

# Forage d'un trou de sonde vertical de 813 mm de diamètre, préalablement à l'approfondissement d'un puits d'extraction au Charbonnage de Ressaix

P. SANDRA,

Ingénieur Principal au Charbonnage de Ressaix.  
Chef du Service Planning Exploitation.

## INLEIDING

*In feite is de methode gevolgd voor de verdere afdieping van schacht VIII te Houssu geen innovatie. Inderdaad werd de methode van schacht delving met voorboring sinds ruim 5 jaar in Duitsland met groeiend succes toegepast.*

*In 1954 overschreed de diameter van het boorgat geen 610 mm. In december van dat jaar werd op de mijn General Blumenthal een boring van 813 mm gerealiseerd. Vervolgens ging men in de Ruhr tot 1200 mm en onlangs werd een diameter van 1500 mm bereikt, door de « Bohrwolf ».*

*Daarentegen werd in België tot nu nergens de 610 mm overschreden. Het originele van de hier toegepaste methode bestaat enerzijds in de keuze van de diameter van 813 mm en anderzijds in de eerste toepassing in ons land van de roterende boormachine Turmag P 30.*

*De gebruikte afdiepinsmethode verenigt de voordelen van de stijgende en de dalende delving en elimineert grotendeels de inconvenienten die eigen zijn aan ieder dezer beide methodes.*

*De afdieping tussen de peilen van 814 en 935 meter op een nuttige inwendige diameter van 4,20 m geschiedde chronologisch in twee stadia :*

*1) de boring van een boorgat van 813 mm diameter, zo axiaal mogelijk uitgevoerd ten opzichte van de bestaande schacht, door de P 30 opgesteld op 935 m ;*

*2) de dalende verwijding van dit boorgat tot een delvingsdiameter van 5 m.*

*De topografische toestand vóór het aanvatten van de boring is in doorsnede voorgesteld op fig. 1.*

*In deze bijdrage worden ieder der elementaire fasen van de uitvoering van het boorgat van 813 mm (fig. 2) onder technisch en finantieel oogpunt behandeld, namelijk :*

*1) voorafgaandelijke werken : installatie van de boormachine, toegang tot de basis en de top van de boring ;*

*2) stijgende uitvoering van een richtboring van 193 mm, zo nauwkeurig mogelijk in de as van de schacht geplaatst ;*

*3) dalende verwijding van de richtboring tot 305 mm ;*

*4) dalende verwijding tot 813 mm door gelijktijdige gebruik van 3 verwijdingsboren van 406, 610 en 813 mm, op dezelfde rotatieas gemonteerd.*

## AVANT-PROPOS

*A proprement parler, la méthode utilisée pour l'approfondissement du puits VIII de Houssu ne constitue pas une innovation. En effet, au cours des 5 dernières années, les Allemands ont mis au point la technique du fonçage avec avant-trou et à ce jour l'utilisent avec une vogue et un succès croissants.*

*En 1954, le diamètre du trou de sonde ne dépassait pas 610 mm ; ce n'est qu'en décembre de cette année qu'à la mine General Blumenthal on menait à bien un fourneau de 813 mm. Par la suite, dans d'autres mines de la Ruhr, on réalisait 1200 mm et récemment le Bohrwolf réussissait 1500 mm.*

*Par contre, en Belgique, avant nous, aucun fourneau de ce genre n'avait dépassé 610 mm. L'originalité de notre cas d'application réside, d'une part, dans l'adoption de 813 mm et, d'autre part, dans l'utilisation pour la première fois dans notre pays de la sondeuse rotative Turmag P 30.*

Le mode d'approfondissement que nous avons retenu, allie simultanément les avantages des creusements montant et descendant de puits et élimine la plupart des inconvénients propres à chacun d'eux.

Effectué au diamètre intérieur utile de 4,20 m, entre les niveaux 814 et 935, l'approfondissement comportait chronologiquement deux stades successifs :

1) le forage d'un trou de sonde de 813 mm axé autant que possible sur le puits, à l'aide de la P 30 mise en station à 935 ;

2) le recarrage en descendant de cet avant-trou afin de l'amener à la section « terre nue » d'environ 5 m de diamètre.

La disposition topographique des lieux avant d'entamer le sondage est représentée en coupe par la figure 1.

Les lignes qui suivent exposent, sous les aspects techniques et financiers, chacune des phases élémentaires d'exécution d'un trou de sonde de 813 mm, à savoir (fig. 2) :

1) travaux préliminaires : installation de la sondeuse ; accès à la base et au sommet du sondage ;

2) creusement en montant d'un trou pilote de 193 mm déviant le moins possible de l'axe du puits ;

3) alésage au diamètre 305 mm effectué en descendant ;

4) alésage au diamètre 813 mm effectué en descendant par utilisation simultanée de 3 tricônes alésateurs de 406 mm, 610 mm et 813 mm assemblés sur le même axe de rotation.

## ASPECT TECHNIQUE DE LA FORATION

### Travaux préliminaires à la foration.

#### 1) A l'étage 935.

Le réseau de galeries existant au niveau 935 comprenait un contour issu de l'envoyage du puits 10 et qui passait à l'aplomb du puits 8, objet de l'approfondissement, donnant ainsi accès direct à l'emplacement où devait être installée la sondeuse.

Le premier travail fut de creuser, en montant, un avant-puits circulaire de 4,20 m de diamètre intérieur utile : le soutènement définitif était réalisé par des claveaux en béton sur une hauteur d'environ 5 m au-dessus du niveau du raillage. Axée sur la même verticale, une cave également revêtue de claveaux fut foncée sur une profondeur de 2 m ; on laissa toutefois subsister en place, au centre de la section, un noyau de terrain intact destiné à servir d'assise à un massif de béton de quelque 1,50 m<sup>3</sup> de volume. Dans celui-ci furent scellés les montants verticaux du châssis porte-sondeuse.

