

ÉTUDE SUR LE DÉPOUILLEMENT AUTOMATIQUE DES DONNÉES BATHYMÉTRIQUES

par Stuart M. SMITH

Université de Californie, San Diego, La Jolla, Californie

Note sur l'auteur. — M. Stuart M. SMITH a obtenu le diplôme de *Bachelor of Arts* en géologie au Collège Oberlin en 1958, et le diplôme de *Master of Arts* en géologie à l'Université de Harvard en 1960. Depuis il a été employé comme géologue de recherche à la Scripps Institution of Oceanography où il a travaillé à la bathymétrie de l'océan Pacifique ainsi qu'aux méthodes de dépouillement automatique des données.

I. — Introduction

L'expansion à venir du programme océanographique des Etats-Unis et l'accroissement du nombre des levés bathymétriques qui en résultera rendent désirable l'étude de méthodes de dépouillement et de stockage d'un grand nombre de données de sondages précis.

Jusqu'à maintenant, la reconnaissance bathymétrique n'a fait que délimiter les formes principales du lit des océans. Nous arrivons maintenant au stade où de nouveaux renseignements ne sont utiles que s'ils permettent de préciser les détails des mouvements principaux du fond. Dans ce but, il est nécessaire d'avoir des sondages plus nombreux et de meilleure qualité.

Le plus généralement, une sonde peut être entachée d'une erreur imputable à la navigation, d'erreurs de lecture et d'enregistrement dues au personnel, ou d'une construction graphique illisible sur des supports déformables. Le système de navigation par satellite, que l'on espère voir fonctionner dans un avenir prochain, augmentera beaucoup la précision de la navigation. Lorsqu'on aura éliminé cette principale source d'erreur, il sera bon de réduire ou d'éliminer les autres par l'emploi de techniques d'automation.

Cet article examine les méthodes automatiques susceptibles d'être employées pour dépouiller les données bathymétriques et il les compare, aux points de vue du temps, du prix et des résultats à la méthode qui est actuellement en usage à la *Scripps Institution of Oceanography*. Si des compagnies ou certaines machines sont mentionnées dans cet article c'est plutôt pour indiquer ce que l'on trouve actuellement sur le marché aux Etats-Unis, que pour recommander ce matériel. On notera que l'auteur est plutôt un spécialiste de la géologie que du dépouillement des données, de

sorte que la méthode d'automatisation suggérée ici pourrait sans aucun doute être améliorée.

II. — Méthode actuelle de dépouillement des données bathymétriques à la *Scripps Institution of Oceanography*

A. Description

Les données bathymétriques qui sont reçues à la Scripps figurent dans des cahiers où la profondeur est enregistrée telle qu'elle est lue sur le ruban du PDR (enregistreur de profondeur de précision) toutes les six minutes, soit environ une sonde par mille à 10 nœuds. L'heure de la sonde et toute remarque pertinente sur le fonctionnement de l'appareil de sondage ou sur une topographie inhabituelle sont aussi notées dans le cahier. Les renseignements généraux de navigation qui sont reçus du capitaine sont portés sur les minutes de rédaction de la série 3 000 de l'Hydrographic Office des Etats-Unis, qui couvrent les océans; ils donnent les positions déduites des observations astronomiques et de l'estime.

Bien souvent la dérive en station a été négligée, de sorte que les routes parcourues sont reconstruites ultérieurement à la Scripps en calculant la dérive moyenne d'après les points astronomiques, et en s'en servant pour retracer les routes suivies et le chemin parcouru pendant la dérive en station. On porte sur la minute les positions de six en six minutes, ainsi que les changements de route et de vitesse. Jusqu'à une date récente, les profondeurs étaient aussi inscrites sur cette feuille, mais elles sont maintenant portées directement sur des feuilles en plastique Mylar placées sur les minutes de construction. Au fur et à mesure des besoins, on reportera sur ces feuilles de Mylar les sondes intéressant une même région et provenant de croisières antérieures de façon à pouvoir construire la courbe de niveau des fonds.

