

COLLOQUES INTERNATIONAUX DU C. N. R. S.
INSTITUT BLAISE PASCAL

COLLOQUE INTERNATIONAL

“LES MACHINES A CALCULER
ET LA PENSÉE HUMAINE”

PARIS

8 AU 13 JANVIER 1951

PREMIÈRE SECTION

PROGRÈS RÉCENTS DANS LA TECHNIQUE DES GROSSES MACHINES A CALCULER

SOUS LA PRÉSIDENTENCE DE MONSIEUR LOUIS DE BROGLIE,
Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

Secrétaire de la Section : M. P. GERMAIN.

LUNDI 8 JANVIER à 9 h 15

au Centre National de Documentation Pédagogique.

Ouverture du Colloque : M. G. Dupouy.

Présentation des travaux de la section : M. Louis de Broglie.

Report on Mark II, Mark III, Mark IV : H. H. Aiken.

A magnetic Automatic Calculating Machine : A. D. Booth.

La machine Zuse de l'École Polytechnique Fédérale de Zurich et son application
à un problème d'intégration : E. Stiefel.

Development of Electronical Digital Computers at the National Bureau of
Standards : E. W. Cannon.

The Pilot. Model of the National Physical Laboratory Digital Computer (A. C. E.):
F. M. Colebrook.

Fr. Nr. 2375

Institut für Praktische Mathematik
Technische Hochschule
(16) Darmstadt

51/01/3



Institut für Praktische Mathematik
Technische Hochschule
(16) Darmstadt

LUNDI 8 JANVIER à 15 heures, à l'Institut Blaise Pascal.

Visite des laboratoires, sous la direction de MM. J. Pères, L. Couffignal, L. Malavard.

Présentation de la machine-pilote de l'Institut Blaise Pascal (I. B. P.) : L. Couffignal, P. Angelle.

MARDI 9 JANVIER à 9 heures
au Centre National de Documentation Pédagogique.

Recherches en cours à l'Université de Bruxelles : M. P. Germain.

Short-cut multiplication in a parallel-Decimal Automatic Calculating Machine (R. A. E. S. C. C.) : E. J. Petherick.

Summary of computer research at Manchester University : F. C. Williams.

Discussion sur les machines arithmétiques.

MARDI 9 JANVIER à 14 h 15
au Centre National de Documentation Pédagogique.

Le tripole — son utilisation pour la résolution instantanée de quelques problèmes trigonométriques : A. G. Del Valle.

Les machines mathématiques en Suède : S. Ekelöf.

Méthodes et Machines d'analogies rhéoelectriques : L. Malavard.

Le simulateur électronique du mouvement des engins guidés : C^{ne} Couffeau.

Analyseur différentiel électronique (S. E. A.) : F. H. Raymond.

a) Théorie générale;

b) Film descriptif (en anglais).

Discussion sur les machines analogiques.

Discussion d'ensemble sur les travaux de la 1^{re} Section.

DEUXIÈME SECTION

PROBLÈMES DE MATHÉMATIQUES ET DE SCIENCES APPLIQUÉES RELEVANT DES GROSSES MACHINES

SOUS LA PRÉSIDENTE DE MONSIEUR CAQUOT,
Membre de l'Institut.

Secrétaire de la Section : M. G. R. Boulanger.

MERCREDI 10 JANVIER à 9 heures
au Centre National de Documentation Pédagogique.

Présentation des travaux de la section : M. A. Caquot.

L'intégration numérique de l'équation des ondes : *F. H. Van Den Dungen.*

Exposition de quelques méthodes d'intégration numérique des systèmes d'équations linéaires aux dérivées partielles mises en œuvre à l'Institut National pour les applications du calcul. Résultats obtenus et résultats que l'on pourrait atteindre : *M. Picone.*

Transformées de Laplace des fonctions empiriquement données : *P. Puig Adam.*

Discussion sur l'intégration mécanique des équations aux dérivées partielles et des équations différentielles.

JEUDI 11 JANVIER à 9 heures

au Centre National de Documentation Pédagogique.

Programming for a machine with a one address order code : *D. R. Hartree.*

Les erreurs de chute dans les calculs systématiques : *A. Van Wijngaarden.*

Calcul de certaines fonctions usuelles en système binaire : *J. Peltier.*

Operational experience with the E. D. S. A. C. : *M. V. Wilkes.*

Quelques problèmes traités avec le B. A. R. K. : *G. Kjellberg.*

Discussion de la technique d'emploi des machines arithmétiques.