L'espace libre annulaire de cette cave fut judicieusement cloisonné par des chicanes en maçonnerie afin de constituer un bassin de décantation. Les eaux de foration usées s'y débarrassaient de leurs plus grosses particules terreuses puis, au terme de leur circuit, étaient recyclées par l'aspiration d'une puissante pompe centrifuge.

Le montage et la mise en place du châssis support de la machine et le scellement des extrémités des poutres, tant verticales qu'horizontales, de celui-ci dans le massif de base en béton et dans les parois en claveaux du revêtement du puits exigèrent les prestations d'une équipe de 2 maçons pendant presque 5 postes. Un solide plancher posé au niveau du deigne obtura la cave, tandis qu'un autre plancher léger, érigé à 3 m au-dessus du sol, constitua un

plancher de travail pour la manœuvre des barres de forage.

Parallèlement à ces aménagements, s'effectuaient l'installation de la pompe et de ses tuyauteries d'aspiration et de refoulement, ainsi que les différents raccords électriques et mécaniques exigés pour sa mise en service.

L'ensemble des travaux préparatoires et de mise en station de la sondeuse demanda en gros 16 postes à raison de 3 ouvriers par poste.

#### 2) A l'étage 800.

Il fallut, préalablement à toute entreprise, procéder à la vidange du bougnou creusé jusqu'à la cote 814 ; en service depuis plus de 20 ans, il était rempli de boues et de déchets de maçonnerie sur environ 10 m de hauteur.

Un plancher de protection couvrant toute la section du puits fut mis en place au niveau 805 ; il limitait, vers le bas, la course descendante des 2 cages réglées sur l'étage 800.

Un treuil à air comprimé (ancien treuil d'arrachage), capable de développer un effort de traction de 10 t, fut installé dans l'envoyage. Son câble (de 16 mm de diamètre), après avoir embrassé 2 poulies de renvoi et supporté un contrepoids de 600 kg (fig. 1), s'attachait par son extrémité libre, par émerillon interposé, à l'œillet de tête de l'alésateur tricône.

En cours d'alésage descendant du fourneau, le rôle de ce dispositif était de maintenir sous tension constante le câble de retenue s'insérant sur le sommet du tricône alésateur et, en cas de rupture de tige de forage, de rattraper par le haut l'équipage qui, par cet accident, se trouvait libéré de tout asservissement à la sondeuse. Le contrepoids permettait de se passer de la présence permanente d'un préposé

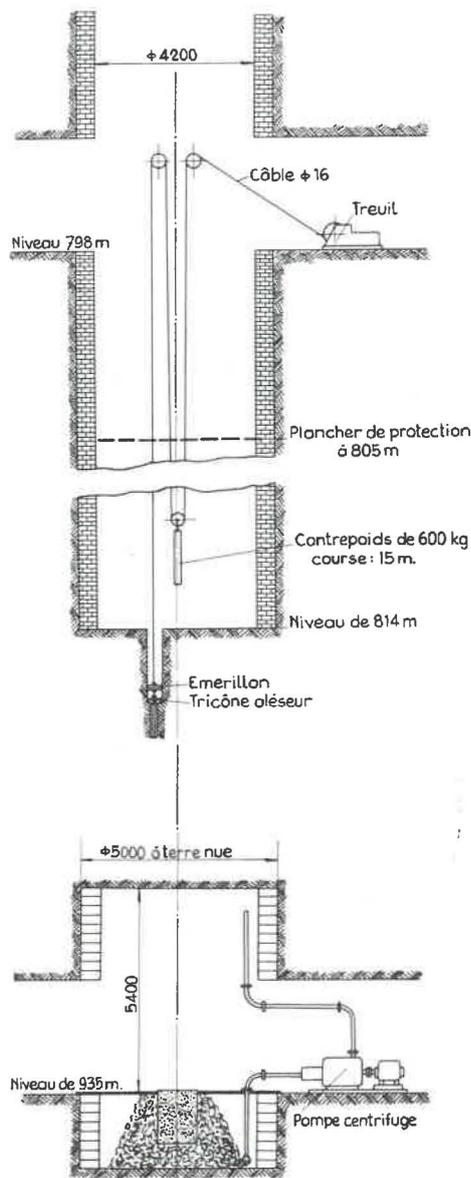


Fig. 1. — Coupe verticale montrant l'aménagement des recettes supérieure et inférieure lors du forage au diamètre de 813 mm.

au treuil en cours d'alésage ; en effet, la course verticale du contrepois — de l'ordre de 15 m — permettait, pour un calage déterminé du tambour du treuil correspondant à la position inférieure du con-

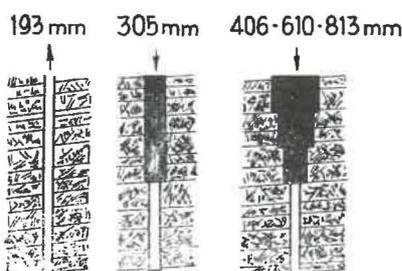


Fig. 2. — Disposition des couronnes lors du sondage pilote et des deux alésages.

trepois, d'effectuer une progression descendante de l'outil de forage d'environ 30 m sans aucune intervention du treuil.

Pour l'exécution éventuelle de manœuvres à la sondeuse conjuguées entre 800 et 935, un téléphone assurait la transmission des communications verbales entre ces 2 niveaux.

### Exécution de la foration d'un trou de sonde de 813 mm de diamètre.

#### 1) Sondeuse Turmag P 30.

De nombreux périodiques et revues techniques ont publié la description et les caractéristiques de cette machine d'une façon suffisamment précise et détaillée.