B. Personnel, durée et prix

Il faut une personne pour porter les données sur les minutes, en plus de l'opérateur de quart au PDR au cours de la croisière. Il faut environ cinq heures pour corriger et porter sur l'une des feuilles de construction H.O. de la série 3 000 les sondes obtenues en deux jours de croisière (480 sondes à six minutes d'intervalle). Si le salaire est de 2,50 dollars par heure, le coût par sonde est de 2,5 cents. Puisqu'il faut environ une heure pour dépouiller 100 sondes, les résultats d'un mois de croisière nécessitent en moyenne deux semaines de travail.

La rédaction des sondes est effectuée au cours même des opérations durant certaines croisières, en particulier les croisières géologiques et géophysiques. Il n'est pas alors nécessaire de prévoir la dépense d'une personne supplémentaire à terre, et il ne s'écoule pas de longs délais à la fin de la croisière avant d'obtenir les sondes corrigées. Malheureusement, lors de certaines croisières, on n'a même pas tenu de cahier de sonde, de sorte qu'il est nécessaire de lire les rubans du PDR à terre. Il faut environ 1 jour 1/2 à un géologue et à son aide pour lire et enregistrer un ruban de PDR relatif à 10 jours de sonde; le prix de chaque sondage s'en trouve augmenté de 2,5 cents.

C. Désavantages du système actuel

On peut commettre cinq erreurs en lisant et en enregistrant les données fournies par un ruban de PDR et en les reportant sur la minute de compilation. Si plusieurs croisières se terminent en même temps, il peut se passer plusieurs mois avant que les routes et les sondes corrigées soient exploitées. Dans ce cas d'autres erreurs, sur les positions et les profondeurs, sont dues à la déformation des ozalids ou autres papiers sur lesquels les données ont été inscrites ou reportées, et à ce que les écritures y sont peu lisibles.

III. — Renseignements nécessaires pour le dépouillement des données

Pour que chaque sonde soit convenablement identifiée et évaluée, les données suivantes sont nécessaires, quelle que soit la méthode de dépouillement utilisée.

- A. Profondeur
- B. Latitude et longitude
- C. Source
- D. Classification des sondes

A. Profondeur

En utilisant un enregistreur de profondeur de précision (PDR), on peut lire le fond avec une précision de ± 1 fathom aux profondeurs auxquelles on peut obtenir un enregistrement lisible et qui se rencontrent dans la plupart des régions des océans. Dans les régions très profondes ou escarpées on peut éliminer les erreurs systématiques en appliquant les corrections de vitesse du son et de pente.

B. Latitude et longitude

Une bonne navigation astronomique donne des points précis à un ou deux milles près en utilisant les points par étoiles du matin et du soir. On peut obtenir des positions intermédiaires en employant l'estime et des droites de hauteur du soleil, ainsi qu'une latitude à midi par hauteur méridienne. L'erreur qui entache les points d'étoiles se reporte sur les positions intermédiaires qui peuvent être bien plus erronées encore si les vents et les courants varient entre les points d'étoiles.

Le système de navigation par satellite *Transit* utilisant l'effet Doppler est prévu pour entrer en fonction dans les prochaines années [1]. Quatre satellites sur orbites polaires donneront un point toutes les 110 minutes avec une précision de 1 mille ou 1/2 mille suivant l'équipement récepteur du navire. La méthode proposée nécessitera du navigateur environ une heure de calcul à l'aide de paramètres reçus du satellite à chaque passage. Le temps de calcul à bord serait considérablement réduit si le système était muni d'un dispositif permettant de perforer un ruban, et si les calculs étaient faits à terre par des machines à calculer après la croisière. On n'aurait besoin de calculer à la mer que deux ou trois points par jour pour donner une idée générale de la route qui serait ensuite améliorée par les points intermédiaires. La possibilité d'emploi de petites machines à calcu-

ler spéciales à bord du navire est actuellement en cours d'étude par le groupe qui s'occupe du système de navigation par satellite.

C. Source

Chaque sonde doit être identifiée par le nom du navire, l'institution ou l'autorité dont il dépend, et par la date. Cette identification aidera à classer les sondes selon leur qualité (voir paragraphe D ci-dessous), et à la vérification ultérieure des données originales.

