

CHRONIQUE

Le four à coke système Becker

(D'après un article de l'« Iron and Coal Trades Review »,
du 8 août 1924.)

PAR

CH. DEMEURE

Ingénieur au Corps des Mines, à Mons.

Le four dont nous allons entreprendre l'étude a été imaginé récemment par M. JOSEPH BECKER, ingénieur-conseil de la Compagnie Américaine Koppers. Dès ses débuts, il a joui d'une vogue assez considérable : 14 usines Becker, représentant un total de 883 fours, sont actuellement en construction ou en marche aux Etats-Unis; d'autre part, une société anglaise (1) a conclu un arrangement avec la Compagnie Américaine Koppers, pour s'assurer la construction de ces appareils dans les pays ressortissant à l'Empire britannique.

Cette vogue est due à des avantages réels, qui se trouvent exposés, en partie, dans l'article de l'« Iron and Coal Trades Review » que nous nous proposons d'analyser ci-après. Nous pensons, toutefois, que cet article ne met pas en lumière un des avantages essentiels du four Becker — celui qui constitue, à notre avis, l'explication de sa grande rapidité de marche et, partant, de sa productivité et de son économie. Nous avons cru utile de combler cette lacune dans les pages qui vont suivre.

* * *

Le four Becker est, comme la plupart des fours à coke modernes à régénération de chaleur, du type dit « à carneaux verticaux ». On sait que, dans ce genre d'appareils, la combustion du gaz, servant au chauffage des chambres de distillation du charbon, s'effectue dans des carneaux verticaux, ménagés

(1) The Woodhall Duckham Company Ltd, 52, Grosvenor Gardens, Westminster, London.

dans l'épaisseur des parois latérales ou « piédroits » de chaque chambre.

La supériorité des fours de ce type sur ceux dits « à carneaux horizontaux » semble, d'après certains, chose établie, malgré des inconvénients qui ne laissent pas d'être assez sensibles et auxquels de nombreux inventeurs se sont efforcés de remédier. Nous voudrions rappeler brièvement ces inconvénients à l'attention des lecteurs des « Annales », avant d'analyser l'article de l'« Iron and Coal Trades Review ».

Considérons, par exemple, le piédroit d'une des chambres de distillation d'un four Koppers. Dans ce piédroit sont ménagés 30 carneaux verticaux, répartis en deux groupes de 15. Pendant une période de marche, le gaz combustible, amené par une conduite, et l'air réchauffé venant du régénérateur correspondant, sont admis au bas des carneaux du groupe de gauche. Ils brûlent en montant à l'intérieur de ces carneaux. Leurs produits de combustion sont repris par un canal horizontal supérieur, qui les dirige vers les carneaux du groupe de droite : ils parcourent ces carneaux dans le sens descendant, puis sont envoyés au régénérateur de droite dont ils échauffent les empilages, et enfin sont évacués vers la cheminée par une galerie collectrice.

Après une période de marche, on procède au renversement des courants gazeux. La combustion du gaz s'effectue alors dans les carneaux du groupe de droite, qui deviennent « carneaux montants », tandis que ceux du groupe de gauche deviennent « carneaux descendants ».

Ce dispositif présente de graves inconvénients, dont nous allons énumérer les principaux.

1° La température obtenue dans la chambre de distillation du charbon n'est pas uniforme dans le sens de la longueur de la chambre.

En effet, les carneaux montants, où s'effectue la combustion du gaz, chauffent beaucoup plus que les carneaux descendants, où ne circulent que des gaz déjà brûlés. Dans leur remarquable traité sur les fours à coke (1), MM. LECOCQ ont établi que les carneaux montants fournissent 90 % de la chaleur transmise par le piédroit. Il suit de là que la partie de la charge située en face des carneaux

(1) « Les Fours à Coke, étude théorique et pratique », par EUGÈNE et LOUIS LECOCQ (Paris, Dunod et Pinat, 1919), pp. 158 et suivantes.

montants est portée à une température beaucoup plus élevée que celle située en face des carneaux descendants.

Les inversions répétées du sens de la circulation des gaz permettent, à la vérité, de porter finalement toute la charge à la température requise pour la cokéfaction ; mais la durée de cette opération devient forcément assez longue, en raison de l'interruption ou du ralentissement périodiques de la cuisson du charbon aux endroits du four situés vis-à-vis des carneaux descendants. La cuisson s'opère, en somme, successivement et par moitiés de la charge, au lieu de s'effectuer simultanément et en une fois.