Qu'il nous soit toutefois permis d'attirer l'attention des futurs utilisateurs de la P 30 sur quelques points dont l'importance nous a été révélée en cours d'exécution du sondage et qui, s'ils ne sont pas observés, peuvent être à la base de certains déboires et mécomptes.

Eu égard à l'ampleur des sollicitations et des efforts auxquels, en service, le châssis support de la sondeuse est soumis, celui-ci doit être largement calculé : construction robuste en poutrelles I Grey de 200 mm et 240 mm, raidissement par diagonales doubles assurant la plus grande rigidité à l'assemblage (fig. 5).

L'encastrement et le scellement des poutres tant horizontales que verticales du châssis doivent être solidement réalisés, c'est ainsi que le bloc de béton d'assise, dans lequel s'insèrent les supports verticaux du châssis, doit présenter une masse de l'ordre de 3 t, assurant une stabilité statique suffisante. La pompe de circulation d'eau sera largement conditionnée, un débit de l'ordre de 300 litres/minute sous une pression de 30 kg/cm<sup>2</sup> peut être exigé.

Un curage énergique et une élimination rapide des déchets de forage doivent ainsi être assurés, évitant de la sorte le rebroyage des débris de roches et l'encrassement des molettes du tricône. Ce sont là des éléments essentiels à l'obtention d'avancements satisfaisants.

La pompe centrifuge Rateau utilisée dans notre cas présentait 5 étages de roues ; actionnée par un moteur asynchrone (500 V, 1500 tr/min, 80 ch), elle put satisfaire en toutes circonstances aux exigences de la foration, le réglage du débit et de la hauteur manométrique de refoulement étant assuré par un jeu de vannes permettant un by-passage des eaux.

La table de commande de la sondeuse comportait, en plus des vannes d'admission d'air comprimé aux différents moteurs, des manomètres dont les indications permettaient à tout moment de connaître la pression de fluide d'alimentation, ainsi que la poussée axiale exercée sur l'outil de forage.

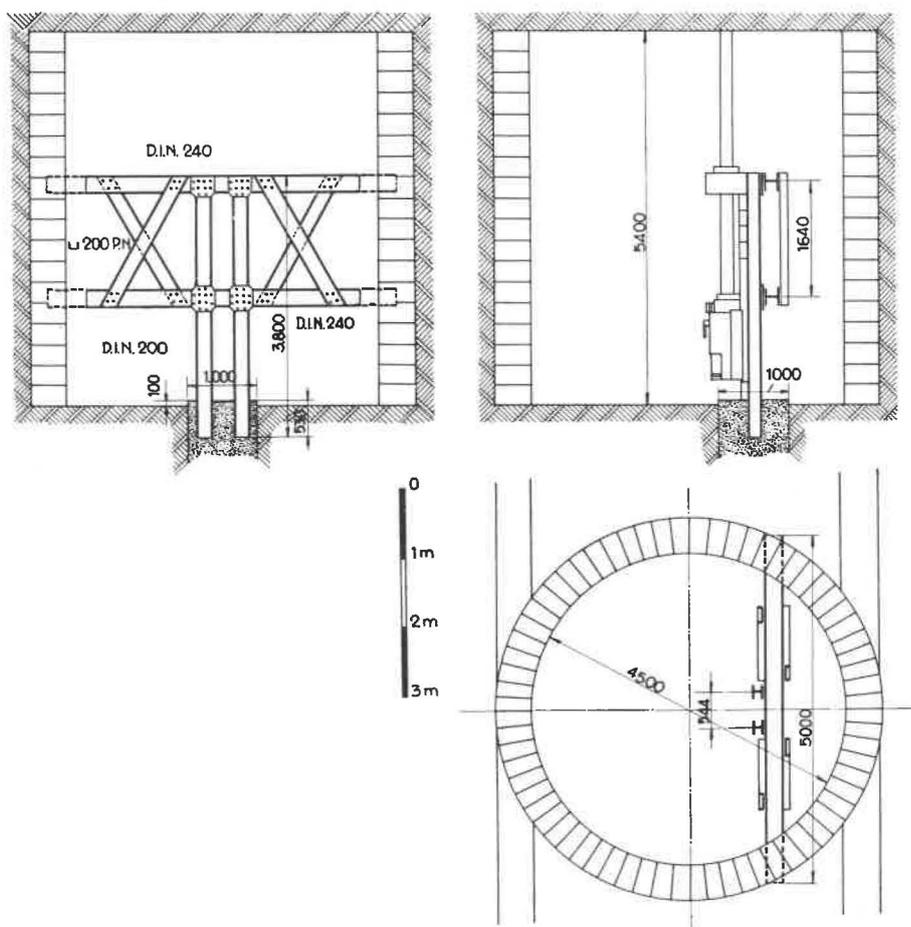


Fig. 3. — Fixation du châssis de la sondeuse.

Le desserrage des tiges de sondage au cours des manœuvres a été hautement facilité en enduisant préalablement les filets d'assemblage d'un film de graisse spéciale à base de bisulfure de molybdène (Molykote). Grâce à l'emploi de ce lubrifiant, nous avons pu éliminer presque totalement les pertes de temps résultant des difficultés de desserrage des barres de forage.

Notons que, au cours de l'exécution de ce sondage, nous n'avons eu à déplorer aucune défaillance mécanique de la P 30, ni aucune rupture de barre (diamètre 140 mm). Il s'avère donc que de ce côté le matériel Turmag actuel se trouve parfaitement adapté et au point.