D. Classification des sondes

Il est évident que, dans les régions où il existe de nombreuses sondes provenant de sources différentes, ces sondes n'ont pas toutes la même qualité. La précision de la lecture du fond est mille fois supérieure à celle de la position géographique. Le dessinateur qui trace la courbe de niveau d'une région doit donc décider quelle sonde représente la vraie profondeur en un endroit donné, et opérer une translation des autres lignes de sonde pour obtenir un ensemble cohérent. Si ce procédé devait à l'avenir être exécuté par une machine, on devrait établir une classification numérique de la qualité des sondes qui serait basée sur l'intervalle de temps qui sépare l'instant du sondage de celui du point astronomique, sur l'incertitude de la position géographique, sur les conditions de vent et de mer, et sur la correspondance des autres sondes prises sur la même route avec des sondes provenant d'autres sources de qualité connue. Eventuellement le classement pourrait être établi par la machine à calculer elle-même, mais pour le moment la personne qui introduit les données de sondes dans la machine doit attribuer un numéro de classification d'après les facteurs indiqués ci-dessus.

IV. — Dépouillement automatique des données

En général, un système automatique de dépouillement des données implique la mise des données sur des cartes ou sur un ruban de papier perforés, le transfert de ces données sur ruban magnétique, le dépouillement et l'emmagasinage dans la machine, et le report des sondes par des traceurs automatiques. On peut donc considérer les stades suivants : introduction des données, calcul et emmagasinage, et fourniture finale des données; chacun d'eux est examiné en détail dans les paragraphes suivants.

A. Introduction des données

1. *Introduction de données exploitées antérieurement*

Tout système futur doit prévoir l'incorporation de données déjà reportées, aussi bien que le dépouillement de données nouvelles. Une machine étudiée par Benson-Lehner Corp. de Santa Monica, Californie (*Large Area Record Reader*) peut porter directement sur des cartes perforées les profondeurs et les positions des sondes prises sur des minutes de rédaction et sur des cartes marines déjà publiées, en appliquant des facteurs de réduction pour compenser les déformations du papier. Le prix de la machine est de 35 000 dollars, mais au lieu d'acheter cette machine il serait plus

économique de passer un contrat avec le service de dépouillement de Benson-Lehner. La totalité des 300 000 sondes prises et reportées par la Scripps depuis 1950 pourrait être portée sur cartes au prix de 2 à 4 cents chacune, soit au prix total de 6 000 à 12 000 dollars.

2. *Données nouvelles*

a. Introduction manuelle

Dans une première phase de mise en forme des données en vue de leur exploitation automatique, les heures et les profondeurs pourraient être perforées sur des cartes d'après le cahier du PDR. Après avoir corrigé la route par la méthode actuelle, on pourrait ensuite perforer les positions et les heures de points de repère constitués par les changements de route ou de vitesse et par les arrêts aux stations. Le programme du calculateur pourrait comporter l'interpolation entre deux points de repère voisins et le calcul de la position des points intermédiaires.

Bien que cette méthode n'entraîne qu'une faible augmentation de prix pour les cartes perforées (1 cent par sonde) et un programme simple pour le calculateur, il n'en resterait pas moins la lenteur et la possibilité d'erreurs de la méthode actuelle.

b. Introduction automatique

(1) A bord : Si le système futur de navigation par satellite comporte un calculateur à bord du navire, cette machine pourrait être intégrée dans le système d'enregistrement automatique de la profondeur et de la position.

En ce qui concerne les sondes, les données pourraient être prélevées directement sur le PDR et traduites sur ruban de papier perforé (plus robuste et moins coûteux que le ruban magnétique). Comme l'écho reçu par le sondeur n'est pas toujours assez net pour être exploité par une machine, on pourrait utiliser un clavier à main pour perforer les profondeurs dans le cas de parasites importants, de couche diffusante profonde ou s'il se produit des échos multiples. L'emploi de systèmes à créneaux, tels que ceux que l'on trouve dans les enregistreurs graphiques de précision Alden, pourraient permettre l'enregistrement automatique dans des conditions meilleures que celles qui résultent de l'utilisation du PDR.