La cuisson d'une charge, dans un four Koppers, demande de 20 à 30 heures. Cette longue durée est préjudiciable à la productivité, et partant à l'économie du four ; elle augmente d'ailleurs notablement les pertes de chaleur extérieures.

2° Impossibilité de tenir compte du rétrécissement des chambres du côté de la défourneuse. On sait que, pour permettre le défournement, les chambres sont plus étroites du côté de la défourneuse que du côté opposé : la charge y a donc moins d'épaisseur et demande, par suite, moins de chaleur pour sa cuisson.

Il est impossible de tenir compte de ce fait dans le four Koppers. En supposant même que l'on parvienne à régler les orifices d'entrée des carneaux verticaux, de manière à doser les quantités d'air et de gaz admises d'après l'épaisseur de la charge aux différents endroits du four, on ne pourra faire varier la quantité d'air admise dans l'une ou l'autre moitié du piédroit, puisqu'elle dépend uniquement du tirage de la cheminée, lequel est constant quel que soit le côté du piédroit par lequel s'opère l'admission. De plus, l'air admis du côté de la défourneuse, où le moins de chaleur est nécessaire, a été réchauffé au moyen des calories provenant de la combustion effectuée du côté opposé, où le plus de chaleur doit être produit. Il y a là une anomalie qu'il est impossible de corriger.

Cette impossibilité entraîne, comme conséquence, que le côté « défourneuse » est cuit avant l'autre : ce dernier ne peut être porté, à son tour, à la température de cuisson que moyennant une prolongation de la durée de chauffe, pendant laquelle le côté « défourneuse » sera inévitablement surcuit.

3° Enfin, d'après l'article de l'« Iron and Coal Trades Review », la présence d'un canal horizontal supérieur de grandes dimen-

sions (ce qui est nécessaire puisqu'il doit collecter tout le gaz venant des 15 carneaux montants pour le diriger vers les 15 carneaux descendants), exerce une influence défavorable sur la bonne répartition de la chaleur dans le sens vertical. La température des chambres est moins élevée au sommet qu'à la base; et cette décroissance, qui est en général recherchée dans les fours à coke afin de préserver la zone supérieure où se rassemble le gaz, contre les températures élevées, est ici trop accentuée. Il en résulte que la partie inférieure des charges est cuite avant leur sommet, et qu'il faut, dès lors, prolonger la durée de chauffe pour cokéfier la partie supérieure, ce qui amène une « surcuisson » de la partie inférieure.

La fig. 1 représente la progression de la cuisson, suivant la verticale, dans la chambre d'un four Koppers (ancien type) de l'usine américaine de Providence. On voit qu'au bout de 18 heures 24 minutes, la température requise pour la cuisson (1800° Fahrenheit, soit 982° C.) était réalisée à 2 pieds du bas de la charge : mais, vis-à-vis du canal horizontal supérieur, la température n'était alors que de 1560° Fahrenheit (849° C.). Pour porter le sommet de la charge, situé au-dessus du canal horizontal, à la température de 1800° F. nécessaire pour la cuisson, il a fallu prolonger la durée de chauffe jusqu'à 21 h. 12 min. A ce moment, le bas de la charge était soumis à une température de 1930° F., et, par conséquent, surcuit.

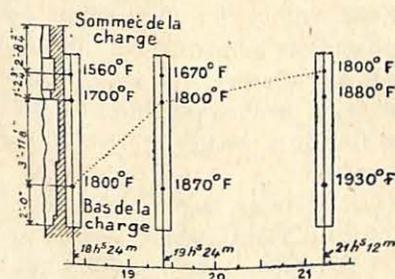


FIG. 1.

Progression de la cuisson, suivant la verticale, dans la chambre d'un four Koppers (ancien type) de l'usine de Providence (U. S.)

Ces trois inconvénients, dont le premier, à notre avis, est le plus important, entraînent, pour le four à carneaux verticaux, une augmentation de la durée de chauffe, accompagnée d'une « surcuisson » de certaines parties de la charge. Ils ne sont pas inhérents, cependant, à la verticalité des carneaux, mais bien à leur accollement par séries montantes ou descendantes, ce qui amène la création périodique, dans les piédroits, de zones chaudes et de zones froides de grandes dimensions.