**2) Mise en station de la sondeuse.**

L'expérience a montré qu'au cours de l'exécution d'un sondage le trou de sonde a tendance, sous l'effet de la poussée axiale des tiges, à se disposer normalement aux strates des terrains recoupés et, sous l'effet de la rotation de l'outil, à se déporter latéralement dans le même sens que cette rotation.

Nous savions que les roches à traverser à Houssu étaient fort hétérogènes — certaines constituées d'épais bancs de grès (15 m) et de micaschistes très durs et très abrasifs — et de plus que l'inclinaison

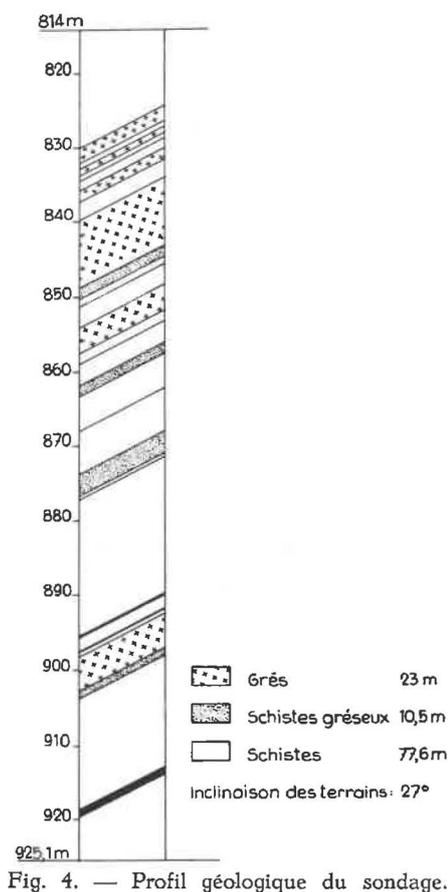


Fig. 4. — Profil géologique du sondage.

des bancs variait de 24 à 30 %. La figure 4 montre le profil géologique des terrains recoupés.

Par contre, nous ignorions la loi de variation de la déviation en fonction de la nature et de l'inclinaison des terrains.

Aussi ce fut par empirisme, en nous aidant des renseignements recueillis en Allemagne et en France, que nous avons apporté les corrections systématiques lors de la mise en station de la sondeuse.

Nous avons dès lors :

1°) excentré de 0,60 m par rapport au centre du puits, le point d'attaque de la foration, dans une direction opposée à la ligne de plus grande pente des bancs ;

2°) affecté dans le même sens d'une inclinaison de 10 mm par mètre, par rapport à la verticale, l'axe de rotation de la sondeuse.

### 3) Foration proprement dite.

a) 1<sup>re</sup> phase : Exécution du trou pilote de 193 mm de diamètre.

L'outil utilisé fut un Rollenmeissel de la firme Söding und Halbach, à 3 molettes. En vue de réduire au minimum la flexion des barres, et par là même la déviation de l'axe du trou de sonde, nous avions :

1°) placé 5 barres guides successives immédiatement sous l'outil ;

2°) donné des instructions aux sondeurs pour limiter à 15 t la poussée axiale à exercer sur l'outil et à 40 tr/min la vitesse de rotation des barres.

L'équipe de forage était constituée d'un personnel qui possédait déjà quelque expérience de la technique de sondage ; en effet, celle-ci avait fait ses armes, soit avec la P III/4 en sondant du grisou en 85 et 115 mm, soit avec la P VI/12 en 270 et 400 mm pour l'exécution de communications d'aéragage. Pendant quelques jours, ce personnel fut initié à la conduite de la P 30 et conseillé par un moniteur de la firme Turmag. L'équipe normale type comprenait, par poste, deux sondeurs aidés d'un ajusteur, un chef sondeur non affecté à un poste déterminé assurait la liaison et la coordination des différents postes de sondage.

La foration proprement dite, en raison des limitations imposées aux avancements et de l'apprentissage que subissait le personnel, ne fut active qu'un seul poste par jour.

Les 111,10 m de trou de sonde nécessaires à la réalisation de la communication s'effectuèrent en 9 postes, dont 7 postes consacrés à la foration proprement dite.

A son aboutissement au fond du bougnou à 814 m, le trou de sonde accusait une déviation horizontale de 2,24 m par rapport au point d'attaque à

925 (fig. 5). Cet écart était la résultante des deux composantes suivantes :

- 1,94 m dans le sens de la plus grande pente des bancs ;
- 1,24 m perpendiculairement à celle-ci, résultat de la rotation de l'outil.

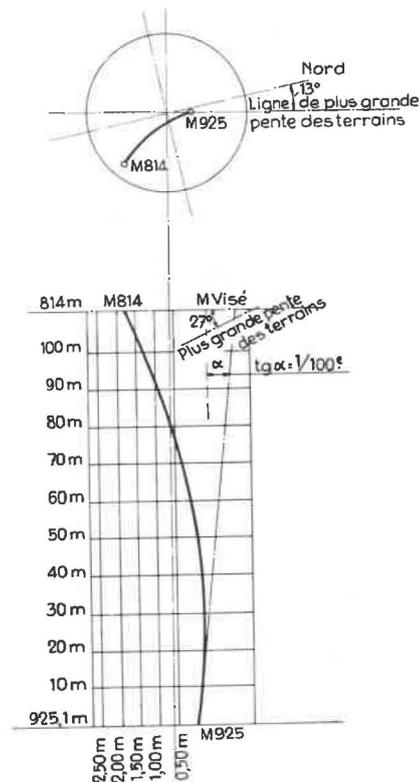


Fig. 5. — Déviation du sondage.