Un autre ruban de papier pourrait enregistrer les données de position provenant du système de navigation par satellite, ainsi que les changements de route et de vitesse et les arrêts aux stations. En fin de croisière, les données pourraient être transférées sur rubans magnétiques pour leur exploitation par une machine à calculer de capacité plus étendue.

(2) A terre : Une autre solution est d'utiliser après la croisière un appareil de lecture de ruban, à deux coordonnées, tel que l'Oscar N-2 fabriqué par Benson-Lehner Corp. (Publication GS 1081D). En manipulant les réticules de cet appareil, un opérateur peut perforer les profondeurs et les heures directement sur cartes à perforer et il suffit ainsi de deux heures pour dépouiller dix journées de sonde.

La lecture des rubans du PDR à terre rendrait inutile l'usage à bord d'un appareil de lecture automatique ou manuel. Un opérateur entraîné pourrait interpréter un enregistrement médiocre des sondages mieux que ne le ferait un appareil de lecture automatique et le format de l'appareil de lecture à deux coordonnées permet d'enregistrer les divers échos qui sont

reçus à la fois (fond, bedrock et couche diffusante profonde). Les désavantages de cette méthode sont le prix élevé de l'appareil de lecture de ruban à deux coordonnées (20 000 dollars), et le fait que des renseignements tels que la durée des périodes durant lesquelles le PDR n'a pas fonctionné, les changements d'échelle, etc., devraient quand même être introduits à la main sur le ruban du PDR au cours de la croisière, à moins que l'enregistreur de sonde n'en tienne compte automatiquement.

B. Emmagasinage et manipulation des données

1. Programme fondamental d'emmagasinage

Comme le résultat final sera une liste de toutes les sondes recueillies dans une région donnée, l'emmagasinage des données doit être établi par régions plutôt que par croisières. Le programme de base doit avoir pour but de diriger vers l'emmagasinage intéressant une région la portion de la route d'une croisière qui la traverse, et ayant aussi pour résultat, dans l'emmagasinage de chaque région, de classer les données dans l'ordre le plus pratique pour leur impression. Les rubans magnétiques relatifs à chacune des croisières doivent être conservés séparément dans le système d'emmagasinage en vue de vérifications ultérieures et pour pouvoir tracer les profils le long de routes individuelles.

2. Sous-programmes

En plus du programme de base destiné à augmenter et à conserver le stock, des données d'autres programmes peuvent être incluses afin de pouvoir utiliser les diverses données dans différents buts.

a) Le calculateur pourrait corriger les routes de la dérive comme il a été dit précédemment si on ne le fait pas à la main avant d'introduire les données dans la machine.

b) Si deux ou plusieurs sondes se rapportent au même endroit, un programme simple pourrait permettre de choisir celle qui a la meilleure classification (voir paragr. III, D). Eventuellement, un programme plus complexe pourrait servir à déplacer les routes dont les positions sont les plus incertaines en fonction de leurs recouvrements avec des routes dont le tracé est plus sûr.

c) Les sondes effectuées avec des sondeurs étalonnés pour différentes vitesses du son (800 à 820 *fathoms*/seconde) pourraient être ramenées à une vitesse étalon, et les corrections de profondeur dues aux variations de la vitesse du son et données par les tables de Matthews, ainsi que les corrections de pente dues à l'ouverture du cône sonore pourraient également être effectuées pour chaque croisière avant l'emmagasinage. (Un programme pour correction de pente et de profondeur sur profils individuels a été élaboré par l'auteur).

d) Des programmes d'analyses hypsométriques et d'analyses de pente pourraient être aussi inclus.

3. Conditions nécessaires pour l'emmagasinage

Etant donné les limites de la sensibilité des appareils de sondage par écho et le degré de précision de la navigation, il est inutile d'avoir une densité de sondes supérieure à une par mille carré pour les reconnaissances générales des océans. Le nombre maximum de sondes nécessaire pour

couvrir dans ces conditions les principaux océans est d'environ $1,3 \times 10^8$.