JEUDI 11 JANVIER à 15 h 30

au Centre National de Documentation Pédagogique.

Le calcul numérique et l'Art de l'Ingénieur : *M. G. R. Boulanger.*

Discussion d'ensemble sur les travaux de la 1^{re} Section et de la 2^e Section.

TROISIÈME SECTION

LES GROSSES MACHINES, LA LOGIQUE ET LA PHYSIOLOGIE DU SYSTÈME NERVEUX

SOUS LA PRÉSIDENTE DE MONSIEUR LOUIS LAPICQUE,
Membre de l'Institut.

Secrétaires de la Section : *M. H. Gastaud et M. W. Grey Walter.*

VENDREDI 12 JANVIER à 9 h 30

au Centre National de Documentation Pédagogique.

Présentation des travaux de la section : *M. Louis Lapique.*

Les grosses machines et la physiologie du système nerveux : *M. H. Gastaud.*

Les travaux d'automatisme de l'École Espagnole : *G. Torres Quevedo.*

Présentation des appareils de Leonardo Torres Quevedo : *G. Torres Quevedo*.

- a) Joueur d'échecs automatique;
- b) Telekine;
- c) Fusées logarithmiques de la machine à résoudre les équations à variables réelles;
- d) Machine à résoudre les équations à variables complexes.

VENDREDI 12 JANVIER à 14 h 15

au Centre National de Documentation Pédagogique.

Présentation de l'homéostat : *W. R. Ashby*.

Présentation d'animaux artificiels : *W. Grey Walter*.

The Computing Machine and Form (Gestalt) : *N. Wiener*.

Les servomécanismes à feed-back multiples et les fractions continues : *P. Puig Adam*.

The performance of logical processes by means of calculating machines : *A. M. Uttley*.

Communication : *W. S. Mac Culloch*.

A survey of principles of organization and function of the nervous system :
R. Lorente de No.

SAMEDI 13 JANVIER à 9 heures

au Centre National de Documentation Pédagogique.

La commande centrale de la machine nerveuse : *P. Chauchard*.

Les perspectives cybernétiques en psychologie : *L. Delpech*.

Quelques analogies nouvelles entre structures de machines à calculer et structures
cérébrales : *L. Couffignal*.

Discussion sur les travaux de la 3^e Section.

SAMEDI 13 JANVIER à 13 heures

à l'École Hôtelière : BANQUET DE CLOTURE.



(2) JH
COLLOQUES INTERNATIONAUX DU C.N.R.S.

COLLOQUE DE L'INSTITUT BLAISE PASCAL

"LES MACHINES A CALCULER ET LA PENSEE HUMAINE"

Paris : du 8 au 13 Janvier 1951

NOTICE SUR LE COLLOQUE

32-100214

COMITE D'ORGANISATION DU COLLOQUE

Président

Mr. Joseph PERES

Mr. Louis COUFFIGNAL

Mlles M.A. LENOUEL

G. SOUÏE-NAN

J. FRANCHINO

D. ROLLAND

J. GRUPINSKI

Mme D. FAKINSKI

Mr. E. HALKIN

Le Comité d'organisation tient à associer à ses membres les collaborateurs extérieurs au C.N.R.S. dont le concours obligeant et désintéressé a été particulièrement précieux, notamment :

Le Centre National de Documentation Pédagogique, qui offre les salles des séances et d'exposition,

L'Ecole Estienne (Ecole des Arts du Livre), qui a réalisé les pièces imprimées de la documentation remise aux membres du Colloque

Le Centre d'Apprentissage de l'Imprimerie de Colombes, à qui est due la couverture des chemises,

La Société de Jaugeage et de Barémage, auteur des insignes individuels,

La Société Logabax, qui assure l'enregistrement des discussions sur l'enregistreur magnétique Audibel,

L'Ecole Hôtelière de Paris, où s'achève le Colloque en son Banquet de Cloture.

SECRETARIAT

SECRETARIAT DU COLLOQUE. Pendant la durée du Colloque, le Secrétariat du Comité d'organisation du Colloque se trouvera au Centre National de Documentation Pédagogique, 29, rue d'Ulm, Paris 5^{ème} dans la salle Ferdinand BUISSON, à droite de la porte principale, et non à l'Institut Blaise Pascal.