Il s'avéra donc que la correction initiale de 10 mm par mètre, que nous avons apportée à l'axe de rotation de la sondeuse, était insuffisante. Une inclinaison de 15 mm par mètre eut mieux convenu et eut vraisemblablement ramené le point d'aboutissement du sondage à quelque 60 cm côté aval pendage de l'axe du puits et réduit de la sorte à 1,20 m l'écart horizontal entre les points initial et final du trou de sonde pilote.

En conclusion : le trou de sonde pilote fut bien réussi, il se maintint constamment à l'intérieur de la section « terre nue » du futur puits ; aucun incident majeur à déplorer.

A la lumière d'un phare électrique de mine, les parois du trou apparaissent bien lisses. Il n'y eut aucune usure des joues latérales des tiges guides. Les axes des molettes de l'outil accusaient un léger battage dans leur logement, les roulements à billes avaient assez bien souffert et les dents des molettes du tricône présentaient une usure très prononcée.

Nous avons estimé que, en gros, dans l'état où il se trouvait alors, sans aucune restauration ou réparation, ce tricône n'était plus capable d'effectuer, dans les mêmes conditions d'utilisation, que 30 ou 40 m de trou de sonde.

b) 2<sup>me</sup> phase : Alésage en descendant du trou de sonde de 193 mm à l'aide d'un tricône aléreur de 305 mm de diamètre.

Stationnant sur le fond du bougnou à 814 m, les sondeurs procédèrent au dévissage du tricône de 193 mm et à son remplacement par un aléreur de 305 mm de la firme Söding und Halbach.

Le câble du treuil de retenue, constamment maintenu sous tension par le jeu d'un contrepoids de 600 kg, fut attaché après interposition de l'émerillon à l'ocillet de tête de l'aléreur (fig. 6).

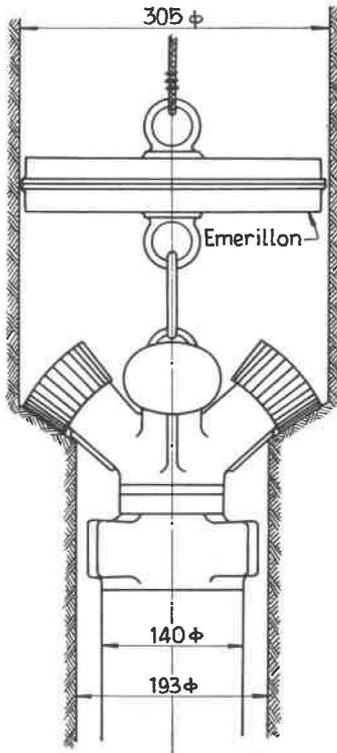


Fig. 6. — Vue de l'émerillon placé au-dessus de la couronne de 305 mm de diamètre.

L'émerillon construit en nos ateliers était constitué par 2 roues à roulement provenant de wagonnets de mine, assemblées suivant le même axe ; leurs jantes adossées étaient solidarisées par un cordon de soudure autogène. L'ensemble présentait une inertie à la rotation qui s'avéra convenir à l'usage.

La vitesse de rotation pour la foration restait 40 tr/min.

L'équipe de sondage, qui comprenait un chef sondeur aidé de deux sondeurs et d'un ajusteur, ne fut active qu'à raison d'un poste/jour. Le réalésage du fourneau s'effectua en 7 3/4 postes sans aucun incident. Les résultats techniques du forage sont donnés au tableau I.

Le trou était bien réussi, les parois étaient lisses. On constata une usure accentuée des joues latérales des barres guides. Le tricône aléreur accusait une forte usure des molettes et un jeu important des roulements et des axes. Pratiquement, l'outil était hors

d'usage, seul le corps de l'aléreur pouvait être récupéré.

c) 3<sup>me</sup> phase : Alésage descendant du trou de sonde de 305 mm à l'aide d'aléreurs de 406 mm, 610 mm et 813 mm de diamètre, assemblés en tandem sur le même axe de rotation.

L'assemblage étagé de 3 aléreurs en série réalisait une répartition uniforme dans le plan horizontal et un étalement en 3 étages dans le sens vertical des différents points d'attaque de l'outil ; cette disposition rationnelle assurait un bon équilibrage du couple résistant et un guidage efficace de l'outil — avantages appréciables lors de la traversée de terrains inclinés de dureté différente. Une tige spéciale pleine, portant une collerette guide de 305 mm de diamètre, fut placée en lieu et place des tiges guides initiales (diamètre 193 mm). La vitesse de rotation fut réduite à 20 tr/min ; le débit d'eau de curage fut porté à quelque 250 litres/min ; la pression axiale sur le train d'aléreurs atteignit parfois 25 t selon la nature des terrains recoupés. La méthode de travail du sondeur consistait à maintenir la vitesse de rotation constante, en agissant uniquement sur la vanne d'alimentation du moteur de poussée ; il dosait l'effort axial pour arriver à ce résultat.

#### Incidents survenus.

Nous avons eu à déplorer des ruptures à deux reprises (à 34,5 m et à 90 m) du col de l'aléreur de 406 mm. La cause en fut attribuée à une section de métal insuffisante en cet endroit pour absorber les couples résistants cumulés des étages de 610 mm et 813 mm situés au-dessus du 406 mm.

Ces incidents amenèrent une interruption de 20 jours calendrier dans l'exécution du sondage du fait qu'il nous fallut attendre l'arrivée d'Allemagne d'un nouvel aléreur de 406 mm.

Nous avons mis à profit l'arrêt imposé du travail pour remonter en surface les aléreurs de 610 mm et 813 mm et procéder dans nos ateliers à la recharge au « Stellite » et au « Verdur » des dents des molettes ; le coût de cette opération s'est élevé à 30.037 F.