Le ruban magnétique peut emmagasiner 200 caractères par *inch* de ruban. Chaque sonde nécessite 20 caractères ou chiffres pour son identification complète (4 pour la profondeur, 12 pour la latitude et la longitude, 3 pour la source et 1 pour la classe). Par conséquent, à dix sondes par *inch*, une bobine de 3 600 *feet* peut emmagasiner 432 000 sondes. Etant donné qu'une minute de rédaction de la série 3000 de l'Hydrographic Office couvre une étendue de 7 sur 10 degrés où peuvent être inscrites 252 000 sondes à raison d'une par mille carré, une seule bobine de ruban magnétique pourrait facilement contenir toutes les sondes de cette zone. En n'identifiant complètement que certaines sondes repères sur chaque route et en interpolant entre ces sondes, on pourrait probablement faire tenir le contenu de deux zones sur un seul ruban magnétique.

L'ensemble des océans peut se décomposer en 515 environ de ces zones, de sorte que 250 à 500 rubans seraient nécessaires pour avoir une couverture complète. Le prix des rubans seuls, à raison de 50 dollars chacun, serait compris entre 12 000 et 25 000 dollars.

Les rubans magnétiques ont l'inconvénient de subir à la longue certaines modifications. Des champs magnétiques accidentels, des variations de température, ou des chocs mécaniques violents peuvent provoquer un réaligement des particules d'oxyde de fer, et il en résulte une déformation ou un effacement des données. Pour cette raison, il serait sage de constituer un double des archives en portant les données soit sur un deuxième jeu de rubans magnétiques, soit sur des cartes perforées, encombrantes, mais plus stables, que l'on pourrait utiliser pour reproduire si nécessaire de nouveaux rubans magnétiques. Si toutes les sondes comportent leur complète identification et sont donc exprimées en 20 caractères, on pourrait en mettre 4 sur chacune des 80 colonnes de la carte perforée IBM. Il faudrait alors 40 millions de cartes pour une couverture complète de reconnaissance des océans. L'emmagasinage exigerait un minimum de 6 000 *feet* cubes et le prix d'achat des cartes non perforées serait de 40 000 dollars (à raison de 100 dollars pour 100 000 cartes).

C. Fourniture finale des données

1. Formes de présentation

On peut désirer obtenir finalement les données sous quatre formes :

- a) Des profils de fond le long de routes individuelles.
- b) Des cartes où sont figurées les lignes de niveau des fonds.
- c) Des minutes de compilation des sondes de reconnaissance à l'échelle de celles de la série 3000 de l'Hydrographic Department.
- d) Des minutes de compilation à grande échelle pour levés spéciaux.

Il existe des *plotters* automatiques qui effectuent les quatre opérations suivantes :

- a) Reports de points.
- b) Reports de lignes.
- c) Reports de symboles.
- d) Impression de groupes de chiffres choisis.

Le prix et la complexité des machines augmentent de la simple machine à report de point qui coûte environ 2 000 dollars et qui doit recevoir son

programme d'une machine à calculer, jusqu'aux machines qui peuvent effectuer les quatre opérations énumérées ci-dessus en réalisant elles-mêmes les programmes dont on leur fournit les éléments et qui coûtent jusqu'à 50 000 dollars.

On peut tracer des profils de fond à l'aide de simples plotters de points ou de lignes. Les cartes de courbes de niveau exigent un plotter de courbes et de symboles plus compliqué; et en outre il faut, pour obtenir les courbes, introduire dans le calculateur un programme très complexe. Les minutes de compilation nécessitent l'impression de groupes de quatre chiffres très rapprochés perpendiculairement à des routes orientées en tous sens. Un dispositif d'impression qui pivote autour d'un axe perpendiculaire au papier serait désirable pour que les sondes soient toujours inscrites perpendiculairement aux routes quelle qu'en soit la direction. Une commande manuelle d'orientation du groupe de chiffres serait aussi nécessaire pour éviter d'imprimer diverses sondes les unes sur les autres dans des régions où figure déjà une grande densité de sondes. Un dispositif d'impression comportant cinq roulettes permettrait d'écrire d'un seul coup tous les chiffres d'un groupe; ce dispositif n'aurait à occuper qu'un seul emplacement (celui qui correspond aux données fournissant la position de la sonde) au lieu d'en occuper successivement cinq si on n'utilise qu'une roulette.