Secrétariat Administratif : Mlle FRANCHINO

Organisation Scientifique : Mlle SOULE-NAN

Organisation Matérielle : Mlle LENOUEVEL

TRAVAUX DU COLLOQUE

SEANCES DE TRAVAIL. Les séances du Colloque auront lieu au Centre National de Documentation Pédagogique, dans la salle Jules FERRY, selon le programme ci-joint.

Toutes modifications au programme ainsi que toutes informations intéressant les membres du Colloque seront affichées au Secrétariat

REUNIONS D'ETUDE. Des réunions d'étude entre membres du Colloque pourront être organisées pendant la durée du Colloque. La demande devra en être faite au Secrétariat du Colloque (Mlle Lenouvel)

INVITATIONS PERSONNELLES. Les membres du Colloque peuvent faire adresser des invitations à des personnes de leur choix pour une séance particulière du Colloque.

S'adresser au Secrétariat du Colloque (mille Franchino)

PUBLICATIONS DE TRAVAUX DU COLLOQUE. Les auteurs de communications sont instamment priés de remettre le texte de leur communication (en français ou en anglais) au Secrétaire de Section, à la fin de leur communication.

C'est seulement à cette condition que la publication des travaux du Colloque pourra s'effectuer dans des délais normaux.

Dans le cas où ils ne pourraient remettre en même temps et à titre définitif un exemplaire de chacune des figures, ils sont priés de prendre accord avec le Secrétariat du Colloque (Mlle Soulé-Nan), pour qu'il en soit effectué une reproduction photographique avant la fin du Colloque.

SOUSCRIPTION AUX COMPTE-RENDUS. En vue d'assurer un tirage suffisant des Compte-rendus du Colloque, il est particulièrement important que les Membres du Colloque fassent connaître le nombre d'exemplaires qu'ils désirent avant la fin du Colloque, en remettant au Secrétariat (Mlle Franchino) le bulletin de souscription ci-joint.

DISPOSITIONS DIVERSES

EXPOSITION ET VENTE D'OUVRAGES. Une exposition d'ouvrages se rapportant aux travaux du Colloque se tiendra dans la salle du Secrétariat.

Les ouvrages exposés peuvent être achetés sur place.

REPAS EN COMMUN. Dans l'intention de rapprocher le plus possible les membres du Colloque et de leur permettre de mieux se connaître, un lunch en commun est organisé, du lundi 8 au Vendredi 12.

Les détails d'organisation en seront affichés au Secrétariat du Colloque.

Les dames accompagnant les membres du Colloque sont admises au lunch en commun.

BANQUET. Le banquet de clôture aura lieu le Samedi 13 Janvier, à l'Ecole Hôtelière, 20, rue Médéric, Paris 17^{ème}.

Les membres du Colloque qui ne sont point encore inscrits pour ce banquet, peuvent se faire inscrire au Secrétariat du Colloque (Mlle Franchino)

Les dames accompagnant les membres du Colloque sont admises au banquet.

Tenue de ville.

EXCURSIONS. Le Comité a le regret de ne pouvoir organiser toutes les excursions prévues, par suite du nombre trop faible de demandes.

Les promenades qui pourront avoir lieu sont affichées au Secrétariat du Colloque, avec les indications nécessaires.

Des inscriptions peuvent encore être prises pour ces promenades. S'adresser au Secrétariat du Colloque (Mlle Franchino)

CORRESPONDANCE. Les correspondances pour des membres du Colloque peuvent être déposées au Secrétariat du Colloque qui les remettra aux destinataires.

Pour l'extérieur : deux bureaux de poste se trouvent à proximité du Centre National de Documentation Pédagogique : l'une à l'extrémité de la rue d'Ulm, l'autre, rue Cujas.

Se reporter au plan affiché au Secrétariat du Colloque.