Pour y remédier, certains inventeurs ont modifié les conditions dans lesquelles s'opère la combustion du gaz. C'est ainsi que KOPPERS a été amené à rendre la combustion incomplète dans les carneaux montants, pour pouvoir la prolonger dans le canal horizontal supérieur et jusqu'à la tête des carneaux descendants, qui deviennent, ainsi, carneaux « chauffants ». De même, COLLIN a imaginé de faire circuler les gaz dans le même sens à la fois dans tous les carneaux : ces derniers sont donc tous « montants » pendant une période, et « descendants » pendant la suivante, et la combustion du gaz s'opère soit au pied, soit à la tête des carneaux. Mais c'est précisément cette combustion du gaz à la tête des carneaux descendants qui constitue le vice de ce genre de remèdes, car elle supprime la décroissance de température du bas vers le haut du piédroit, surchauffe la partie supérieure de la chambre de distillation et augmente la consommation de chaleur pour le chauffage du four.

D'autres se sont attachés à réduire le nombre de carneaux montants ou de carneaux descendants accolés par séries, quitte à augmenter le nombre de ces dernières. C'est ainsi que les 32 carneaux du four Otto sont répartis en 4 séries, dont 2 de 8 carneaux montants et 2 de 8 carneaux descendants, alternant l'une avec l'autre. De même, COPPÉE a divisé les 30 carneaux de son four en 10 séries de 3 carneaux, les séries montantes alternant avec les séries descendantes. La solution parfaite consiste à faire alterner chaque carneau montant avec un carneau descendant. Ainsi, chaque zone « froide » est accompagnée d'une zone « chaude » : le peu d'étendue de ces zones permet aux zones chaudes de faire sentir partout leur action et d'uniformiser vraiment la température d'un bout à l'autre des fours. Cette solution a été appliquée par M. LEGOCQ, dans les fours de son invention.

Une troisième solution, dont on ne peut dire encore si elle est aussi parfaite que la précédente, est celle qui vient d'être ima-

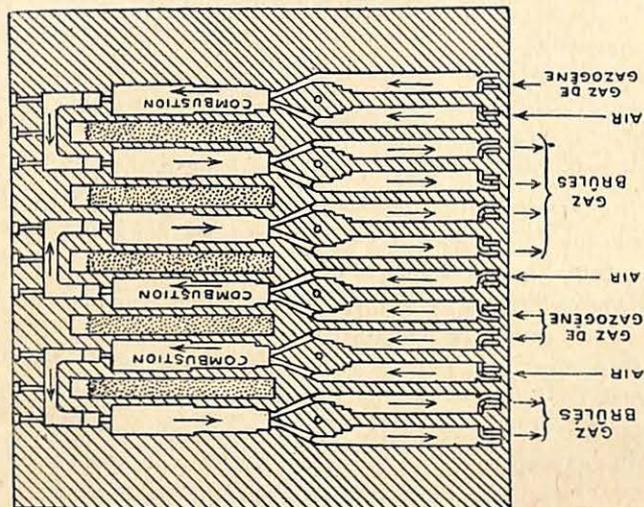


Fig. 3.
Même figure.
(Après une inversion).

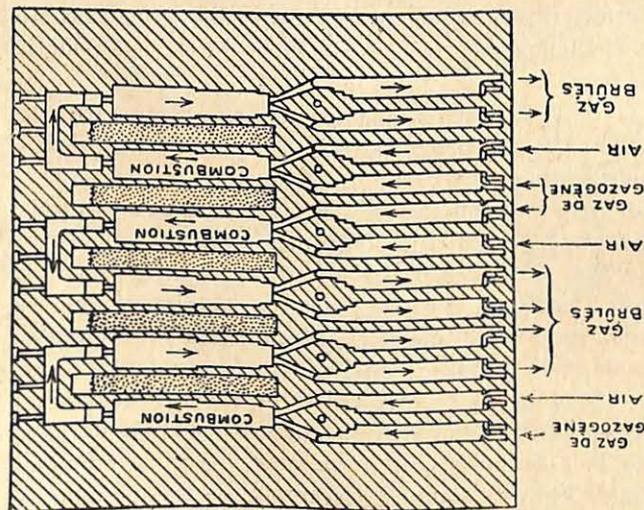


Fig. 2.
Coupe transversale schématique d'un four Becker,
montrant le mode de chauffage de ce four.
(Cette coupe est faite dans l'hypothèse où le four est chauffé
à l'aide de gaz de gazogène).

ginée par M. BECKER et dont nous allons donner la description, d'après l'article de l'« Iron and Coal Trades Review ».

