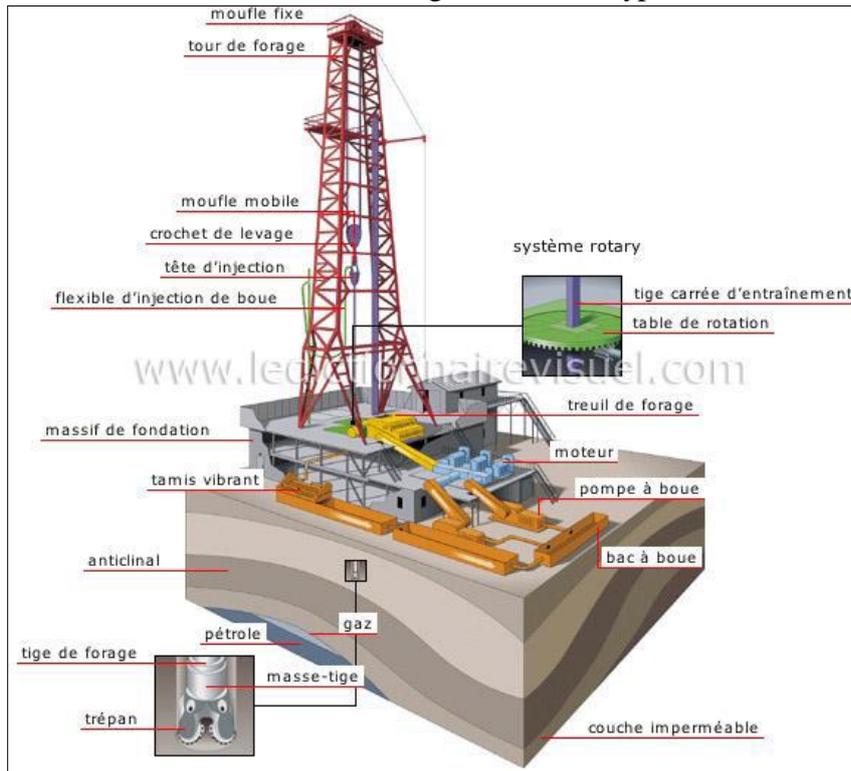


Fig. I.4b. : Machine du forage Rotary.

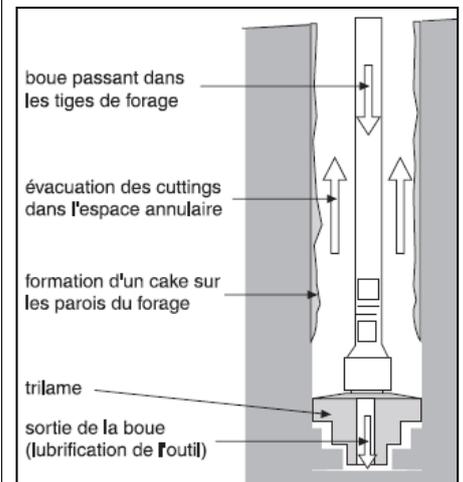


Fig. I.4c. : Principe du Rotary (simple)

I.1.3.2. Forage rotary circulation inverse

La méthode de la circulation inverse permet au contraire, de forer en diamètres variés de 0,6m à 2,5m et plus. Dans ce cas, on utilise un trépan spécial (à tête plate) avec insertion de plaquettes de métal dur et un nombre suffisant de masse tiges pour assurer une charge importante sur le trépan. La circulation inverse consiste en l'injection du fluide de forage dans l'espace annulaire et la remontée des cuttings se fait dans les tiges de gros diamètres. La circulation inverse peut être assurée par :

- Soit par aspiration du mélange eau- cuttings à travers le train de tiges par une pompe d'aspiration (pompe centrifuge) ;
- soit par utilisation de l'air comprimé, qui consiste à alléger l'eau ou la boue par injection de l'air comprimé provoquant la remontée du mélange eau-cuttings à travers les tiges de gros diamètres.

[Choisir la date]

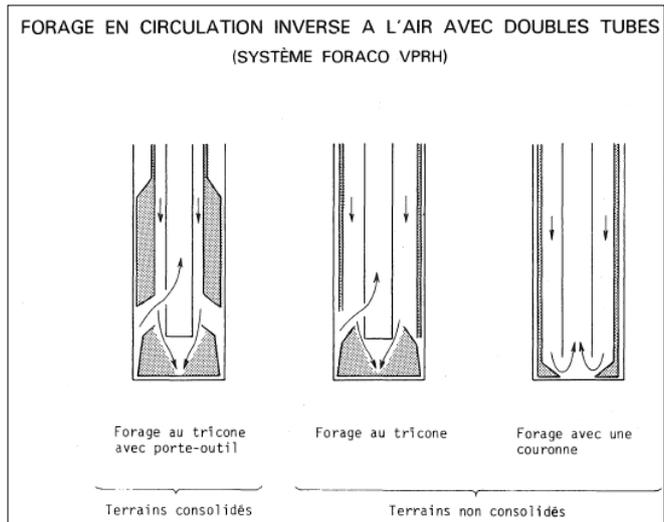
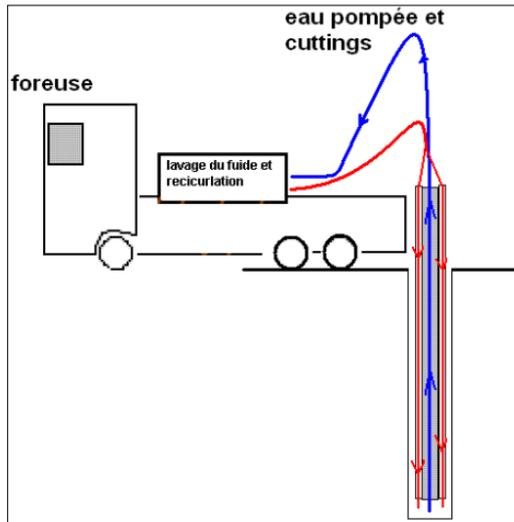


Fig. I.4d : Circulation inverse

Source : CIEH – BURGEAP, (1983)

Avantages :

- La perméabilité de la formation autour du trou est peu perturbée par le fluide de forage ;
- Les forages de grands diamètres sont exécutés rapidement et économiquement ;
- Pas de tubage pendant la foration ;
- Facilité de mise en place de la crépine ;
- Bons rendements dans les terrains tendres et ;
- Consommation de l'énergie économique.

Inconvénients :

- Nécessite beaucoup d'eau ;
- Nécessite un grand investissement (matériel très importants) et ;
- Seuls, les sites accessibles peuvent être forés avec ce matériel lourd.