

À la recherche du pétrole oublié

Un troisième progrès technique majeur, le «forage dirigé», permet de reprendre l'exploitation de gisements taris à un coût moindre que l'injection. Les ingénieurs de l'industrie pétrolière disposent aujourd'hui d'équipements variés afin de forer dans n'importe quelle direction, à plusieurs kilomètres de profondeur.

La méthode classique de forage est la mise en rotation sur son axe d'un long train de tiges d'acier terminé par un trépan : la rotation communiquée en surface se transmet aux tiges de profondeur. Par cette méthode, on ne peut pas toujours contourner des massifs rocheux : la courbure risque de casser le train de tiges en rotation. Ainsi a-t-on mis au point des trains de tiges de forage téléguidés, munis d'un moteur à boue à leur extrémité, au voisinage du trépan ; seules tournent les dents aux pointes de diamant qui creusent la roche. Un segment spécial, entre le moteur à boue et le trépan, commande la direction du forage.

Un forage de plusieurs kilomètres, pour atteindre une zone pétrolifère d'une épaisseur de quelques dizaines de mètres seulement, est un travail de dentellière. Les Sociétés Schlumberger, Halliburton et d'autres compagnies pétro-

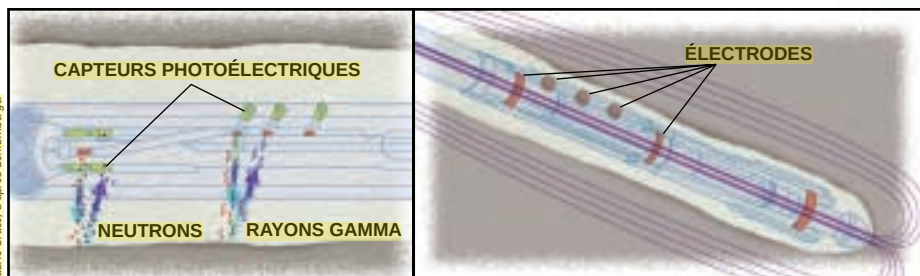
lières internationales ont conçu des capteurs complexes qui améliorent considérablement la précision des forages. Ces capteurs, qui fonctionnent jusqu'à des profondeurs de 6 000 mètres et jusqu'à des températures de 200 °C, sont fixés sur la tige de forage, juste au-dessus ou au-dessous du moteur à boue. Certains de ces capteurs mesurent la résistance électrique de la roche environnante ; d'autres émettent des neutrons et des rayons gamma, puis analysent l'écho renvoyé par les roches et par les fluides présents dans les pores de ces roches. Ces mesures, ainsi que la détermination de la position du trépan (par un système de guidage inertiel), sont alors transmises en surface sous la forme de pulsations du même courant de boue que celui qui actionne le moteur et qui lubrifie les parois du puits. Se fondant sur ces données, les ingénieurs qui commandent le forage dévient la trajectoire du trépan et guident celui-ci vers les zones les plus riches du gisement.

Une fois le forage terminé, les ouvriers installent classiquement un équipement de production au fond du puits. Plusieurs compagnies mettent aujourd'hui au point des capteurs capables de détecter le mélange de pétrole, de gaz et d'eau, et ils envisagent des systèmes pour séparer l'eau de ce mélange et la réinjecter sous la couche de pétrole.