2. Deux plotters automatiques

Des renseignements sur deux des plotters les plus compliqués sont présentés ci-dessous pour donner une idée de ce qui existe actuellement sur le marché aux Etats-Unis (*). Aucun de ces plotters n'a toutes les caractéristiques désirables mentionnées ci-dessus.

a) *Dataplotter 3410* (Weather Plotter), publication PIR 6074-1 :

Fabricant : Electronic Associates, Inc., Long Branch, N.J.

Description : Spécialement conçu pour tracer les lignes isobariques sur les cartes du temps, il peut tracer des lignes, des courbes ou un choix de 12 symboles. Le transport des données par ruban magnétique et un dispositif de traduction de ce ruban permettent de placer ce plotter à une certaine distance du calculateur et de l'utiliser hors circuit (c'est-à-dire que son fonctionnement et celui du calculateur sont indépendants) si bien que le travail du calculateur ne retarde pas celui du plotter.

La précision est de $\pm 0,02$ inch quand on utilise l'échelle qui permet de couvrir une surface de construction de 28×28 inches. En changeant d'échelle et en introduisant des parallaxes on peut agrandir jusqu'à 10 fois la surface de construction, et faire coïncider l'origine avec des points situés à l'intérieur ou à l'extérieur de la surface de construction. Des groupes de chiffres peuvent être imprimés à l'aide d'une machine accessoire à une roue qui peut être centrée sur l'un des axes.

Entretien et valeur : Les résultats d'un questionnaire envoyé à trois utilisateurs de cet appareil montrent que les prix d'entretien comprenant l'achat des pièces de rechange sont variables, allant de presque rien à 17 000 dollars annuellement. Il existe un contrat d'entretien qui comporte l'entretien préventif, les réparations et les pièces de rechange, moyennant paiement de 12 % du prix d'origine. Ce contrat coûterait 6 000 dollars par

(*) Pour renseignements sur un plotter allemand, voir « Le Coordimat », *Revue Hydrographique Internationale*, Vol. XXXVIII, N° 2, juillet 1961.

an. Le grief le plus souvent fait porte sur les défauts d'origine électrique et mécanique du fonctionnement de la tête imprimante.

Prix : Le prix n'est pas fixé à l'heure actuelle; il est probable qu'il se situe autour de 50 000 dollars, en y comprenant la valeur d'un traducteur de rubans magnétiques. Ce prix est obtenu en se basant sur celui du plotter Benson-Lehner.

b) *Electroplotter modèle J* (Publication GS 1154 C) :

Fabricant : Benson-Lehner Corp., Santa Monica, Californie.

Description : Reporte des points, des lignes, des symboles et des chiffres sur une surface de 30×30 inches. Les groupes de chiffres et les symboles doivent être choisis sur un clavier à main, à moins qu'on n'incorpore à l'appareil un accessoire qui détermine les chiffres à employer d'après les données qui ont été introduites. La précision est de $\pm 0,015$ inch pour des reports à pleine échelle. Quand il s'agit de points rapprochés le rendement est de 300 par minute si l'on utilise un symbole constant. On dispose d'une surface de report plus grande, de 58×42 inches. Les données sont introduites par des cartes ou des rubans de papier perforés; si l'on utilise pour cela des rubans magnétiques il faut compléter l'appareil d'un traducteur.

Entretien : Les utilisateurs n'ont pas fourni de renseignements utiles. Il existe un contrat d'entretien semblable à celui de l'Electronic Associates, Inc., au prix de 12 % du prix d'achat.

Prix d'achat : Electroplotter J 17 600 dollars
Convertisseur à ruban magnétique 25 000 dollars

Un autre Electroplotter Benson-Lehner (modèle S, Publication GS 1059D) n'est plus fabriqué. Ses caractéristiques étaient intéressantes : tête imprimante rotative de 13 rouleaux, et grande surface de report (42×58 inches); on admettait que chacune des données finales pouvait être mise en place et écrite en moins d'une seconde. Le prix du modèle S avec traducteur de ruban magnétique était d'environ 85 000 dollars.