A la reprise du forage, on constata que, sous l'effet des eaux ruisselant de l'étage de 800 m, un bouchon constitué des particules de roches issues des parois tendres du fourneau s'était formé à 17 m de la base du fourneau. Il fut donc nécessaire d'enlever la tige guide à 814, ramener tout le jeu de tiges à 935, y replacer le tricône de 193 mm et, par forage, résorber le bouchon qui s'était constitué. Ces incidents exigèrent 5 postes de prestation. D'autre part, après la rupture du col de l'aléreur de 406 mm survenue pour la deuxième fois à 90 m du sommet du trou de sonde, nous avons extrait par le haut, à l'aide du treuil, les aléreurs de 610 mm et 813 mm et les avons déconnectés par dévissage. Ne possédant en réserve aucun aléreur de 406 mm qui eut permis de pourvoir au remplacement de l'aléreur

avarié, nous avons décidé de continuer l'alésage des 21,10 derniers mètres de la partie inférieure du sondage à l'aide du 406 mm seul dont les molettes étaient encore en bon état. Cette opération s'effectua sans incident. Immédiatement après, ayant enlevé le 406 mm, nous avons ramené l'extrémité des barres au niveau 814, replacé les aléseurs jumelés de 610 et 813 mm et procédé avec ceux-ci à l'alésage des 21,10 m restants au diamètre de 813 mm sans aucun ennui.

En fin d'opération, les aléseurs 610 et 813 mm accusaient un tel état de fatigue que nous avons jugé devoir en porter intégralement le coût d'achat au poste prix de revient du sondage.

Notons qu'avec un outil à 3 étages tel que nous

l'avions utilisé, spécialement dans la traversée de gros bancs de grès, le moteur de la sondeuse travaillait constamment au voisinage de sa puissance maximum. Malgré le souci constant du sondeur de ne pas exagérer le couple résistant, la sondeuse réagissait fortement, subissant des soubresauts qui mettaient à dure épreuve les encastresments de son support. Cette phase d'alésage en 813 mm fut effectuée à raison de 2 postes par jour et exigea, pour son achèvement, défalcation faite des prestations effectuées pour causes fortuites et accidentelles, un total de 27 5/8 postes, soit 103 journées d'ouvrier.

4) **Caractéristiques techniques de la foration** (Tableaux I et II).

TABLEAU I.

Caractéristiques techniques de la foration d'un trou de sonde de 813 mm au puits VIII de Houssu.

	1 <sup>re</sup> phase ↑ Forage diamètre 193 mm (trou pilote)	2 <sup>me</sup> phase ↓ Alésage diamètre 305 mm	3 <sup>me</sup> phase ↓ Alésage diamètre 406/610/813 mm	Total des 3 phases  Sondage complet
Longueur totale du trou de sonde	111,10 m	111,10 m	111,10 m	111,10 m
Nombre de postes de 8 h nécessaires	7	7 3/4	27 5/8	42 5/8
Nombre de journées d'ouvriers prestées	33	30	103	166
Avancement moyen m/poste	15,87 m	14,34 m	4,02 m	2,55 m
Temps net de foration proprement dite	1.071 min	2.236 min	8.402 min	12.609 min
Temps de manœuvres normales en foration	555 min	415 min	544 min	1.514 min
Vitesse horaire moyenne de foration	3,38 m/h	2,98 m/h	0,80 m/h	
Temps nécessaire pour forer 1 m	17,7 min	20,1 min	75,6 min	
Vitesse horaire moyenne d'avancement (toutes suggestions comprises)	2,76 m/h	2,51 m/h	0,74 m/h	
Vitesse de rotation de l'outil	40 tr/min	40 tr/min	20 tr/min	

TABLEAU II.

Caractéristiques techniques de la foration d'un trou de sonde de 813 mm de diamètre en fonction de la nature des terrains traversés.

N° des phases	Désignation de la foration et diamètre du trou de sonde	Vitesse nette horaire moyenne de foration proprement dite			Pression axiale moyenne sur outil de forage en t (compte tenu du poids propre des tiges de forage)			Vitesse moyenne de rotation en tours par minute
		en schistes et charbon	en schistes gréseux et psammites	en grès	en schistes et charbon	en schistes gréseux et psammites	en grès	
1	193 mm. (trou pilote) ↑	4,038 m/h	2,930 m/h	2,288 m/h	7,6 t	9,8 t	12,7 t	40
2	305 mm (alésage) ↓	3,925 m/h	2,582 m/h	1,712 m/h	7,7 t	9,0 t	10,7 t	40
3	406/610/813 mm (alésage) ↓	1,144 m/h	0,765 m/h	0,393 m/h	11,1 t	14,5 t	18,5 t	20

**ASPECT ECONOMIQUE  
DE L'EXECUTION DU SONDAGE**

**Prix de revient du mètre de sondage  
de 813 mm de diamètre.**

**A. Charges financières.**

comprenant :

- 1) amortissement technique du matériel calculé d'après la vie probable des engins ;
- 2) charges d'entretien et de maintien en état du matériel ;
- 3) location du matériel (pompe électrique Rateau et treuil Moussiaux 10 t) due au service matériel fond (service ayant sa gestion comptable propre).

Le tableau III figure les taux annuels en % du capital déboursé à l'achat que nous avons admis pour l'établissement du prix de revient. Intérêt de l'argent : 6 % par an.