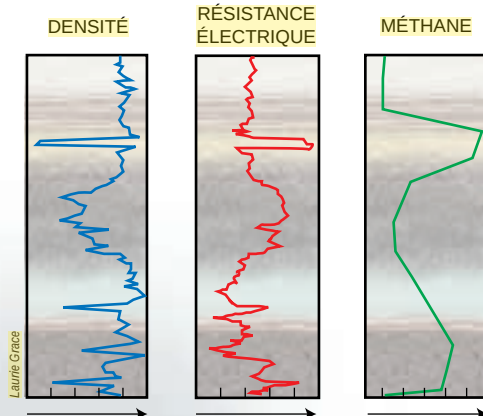
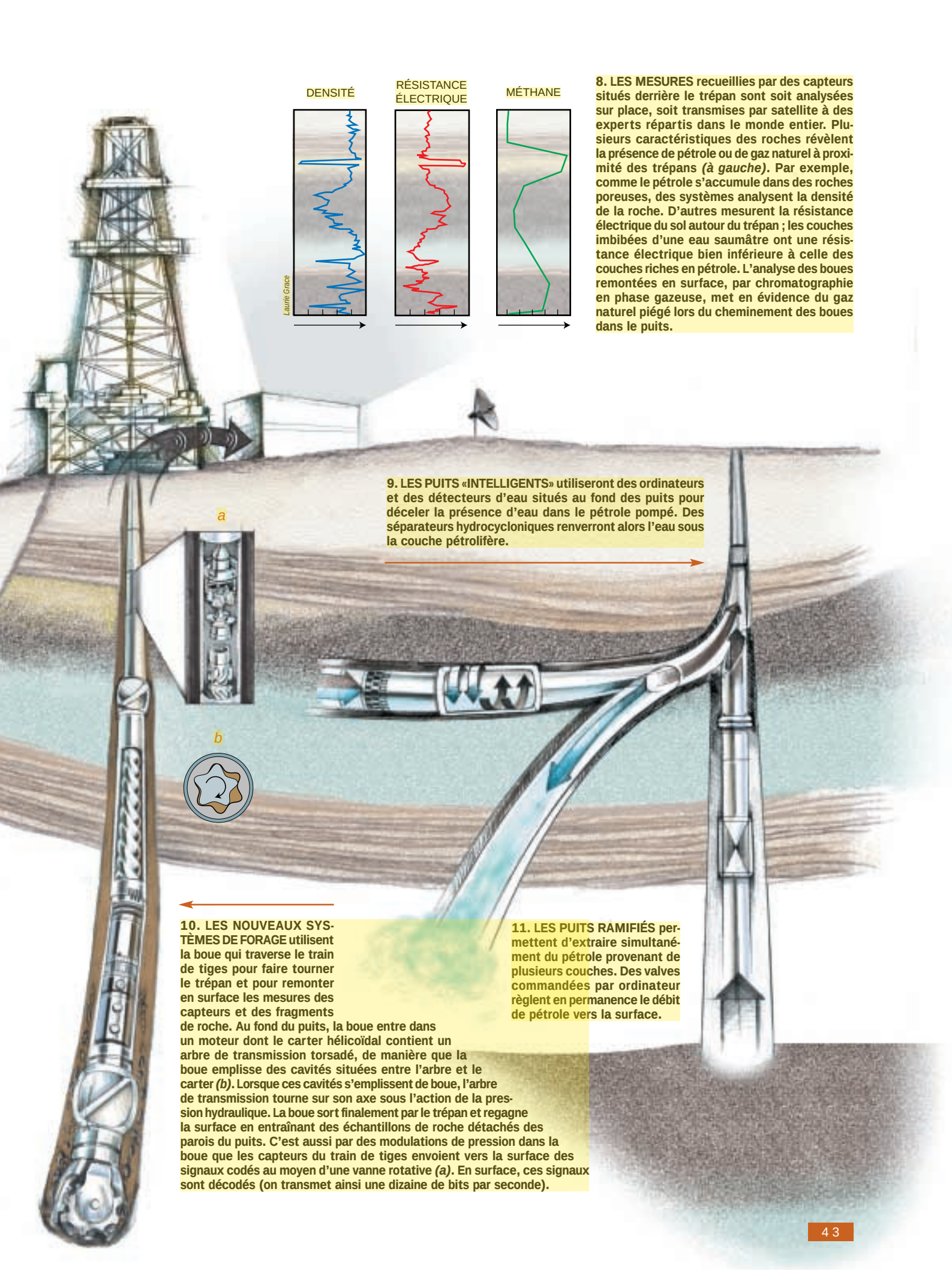
5. LE FORAGE HORIZONTAL était difficile quand on faisait tourner des trains de tiges de forage atteignant 5 800 mètres de longueur. Aujourd'hui, les trépan sont mis en rotation par des moteurs qui équipent l'extrémité inférieure des trains de tiges : la direction de forage peut ainsi être modifiée de 90 degrés en moins d'une centaine de mètres. L'arbre du moteur est relié au trépan par un système de transmission situé dans un tronçon incurvable du train de tiges.



6. CETTE CONSOLE DE FORAGE permet à un ingénieur de surveiller des capteurs proches du trépan afin de savoir si celui-ci est dans la bonne direction pour forer la couche qui contient du pétrole. Le trépan peut alors être orienté.



7. DES CAPTEURS situés derrière le trépan détectent le pétrole, l'eau et le gaz naturel. Un système mesure la porosité de la roche environnante en émettant des neutrons, qui sont réfléchis par les atomes d'hydrogène. Un autre système détermine la densité du milieu en émettant des rayons gamma qui interagissent avec les atomes voisins. Enfin, la présence de pétrole et d'eau modifie la résistance électrique des roches ; on mesure cette résistance en faisant circuler dans la roche un courant électrique à partir d'électrodes situées sur la paroi du train de tiges.



8. LES MESURES recueillies par des capteurs situés derrière le trépan sont soit analysées sur place, soit transmises par satellite à des experts répartis dans le monde entier. Plusieurs caractéristiques des roches révèlent la présence de pétrole ou de gaz naturel à proximité des trépan (à gauche). Par exemple, comme le pétrole s'accumule dans des roches poreuses, des systèmes analysent la densité de la roche. D'autres mesurent la résistance électrique du sol autour du trépan ; les couches imbibées d'une eau saumâtre ont une résistance électrique bien inférieure à celle des couches riches en pétrole. L'analyse des boues remontées en surface, par chromatographie en phase gazeuse, met en évidence du gaz naturel piégé lors du cheminement des boues dans le puits.

9. LES PUIITS «INTELLIGENTS» utiliseront des ordinateurs et des détecteurs d'eau situés au fond des puits pour déceler la présence d'eau dans le pétrole pompé. Des séparateurs hydrocycloniques renverront alors l'eau sous la couche pétrolière.

10. LES NOUVEAUX SYSTÈMES DE FORAGE utilisent la boue qui traverse le train de tiges pour faire tourner le trépan et pour remonter en surface les mesures des capteurs et des fragments de roche. Au fond du puits, la boue entre dans un moteur dont le carter hélicoïdal contient un arbre de transmission torsadé, de manière que la boue remplisse des cavités situées entre l'arbre et le carter (b). Lorsque ces cavités s'emplissent de boue, l'arbre de transmission tourne sur son axe sous l'action de la pression hydraulique. La boue sort finalement par le trépan et regagne la surface en entraînant des échantillons de roche détachés des parois du puits. C'est aussi par des modulations de pression dans la boue que les capteurs du train de tiges envoient vers la surface des signaux codés au moyen d'une vanne rotative (a). En surface, ces signaux sont décodés (on transmet ainsi une dizaine de bits par seconde).

11. LES PUIITS RAMIFIÉS permettent d'extraire simultanément du pétrole provenant de plusieurs couches. Des valves commandées par ordinateur règlent en permanence le débit de pétrole vers la surface.