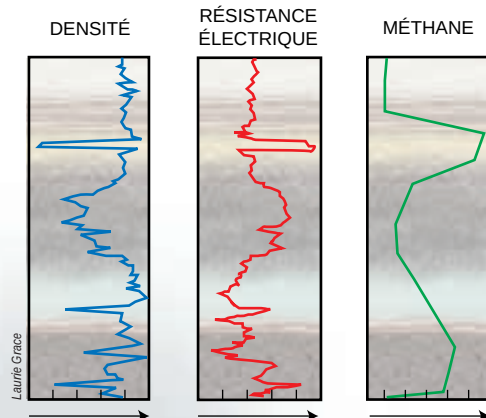




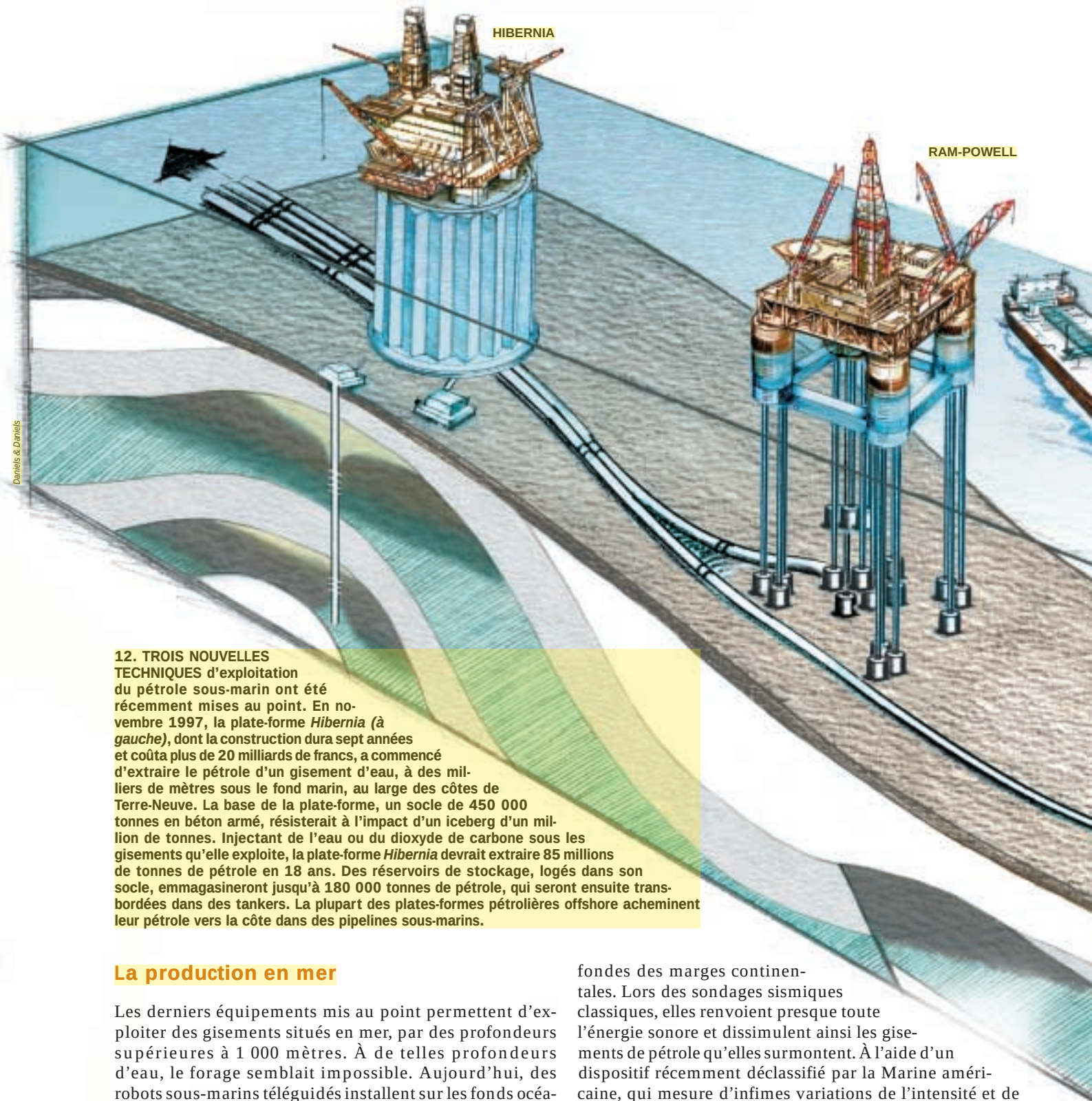
8. LES MESURES recueillies par des capteurs situés derrière le trépan sont soit analysées sur place, soit transmises par satellite à des experts répartis dans le monde entier. Plusieurs caractéristiques des roches révèlent la présence de pétrole ou de gaz naturel à proximité des trépan (à gauche). Par 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.