*Capital déboursé à l'achat.*

	FB
Sondeuse P 30	550.064
Table de commande avec vannes de commande, clé de fixation des barres, huileur central, manomètres	16.403
Treuil pour manœuvres des barres	17.345
Flexibles d'alimentation	13.595
Trousse outillage et clés	4.421
80 barres de forage, longueur 1,50 m, diamètre 139,7 mm, la pièce 6.757 F	} 594.525
5 barres guides la pièce 8.873 F	
1 barre pleine spéciale pour forage outils en tandem 9.600 F	
Raccords entre tricônes et bagues de serrage	24.966
	1.221.310

Taxe de transmission et de douane 9 % 109.919

*Dépenses ateliers et sorties de magasin*

Outillage de sauvetage - chevalements -  
trépied - émerillon - poulies - chariot  
compensatoire - remise en état pompe  
Rateau

78.717

Capital total déboursé

1.409.955

En résumé, les charges financières par mètre de sondage sont les suivantes :

1) Amortissement technique

$$\frac{1.409.955 \times 20,33 \%}{500 \text{ m}} = 573,28 \text{ F/m}$$

2) Frais d'entretien et de maintien en état

$$\frac{1.409.955 \times 15 \%}{500 \text{ m}} = 423,- \text{ F/m}$$

3) Location du matériel provenant du service matériel fond

$$\frac{23.000}{500} = 46,- \text{ F/m}$$

Total charges financières :

1.042,28 F/m

TABLEAU III.

		Schistes et charbon	Schistes gréseux et psammites	Grès	Composition moyenne gisement Ressaix 20 % grès 20 % schiste gréseux 60 % schiste charbon
Amortissement	en années	8 ans	4 ans	2 ans	6 ans
	en mètres de sondage forés	4.000 m	2.000 m	1.000 m	3.000 m
	taux annuel en % du capital (table de Perron)	16,1 %	28,8 %	54,5 %	20,33 %
Entretien et maintien en état du matériel	taux annuel en % du capital	11,25 %	22,5 %	45,- %	15,- %

**B. Frais de main-d'œuvre.**

Salaires + charges sociales (65 %) (\*)

	F	F
	par mètre	
<b>I. Travaux de préparation</b> (descente, transport, installation matériel) 16 postes - 52 journées	28.920,30	260,30
<b>II. Exécution du forage</b>		
1) forage trou pilote diamètre 193 mm 7 postes - 33 journées	18.772,60	168,90
2) alésage au diamètre 305 mm 7 3/4 postes - 30 journées	14.678,25	132,10
3) alésage aux diamètres 406/610/813 mm 27 5/8 postes - 103 journées	55.062,50	495,60
	88.513,55	796,60
<b>III. Prestations fortuites ou accidentelles consécutives à des pannes, avaries du matériel ou autres incidents</b> 74 4/8 journées	41.355,60	372,20
<b>IV. Travaux consécutifs à l'exécution du sondage (démontage, transport et remonte du matériel)</b> 23 4/8 journées	13.099,85	117,90
		1.547,—

(\*) Salaires et charges sociales en vigueur en décembre 58, janvier et février 59.

**C. Consommations.**

en tricônes, compte tenu de l'usure de ceux-ci, des rebuts et récupérations possibles.

TABLEAU IV.

	Prix à l'état neuf	Valeur à porter au compte du creusement des 111 m de trou de sonde
Tricône 193 mm	11.678 F	9.545 F
Aléreur 305 mm	26.060	26.060
Aléreur 406 mm	39.461	35.000
Aléreur 610 mm	57.935	57.935
Aléreur 813 mm	62.543	62.543
		191.083
Dépenses d'ateliers consacrées à des réparations et à la recharge des dents des molettes au « Stellite » et au « Verdur »		30.037
Total		221.120
soit par mètre		1.995 F/m

**D. Energie et sorties magasin.**

1) Air comprimé.

Le tableau V donne les temps exprimés en minutes pendant lesquels de l'air comprimé fut consommé.

TABLEAU V.

	Foration proprement dite	Manœuvres effectuées à l'aide de la sondeuse	
		normales pour démontage-remontage et manœuvres de serrage ou desserrage des tiges	fortuites ou accidentelles (consécutives incidents)
Trou de sonde pilote diamètre 193 mm	1.971 min	555 min	—
Alésage diamètre 305 mm	2.236 min	415 min	—
Alésage diamètres 406/610/813 mm	8.402 min	544 min	1.086 min (*)
	12.609 min	1.514 min	1.086 min
		2.600 min	
	15.209 min		

(\*) Manœuvres de retrait des tiges de forage consécutives aux deux ruptures du col des aléeurs tricônes 406 mm ; Essais de débouchage du trou de sonde obstrué par sédimentation et reforage au diamètre 193 mm du bouchon.

Consommation moyenne d'air comprimé : 30 m<sup>3</sup>  
aspirés par minute.

Coût air comprimé : 0,10 F/m<sup>3</sup>  
coût total = 45.627 F  
par mètre de forage = 410 F/m

2) *Electricité.*

Pompe Rateau :  
consommation moyenne horaire 60 kWh  
heures de marche relevées 322 h  
consommation totale - 19.520 kWh  
à 0,75 F le kWh 14.490 F  
soit par mètre de trou de sonde 130 F/m

3) *Fournitures diverses et sorties de magasin.*

Outils, huiles et graisses, costumes  
imperméables, bottes, fournitures  
diverses 11.171 F  
soit par mètre 100,55 F/m

Total consommation énergie et ma-  
gasin 640,55 F/m

Le tableau VI donne le prix de revient du son-  
dage au diamètre de 813 mm et le tableau VII donne  
ce prix en fonction de la nature des terrains tra-  
versés.

TABLEAU VI.

Prix de revient du mètre de sondage de 813 mm de diamètre effectué dans l'axe du puits VIII à Houssu.