Cette solution consiste (v. schéma fig. 2) à mettre en communication deux piédroits voisins, par le moyen de canaux supérieurs transversaux, passant par-dessus les chambres; et à faire fonctionner, dès lors, tous les carneaux d'un même piédroit comme carneaux montants, et tous ceux du piédroit voisin comme carneaux descendants. Après une période de marche, la circulation des gaz est renversée (fig. 3).

Dans ces conditions, les zones chauffantes se trouvent réparties uniformément sur toute la longueur du piédroit. Cette uniformité n'existe plus, il est vrai, dans le sens de la largeur des chambres, et le saumon de charbon n'est chauffé que sur une de ses parois à la fois : mais cet inconvénient est relativement peu sensible, en raison de la faible largeur des chambres de distillation modernes, et les inversions répétées suffisent pour obtenir une température égale en tous points de la masse.

La fig. 4 est une coupe longitudinale pratiquée dans un piédroit du four. Celui-ci comprend 27 carneaux verticaux, aboutissant à un canal longitudinal supérieur qui les met en communication avec 6 carneaux transversaux allant vers le piédroit voisin. Le canal longitudinal supérieur est donc conservé, mais ses dimensions sont notablement réduites, car il n'a plus à conduire que le gaz d'un petit nombre de carneaux verticaux vers le canal transversal le plus proche. On peut, dès lors, lui donner une section suffisamment faible pour qu'il n'exerce plus d'influence défavorable sur la bonne répartition de la chaleur dans le sens vertical.

La fig. 4 permet, également, de remarquer la prépondérance des briques de silice, parmi les matériaux réfractaires employés à la construction de ces fours.

La fig. 5 montre la répartition des températures à l'intérieur des chambres, au moment où la cuisson est achevée. Ce relevé a été fait dans les fours d'essai de l'usine Becker, à Chicago, laquelle comprend 5 fours de 37 pieds de longueur entre portes, 11 pieds 8 pouces de haut et 14 pouces de largeur. Il montre que la distribution de la chaleur dans le four Becker est uniforme, avec une légère décroissance du bas vers le haut. La température

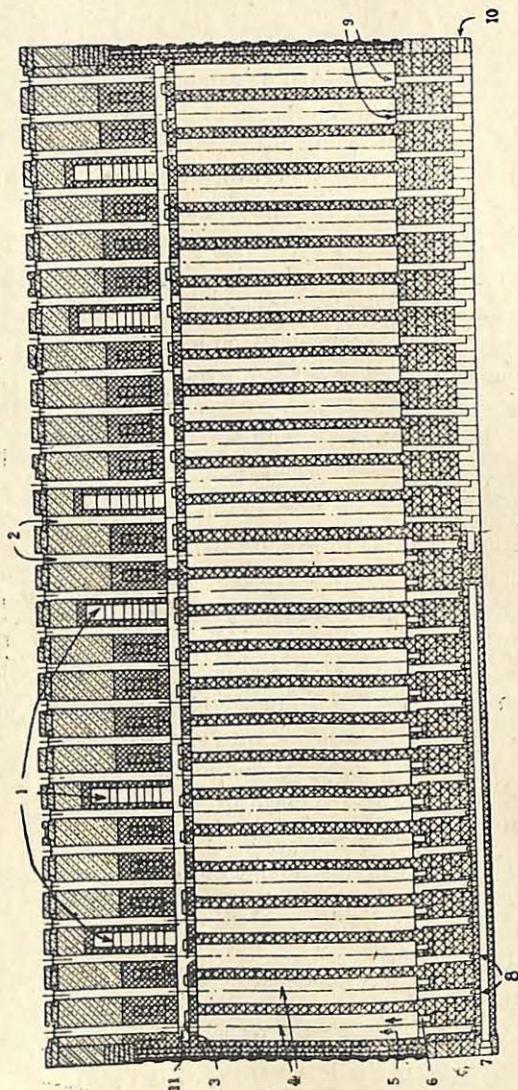


Fig. 4.
Coupe longitudinale pratiquée dans le piedroit d'un four Becker

1. Carneaux supérieurs transversaux.
2. Trous de regard des carneaux verticaux.
3. Briques glissantes pour le réglage des sections de passage.
4. Carneaux verticaux.
5. Admission du gaz de chauffage.
6. Admission de l'air réchauffé.
7. Conduite de distribution du gaz de chauffage.