COLLOQUE DE L'INSTITUT BLAISE PASCAL

"LES MACHINES A CALCULER ET LA PENSEE HUMAINE"

11 Lander

Paris : 8 au 13 Janvier 1951

5 USA 18 France 40 UK 5 Spain 8 Pays-Bas 6 Belgique

4 Italy 4 Suede

LISTE ALPHABETIQUE 1 Suisse 1 Allemagne

DES MEMBRES DU COLLOQUE 1 Brésil / 259

- AIKEN H.H. Prof. Harvard University Cambridge, Massachussetts U.S.A.
- ANGELLE P. Ingénieur E.C.P. Société Logabax, Malakoff France
- ANGOT A. Directeur adjoint Centre National de Télécommunication Paris
- ARDITTI R. Société d'études Chimiques pour l'Industrie et l'Agriculture Paris
- ASHBY W.R. Doctor Department of Research Barnwood House Gloucester Grande Bretagne
- AUBENQUE Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques Paris
- AVIAS J. Chef de Travaux Ecole Nationale Supérieure de Géologie Appliquée Nancy France
- BACHILLER T.R. Consejo Superior de Investigaciones Cientificas Instituto "Jorge Juan de Matematicas Madrid
- BARBIER J. Chef du Laboratoire Clinique Neurologique des hopitaux Nancy France
- BAROLET A. Docteur en Médecine Beaune France
- BARROIS W. Office National d'études et recherches aéronautiques Paris
- BASS J. Ingénieur en chef de l'Air Paris
- BECKER P. Société Logabax Paris
- BENNETT J.M. Messrs Ferranti Ltd Manchester Grande Bretagne
- BERGERON P. Président du Comité d'action Scientifique de Défense Nationale Paris
- BERGHUIS Mathematisch Centrum Amsterdam Pays-Bas
- BERNARD J.J. Ingénieur Paris
- BEZARD B. Société Logabax Paris

11 France 12 USA 2 GB 1 Spain 1 Nederland / 18

BLADIER G. Office National d'études et Recherches Aéronautiques Paris

BONNEAU E. Office National d'études et Recherches Aéronautiques Paris

BOOTH A.D. Birkbeck College London Grande Bretagne

BOREL W. International Business Machine Co Paris

BOSCHER J. Attaché de Recherches au Centre National de la Recherche Scientifique Paris

BOULANGER G.R. Prof. Fac. Polytechnique de Mons Université de Bruxelles Belgique

BOUTHILLON L. Maître de conférences honoraire Ecole Polytechnique Paris

BOUZITAT J. Office National d'études et Recherches Aéronautiques Paris

BOWDEN E.V. Messrs Ferranti Ltd Manchester Grande Bretagne

BOXMA Y. Ingénieur Physisch Laboratorium R.V.O.T.N.O. 's Gravenhage Pays-Bas

BOYER J. Colonel Comité d'action Scientifique de la Défense Nationale Paris

BRISSE R. Astronome Observatoire de Paris

de BROGLIE L. Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences Paris

BURT E.G.C. Royal Aircraft Establishment, South Farnborough, Grande Bretagne

CAHEN G. Ingénieur en chef au Génie Maritime Paris

CALLANDREAU E. Directeur Ecole centrale des Arts et Manufactures Paris

CAMPOS F. Société Logabax Paris

CANNON E.W. National Bureau of Standards Washington U.S.A.

CAPELLO J. Calculatrice Institut Blaise Pascal Paris

CAGUOT A. Membre de l'Institut Paris

CARR J.W. Boursier Fulbright Paris

CARRIERE P. Ingénieur Service Technique de Constructions Navales Saint Cloud France

CARTER J.D. Messrs Ferranti Ltd Manchester Grande Bretagne

CASSE R. Ancien élève de l'Ecole Polytechnique Essonnes France

de CHAMPEAUX de la BOULAYE D.M.G. Société Mathématique de France Paris

de la CHAPELLE L. Ingénieur Société de Jaugeage et de Barémage Paris

CHATELET A. Doyen Fac. Sciences Paris

CHAUCHARD P. Ecole pratique des Hautes Etudes Paris

COALES J.F. Research laboratories of Elliott Brothers Borehamwood Grande Bretagne

COHEN G. Journaliste Malakoff France

22 Frank 5 GB 1 Belge 1 Medail. 1 USA / 30

COLEBROOK F.M. National Physical Laboratory Teddington Middlesex
Grande Bretagne

COLIN P. Compagnie des Machines Bull Paris

COLLET-BILLON A. Labo. Recherches de Balistiques et aérodynamiques
Vernon France

COLOMBO S. Attaché au séminaire des théories Physiques de l'Institut
Henri Poincaré Paris

COLONNETTI G. Président du Conseil National des Recherches Rome

CORRIOL J.H.L. Chef de Laboratoire Fac. Médecine Marseille France

COUFFIGNAL P.L. Institut Blaise Pascal Paris

COUFLEAU M. Ingénieur des Télécommunications Atelier de Constructions
de Puteaux France