12. TROIS NOUVELLES TECHNIQUES d'exploitation du pétrole sous-marin ont été récemment mises au point. En novembre 1997, la plate-forme *Hibernia* (à gauche), dont la construction dura sept années et coûta plus de 20 milliards de francs, a commencé d'extraire le pétrole d'un gisement d'eau, à des milliers de mètres sous le fond marin, au large des côtes de Terre-Neuve. La base de la plate-forme, un socle de 450 000 tonnes en béton armé, résisterait à l'impact d'un iceberg d'un million de tonnes. Injectant de l'eau ou du dioxyde de carbone sous les gisements qu'elle exploite, la plate-forme *Hibernia* devrait extraire 85 millions de tonnes de pétrole en 18 ans. Des réservoirs de stockage, logés dans son socle, emmagasineront jusqu'à 180 000 tonnes de pétrole, qui seront ensuite transbordées dans des tankers. La plupart des plates-formes pétrolières offshore acheminent leur pétrole vers la côte dans des pipelines sous-marins.

La production en mer

Les derniers équipements mis au point permettent d'exploiter des gisements situés en mer, par des profondeurs supérieures à 1 000 mètres. À de telles profondeurs d'eau, le forage semblait impossible. Aujourd'hui, des robots sous-marins téléguidés installent sur les fonds océaniques un matériel qui évite les jaillissements du pétrole malgré sa pression élevée. Le pétrole produit par ces puits sous-marins sera ensuite acheminé, par de longs pipelines, vers des tankers servant de stockage et vers des plates-formes assises en eaux moins profondes. De telles installations existent déjà, et plusieurs compagnies prévoient d'en construire de nouvelles dans le golfe du Mexique et au large des côtes de la Norvège, du Brésil et de l'Afrique de l'Ouest.

Les compagnies apprennent également à mieux détecter les couches de terrain contenant le pétrole. De grandes couches horizontales de sel et de basalte se trouvent parfois sous la surface du fond océanique, dans les eaux pro-

fondes des marges continentales. Lors des sondages sismiques classiques, elles renvoient presque toute l'énergie sonore et dissimulent ainsi les gisements de pétrole qu'elles surmontent. À l'aide d'un dispositif récemment déclassifié par la Marine américaine, qui mesure d'infimes variations de l'intensité et de la direction du champ gravitationnel, les géophysiciens voient aujourd'hui sous ces couches de sel ou de basalte.

Bien que l'extraction du pétrole profondément enfoui sous les océans reste très coûteuse, les dix plus grosses compagnies pétrolières ont déjà découvert, à ces profondeurs, de nouveaux gisements, qui accroîtront de cinq pour cent leurs réserves pétrolières. Cet accroissement n'est pas encore comptabilisé dans les réserves mondiales.

Les techniques de prospection et de production pétrolières continueront de progresser au XXI^e siècle. Elles n'éviteront probablement pas une pénurie possible de pétrole brut, mais elles donneront le répit nécessaire pour que les économies mondiales s'adaptent à d'autres sources d'énergie.