8. Conduits d'admission du gaz de chauffage.
9. Conduits d'admission de l'air réchauffé venant des régénérateurs.
10. Trou de regard du sommet des régénérateurs
11. Canal longitudinal supérieur.

 Briques de silice.
 Briques silico-alumineuses.

du bas de la charge est de $1850^{\circ} F.$, celle du haut de $1800^{\circ} F.$, et celle de la zone supérieure où se rassemblent les gaz est de $1675^{\circ} F.$ seulement, ce qui protège les hydrocarbures contre le cracking. Cette uniformité de température dans le sens vertical, *et surtout dans le sens longitudinal* (ce dont l'article de l'« Iron and Coal Trades Review » ne fait point mention), a permis de cokéfier la charge pendant le temps remarquablement court de 10 heures 30 minutes.

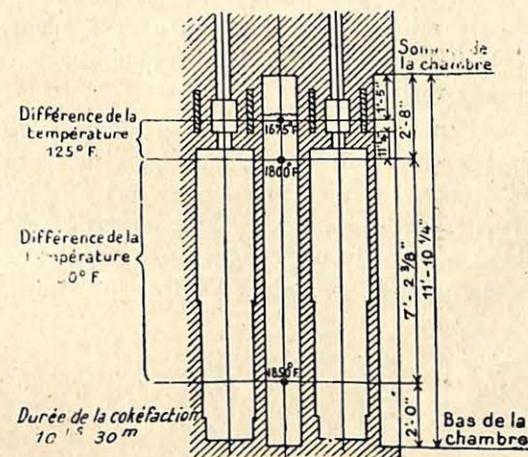


FIG. 5.

**Répartition des températures dans un four Becker
au moment où la cuisson est achevée.**

Il convient de remarquer que l'on peut augmenter à volonté la hauteur des carneaux verticaux et la longueur des chambres (c'est-à-dire la capacité du four) sans devoir renforcer la section du canal longitudinal : car il suffit d'accroître, en proportion, le nombre des canaux transversaux supérieurs, de manière que chacun d'eux n'ait jamais à recevoir, par l'intermédiaire du canal longitudinal, que le gaz provenant d'un petit nombre de carneaux verticaux.

Les admissions de gaz et d'air, dans les carneaux verticaux, sont réglées de manière à fournir, en chaque endroit, une quantité de chaleur proportionnelle à l'épaisseur de la charge. D'autre part, le four est divisé longitudinalement en sections: les gaz

entrant dans chaque section sont régénérés par les produits de combustion provenant de la même section, de sorte que les gaz entrants reçoivent une quantité de chaleur sensible proportionnelle à celle qui est requise dans la section où ils sont introduits. Ces perfectionnements ont permis au constructeur de tenir compte du rétrécissement des chambres du côté de la défourneuse, et de remédier ainsi au dernier inconvénient des fours à carnaux verticaux.

Un autre détail important du four Becker est l'orifice réglable d'admission d'air qui rend possible de modifier à volonté la direction suivant laquelle l'air venant des régénérateurs est injecté dans les carnaux verticaux.

La fig. 6 est une coupe de cet orifice, dont la disposition permet de projeter l'air suivant un angle plus ou moins aigu, et, par suite, de déterminer la combustion du gaz à la hauteur que l'on désire dans le carneau vertical. On parvient ainsi à obtenir, suivant les besoins, une flamme longue ou courte, et on évite en même temps tout remous de l'air à l'entrée du carneau.

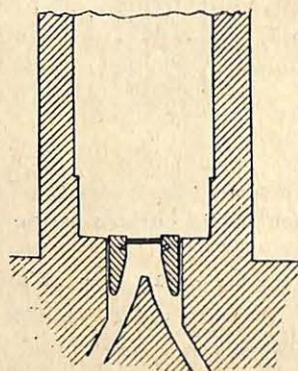


FIG. 6.