COURTIER L. Société Logabax Paris

CRAWLEY H.J. National Research Development Corporation London
Grande Bretagne

DECKER M. Ingénieur principal de l'Air Paris

DEJOUANY A. Médecin général de l'Armée Paris

DELPECH L. Chargé de conférences Fac. Sciences Marseille France

DRUET Y. Ingénieur Versailles France

DUBOULOZ P. Prof. Fac. Médecine Marseille France

DUPOUY G. Membre correspondant de l'Institut Directeur du Centre National
de la Recherche Scientifique Paris

DUPRAT Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques Paris

DUTILH J.R. Comité national d'études de Télécommunication Paris

EGER M. Prof. Fac. Sciences Marseille France

EICHLERENNER E. Office national d'Etudes et Recherches Aéronautiques
Paris

EKELOF S. Prof. Ecole Polytechnique supérieure de Chalmers Suede

ELLIOTT W.S. Research Laboratories of Elliott Brothers Borehamwood
Grande Bretagne

ERFMANN R.K.L. Médecin Clinique Médicale de l'Hopital Bichat Paris

FAYOLLE P. Laboratoire Central de l'Armement Paris

FICHERA G. Prof. Università Di Trieste Italie

ELAD J.P. Professeur de Mathématiques Paris

FONSAGRIVE Institut National de la Statistique et des Etudes économiques
Paris

FRAGER L. Ingénieur Paris

FRANCHINO J. Calculatrice Institut Blaise Pascal Paris

23 Franck, 3GB 2 Hale 1 Schwede / 29

FROMAGEOT A. Ingénieur des Télécommunications Paris

GALMARD E. Professeur Paris

GARCIA SANTESMAS J. Prof. Fac. Sciences Madrid Espagne

GARNIER M. Ingénieur Général de la Marine Paris

GASTAUT H. Prof. agrégé Faculté Médecine Marseille France

GAUTHIER L. Prof. Fac. Sciences Nancy France

GERMAIN P. Assistant Université de Bruxelles Belgique

GILLES A. Office National d'Etudes et Recherches Aéronautiques Paris

GILLIARD Institut National de la Statistique et des Etudes économiques Paris

GILLIS P.P. Prof. Université de Bruxelles Belgique

GIRARDIN P. Direction des Etudes et Fabrication d'Armement Saint Cloud France

GIULIO R. Observateur Rai Radio Italiana Roma

GLENNIE A. Air Research Establishment Fort Halstead Kent Grande Bretagne

GONZALEZ DEL VALLE A. Assistant Madrid Espagne

GOUIRAN E. Prof. Philosophie Paris

GRUNDY E. Messrs Ferranti Ltd Manchester Grande Bretagne

GRUPINSKI J.A.V. Calculatrice Institut Blaise Pascal Paris

GUERBILSKY S. Ingénieur Conseil en propr. Industrielle Paris

GUILBERT J. Directeur du Laboratoire du D^r Auclair Paris

GUTTRIDGE E. Powers-Samas Accounting Machines London

HALKIN B. Dessinateur d'études Institut Blaise Pascal Paris

HAMEL D. Ingénieur Saint Mandé France

HARTREE D.R. Cavendish Laboratory Cambridge Grande Bretagne

HARTSHORN A.S. Scientific liaison Officer British Embassy Paris

HAZEMAN R.H. Dr Directeur départemental de la Santé de la Seine Prof. Institut d'urbanisme Paris

HEMERY M. Inspecteur Général honoraire des P.T.T. Paris

HENNESSEY D. Ingénieur London Grande Bretagne

HINDS G.H. Brigadier Ministry of Supply London Grande Bretagne

HOLLINGDALE S.H. Royal Aircraft Establishment South Farnborough Grande Bretagne

HONORE E. Ingénieur Compagnie générale de Télégraphie sans fil Paris

HOWLETT J. Ministry of supply (A.E.R.E.) Harwell Didcot Grande Bretagne

HURON R. Chef de travaux Fac. Sciences Toulouse France

19 France 2 Espagne 2 Belgique 1 Italie 8 GB/32

INDJOUDJIAN M.D. Service des recherches et du Contrôle technique au
Ministère des Poste, Télégraphe et Téléphone Paris