	Trou de sonde	Alésage	Alésage 406/610/813 mm	Total pour Puits VIII Houssu	
				23,00 m grès 10,50 m schiste grès 77,60 m charb. schiste	
				F	%
1) charges financières (amortissement + maintien en état)	172,17	190,62	679,49	1.042,28	19,95
2) Tricônes	86,—	236,—	1.673,—	1.995,—	38,18
3) Energie + dépenses magasin	100,90	116,30	423,35	640,55	12,26
4) Frais de main-d'œuvre :					
a) Prestations normales	231,45	201,30	742,05	1.174,80	22,48
b) Prestations fortuites	—	—	372,20	372,20	7,12
	590,52	744,22	3.890,09	5.224,83	100,—

TABLEAU VII.

Prix de revient du mètre de sondage au diamètre de 813 mm en fonction de la nature des terrains traversés.

	Schistes + charbon		Schistes gréseux psammites abrasifs roches dures		Grès		Sondage Ressaix Houssu Puits VIII		Profil géologique 77,60 schiste-charbon 10,50 schiste gréseux 23,— grès	
	F/m	%	F/m	%	F/m	%	F/m	%	F/m	%
1) Charges financières (amortissement et maintien en état du matériel)	866	26,81	1.242	20,27	1.545,80	13,40	1.042,30	19,95		
2) Consommation tricônes	885	27,40	2.350	38,36	5.578,—	48,36	1.995,—	38,18		
3) Energie (air comprimé + électricité) et sorties magasin	445	13,78	738	12,05	1.256,—	10,89	640,55	12,26		
4) Frais de main-d'œuvre (salaires + charges sociales) :										
a) Prestations normales	924	28,61	1.404	22,92	1.916,20	16,61	1.174,80	22,48		
b) Prestations fortuites	110	3,40	392	6,40	1.239,—	10,74	372,20	7,12		
<b>Totaux</b>	<b>3.230</b>	<b>100,—</b>	<b>6.126</b>	<b>100,—</b>	<b>11.535,—</b>	<b>100,—</b>	<b>5.224,83</b>	<b>100,—</b>		

### CONCLUSION

Malgré le peu d'expérience de nos sondeurs en forage à grand diamètre, nous avons pu, sans trop de difficultés et sans frais exagérés, mener à bien notre premier sondage de 813 mm de diamètre. Il est à présumer qu'à l'occasion de sondages subséquents, l'expérience que notre équipe aura progressivement acquise se traduira par une amélioration des avancements et une diminution des frais de main-d'œuvre.

En particulier, les prestations de personnel pour causes accidentelles ou fortuites pourront vraisemblablement être réduites.

La combinaison des 3 phases de forage que nous avons adoptée, à savoir :

- 1) trou pilote 193 mm
- 2) alésage 305 mm
- 3) alésage 406/610/813 mm

et qui nous avait été conseillée en Allemagne, n'est peut-être pas la plus rapide d'exécution ni la plus économique ; aussi à l'occasion d'un futur sondage, nous avons l'intention d'essayer la suivante :

- 1) trou pilote 193 mm
- 2) alésage 305/406 mm
- 3) alésage 610/813 mm.

Dès lors, la comparaison des deux formules nous sera possible.

Le matériel Turmag P 30 utilisé, tant machine que barres, nous a donné entière satisfaction ; aucun bris de barres ne fut relevé. D'autre part, une visite minutieuse de l'intérieur de la sondeuse effectuée en nos ateliers n'a révélé, après usage, aucune trace notable d'usure ni de fatigue.

Par contre, la mise hors service des tricônes et aléseurs s'est avérée très rapide ; en gros, un jeu complet de tricônes et d'aléseurs fut consommé pour les 111 m de trou. Il paraît que les tricônes américains ont une vie supérieure de 20 à 25 % aux tricônes allemands, mais par contre leur coût diffère dans la même proportion. Nous ne pouvons toutefois pas faire grief à la firme Söding und Halbach des deux ruptures de col de l'alésieur 406 mm que nous avons eu à déplorer ; en effet, un tel outil avait été calculé pour travailler seul et non pour

subir la charge additionnelle de deux aléseurs supplémentaires.

La firme a d'ailleurs depuis lors modifié sa fabrication dans le sens du renforcement de la section du col et de plus a réalisé un assemblage plus rationnel des molettes sur le corps de l'outil. L'encastrement des axes dans le corps s'effectuera par portée conique avec blocage par écrou : cette disposition rendra possible le rappel d'un jeu éventuel et permettra le remplacement aisé, sur le chantier, d'une molette avariée.

L'examen des différents postes du prix de revient du mètre de sondage suggère les considérations suivantes :

1) L'amortissement de la sondeuse a été effectué en tablant sur l'exécution annuelle de 500 m de trou de sonde ; il est évident qu'une utilisation plus intensive de la machine réduira prorata temporis l'importance de cette dépense.

2) La consommation en tricônes constitue le poste le plus lourd du prix de revient (38,18 %). Son importance s'avère, dans notre sondage, anormalement élevée. La traversée d'un banc massif de 15 m d'épaisseur de grès très abrasif constitua en effet un sérieux handicap et fut la cause d'une usure prématurée.

D'autre part, il est permis d'espérer que des améliorations techniques apportées à la fabrication allongeront la vie des tricônes et en abaisseront le coût.

Compte tenu des contractions possibles énumérées ci-dessus, nous estimons que les coûts unitaires normaux du mètre de sondage au diamètre de 813 mm seraient les suivants :

1) en grès	9.000 F
2) en psammites et micaschistes	4.800 F
3) en schistes et rocs	2.800 F

Il est évident que l'allègement du prix de revient du mètre de trou de sonde à grand diamètre contribuera efficacement à l'extension de la méthode de creusement de puits par recarrage d'un avant-trou préalable, technique dont l'avenir est d'ores et déjà assuré.