Coupe à travers l'orifice réglable d'admission d'air d'un four Becker

Les avantages et perfectionnements que nous venons d'énumérer donnent, au four Becker, deux qualités importantes : une grande rapidité de marche, et en même temps la possibilité d'accroître indéfiniment sa capacité. Les fours construits pour la « Columbia Steel Company » contiennent 13 1/2 tonnes de charbon par cham-

bre : ils ont 42 pieds 2 1/2 pouces (12^m,865) de long, 13 pieds (3^m,97) de haut et 14 pouces (0^m,35) de largeur moyenne : ils répondent, on le voit, à la demande actuelle de fours étroits de grande capacité.

Les résultats suivants ont été obtenus dans l'usine de la « Weirton Steel Company » (Weirton, West-Virginia, U. S. A.) qui possède 37 fours Becker.

Production des fours Becker de l'usine de Weirton pendant le mois de décembre 1923 :

Durée de cokéfaction (temps brut)	=	11 h. 46 min.
Idem (temps net)	=	11 h. 26 min.
Tonnage de charbon traité par jour et par chambre	=	25,5 tonnes.
Coke de haut fourneau produit par jour dans l'ensemble de la batterie :	=	590 tonnes.
Rendement total en coke par tonne de charbon	=	75,75 %.
Rendement en coke de haut fourneau id.	=	63,07 %.
Rendement en coke domestique id.	=	6,98 %.
Rendement en « breeze » id.	=	5,70 %.
Production totale de gaz par tonne de charbon	=	12.700 pieds cubes.
Production de goudron id.	=	11 gallons.
Production de sulfate d'ammoniaque id.	=	28,2 lbs.
Production d'huiles légères id.	=	3,6 gallons.

Les analyses moyennes du charbon employé et du coke produit sont données ci-après :

	Charbon	Coke
Humidité	2,73 %	1,11 %
Cendres	9,25 %	11,79 %
Soufre	1,01 %	0,72 %
Matières volatiles	33,60 %	0,67 %
Carbone fixe	57,17 %	87,85 %

Le goudron obtenu est de faible densité, riche en créosote et en anthracène, et d'une acidité élevée. Il se rapproche assez du

goudron obtenu par les procédés de distillation à basse température, et convient pour le créosotage et la préservation des bois. Le sulfate possède un bon degré standard, avec de grands cristaux blancs purs.

L'intérêt du four inventé par M. BECKER réside dans la solution entièrement originale qu'il a imaginée, pour remédier aux inconvénients des fours à carneaux verticaux. Il serait intéressant de comparer ses résultats avec ceux obtenus, dans des conditions analogues, par d'autres constructeurs, tels que MM. LECOCQ, qui sont parvenus à résoudre les mêmes difficultés au moyen de dispositifs différents. Nous ne disposons pas en ce moment, à notre grand regret, des éléments qui nous permettraient de faire cette étude, mais nous ne désespérons pas de pouvoir l'effectuer quelque jour.

La Balance de torsion Eötvös et son application à la prospection

Par le Capitaine H. Shaw. M. Sc. et E. Lancaster-Jones. B. A. (Cantab.)

« *The Mining Magazine* » Janvier et février 1925.

NOTE RÉSUMÉE

par G. BACQ

Ingénieur au Corps des Mines.

Attaché à l'Institut national des Mines, à Frameries.

Principe de la balance et de la méthode.

Diverses méthodes ont été proposées pour déterminer la composition de la croûte terrestre sans avoir recours au creusement de sondages coûteux et longs; elles utilisent celles des propriétés physiques des minéraux et des roches qui sont susceptibles de se manifester à distance; d'où leur nom de méthodes d'explorations géophysiques.

L'article que nous résumons concerne l'une d'elles — la méthode de la gravité — basée sur l'observation des variations de la pesanteur; on sait, en effet, que la valeur du champ d'attraction en un point de la surface terrestre est modifiée au voisinage d'un corps de densité anormale situé de part ou d'autre de cette surface.

Le pendule permet de mesurer la pesanteur et, par conséquent, d'en connaître les variations, à condition, toutefois, que celles-ci soient suffisamment importantes, attendu qu'elles apparaissent comme la faible différence entre deux valeurs du même ordre de grandeur: ainsi, cet instrument utile pour les recherches géodésiques n'est plus assez sensible dès qu'il s'agit de recherches géologiques ou minières sur des espaces plus restreints.