3. *Prix des données fournies par plotter automatique.*

Si une minute de compilation porte en moyenne 5 000 sondes et que la vitesse d'impression soit d'une sonde par seconde, un plotter automatique peut rédiger une minute en 1,4 heure. En prenant comme coût minimum 180 dollars par heure, qui est le prix demandé pour un plotter à points et à lignes de Stromberg-Carlson à San Diego, Californie, le prix d'impression d'une minute de compilation coûterait 250 dollars (soit 5 cents la sonde) en plus du coût de l'introduction, du dépouillement et de l'emmagasinage des données. Il faudrait en outre payer la personne qui surveille l'impression pour empêcher la superposition des sondes.

Une personne payée 2,50 dollars par heure peut rédiger la même minute de compilation en 10 heures environ, au prix de 25 dollars.

D. *Prix du programmation :*

Il faudrait environ un an pour un programmeur, payé de 6 à 8 000 dollars par an, pour mettre au point les programmes du calculateur destinés à réaliser l'emmagasinage et à commander la fourniture des sondes. De plus, il faudrait faire fonctionner le calculateur pendant un certain temps pour expérimenter les programmes avant de les mettre à exécution.

La dépense occasionnée par le calculateur durant cette période d'épreuve ne dépasserait probablement pas 1 000 dollars.

V. — Comparaison entre le dépouillement automatique et la méthode actuelle

Les avantages du dépouillement automatique sur le système actuel sont les suivants :

1. Il permettrait de traiter sans difficulté n'importe quelle quantité prévisible de données.
2. Il n'y aurait que peu ou pas de délai dans le dépouillement des sondes après une croisière.
3. Les erreurs de fond pourraient être réduites car les chiffres de petites dimensions inscrits par des roulettes sont plus lisibles que ceux qui sont écrits à la main.
4. Les erreurs de position dues à l'instabilité du papier seraient réduites si toutes les sondes d'une région étaient reportées en même temps.
5. Les sondes provenant de cartes ayant des échelles ou des projections différentes (par exemple les cartes de l'Amirauté britannique) pourraient être imprimées sur un ou plusieurs formats standard.
6. Les données emmagasinées sur rubans magnétiques à grande capacité pourraient être facilement utilisées pour d'autres études d'océanographie physique, de géophysique et de géochimie par exemple.

Le désavantage essentiel du système automatique est son prix élevé. La table I donne une comparaison grossière des méthodes manuelle et automatique en ce qui concerne le coût initial de l'équipement et le prix de revient de chaque sonde. Les dépenses de calculateur sont basées sur le prix d'une location, car le nombre de sondages dépouillés ne justifierait pas l'achat d'un calculateur, même si les levés bathymétriques devaient augmenter considérablement.

Le système de dépouillement esquissé ci-dessus consiste seulement à faire effectuer par une machine ce qu'on exécute actuellement à la main. Comme les cartes de courbes de niveau sont le résultat final et que les plotters qui impriment quatre chiffres sont chers, lents et exigent beaucoup d'entretien, il vaudrait mieux éliminer l'impression de ces 4 chiffres. Ceci pourrait être réalisé si la machine effectuait des interpolations et n'inscrivait un symbole qu'aux endroits où les routes coupent des lignes de niveau régulièrement espacées. Le nombre de symboles nécessaire et celui des opérations d'impression sur les minutes seraient ainsi considérablement réduits. L'intervalle entre les lignes de niveau pourrait être automatiquement fixé suivant la topographie pour que les lignes ne soient ni trop abondantes ni trop rares. L'inconvénient majeur de cette méthode est que, à moins que deux routes ne se coupent près d'une ligne de niveau, on ne pourra pas utiliser leur intersection pour vérifier la cohérence des positions de ces deux routes. Cependant, l'introduction de la navigation par satellite, qui améliorerait l'exactitude des positions, pourrait faire disparaître cette objection.