JAULMES C. Médecin Colonel Laboratoire Central de l'Armée Val-de-Grâce
Paris

JOHNSON W.E. Powers-Samas Accounting Machines London Grande Bretagne

KISSEL P. Professeur Médecine Nancy France

KJELLBERG G. Matematikmaskinnämnden Stockholm

KOSTEN Dr L. Ingénieur en chef des P.T.T. La Haye Pays-Bas

KOURGANOFF V. Institut d'Astrophysique du Centre National de la Recherche
Scientifique Paris

KUNTZMANN J. Prof. Fac. Sciences Grenoble France

LABIN E. Société Philips Paris

LABROUSTE Mme Y. Géophysicien Institut de physique du Globe Paris

de LACROIX de LAVALETTE E. Groupe de Calcul Numérique Paris

LAFLOTTE F. Ingénieur Paris

LARGUIER R. Compagnie Générale de Télégraphie sans fil Paris

LARSSON F. Commis postal Malmö Suède

de LATIL P. Homme de lettres Paris

LAMBERT S. Ingénieur à la présidence du Conseil Paris

LACPIQUE L. Membre de l'Institut Paris

LEENHOUTS A.J. Fysisch Laboratorium R.V.O.T.N.K. 's Gravenhage Pays-Bas

LE GRAND Y. Prof. Muséum d'Histoire Naturelle Paris

LE LIONNAIS F. Président Ecrivains Scientifiques de France Paris

LENOUVEL M.A.Y. Stagiaire de recherches Institut Blaise Pascal Paris

LICHNEROWICZ A. Prof. à la Sorbonne Paris

LOEB J. Centre National d'études des Télécommunications Paris

LOISEAU J. Conservateur Musée du Conservatoire National des Arts et
Métiers Paris

LONSDALE K. Messrs Ferranti Ltd Manchester Grande Bretagne

LOOPSTRAT Mathematisch centrum Amsterdam Pays-Bas

LORENTE DE NO R. Rockefeller Institute for Medical Research New-York

LOWELL S. Scientific Liaison Officer American Embassy London

MACCOLL J.W. Armament Research Establishment Fort Halstead Grande Bretagne

MAC CULLOCH W.S. Medical School University of Illinois U.S.A.

MACHADO E.A.M. Dr ès Sciences Paris

MAGNIER A. Professeur au Lycée St Louis Paris

21 France. 4 GB 2 Suède 3 Néedalde 2 USA / 32

MAISON ROUGE J. International Business Machines Co Paris

MALAVARD L. Office National d'Etudes et Recherches Aéronautiques
Institut Blaise Pascal Paris

MANNEBACK C. Prof. Université Louvain Délégué de l'Institut recherche
scientifique appliquée à l'Industrie et Agriculture Bruxelles

MARCHAND A. Recteur de la Cité Universitaire Paris

MARECHAL A. Maître de conférences Fac. Sciences Paris

MARTIN R. Comité d'action scientifique de Défense Nationale Paris

MARTIN J.Y. Service de Neurologie Fac. Sciences Nancy France

MARTIN Y. Maître de conférences Fac. Sciences Rennes France

MARVAUD J. Attaché de recherches Institut Blaise Pascal Paris

MATTHYS G. Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
Paris

MAYOT M. Institut d'Astrophysique du Centre National de la recherche
Scientifique Paris

MERPILLAT R. Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
Paris

MICHAELSON R.M. British Tabulating Machine Co London Grande Bretagne

MILLET R. Ingénieur Paris

MILLS L. Scientific liaison Officer American Embassy Paris

MILSANT F. Prof. E.N.I.A.M. (Ecole Nationale d'ingénieurs Arts et Métiers
Paris

MORGAN C. Commandant Ambassade de Grande Bretagne

MORHANGE J. Paris

MORICE E. Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
Paris

MOTHES J. Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
Paris

NICHOLSON G.F. Assistant Professor Royal Naval College Greenwich
Grande Bretagne

NASLIN P. Ingénieur Militaire Service d'électromécanique du Laboratoire
Central de l'Armement Paris

OUBIN Comité d'action scientifique de Défense Nationale Paris

OUTHIER G. Société Logabax Paris

PALM C. Docteur en sciences Matematikmaskinnämnden Stockholm

PARODI M. Maître de Recherches au Centre National de la recherche Scien-
tifique Paris

BASSOUANT P. Prof. agrégé Fac. Médecine Montpellier France

PELEGRIN M. Ingénieur de l'air Paris

PELTIER J. Attaché de recherches Institut Blaise Pascal Paris

24 Feb 1946 3 GB 1 Schwed 129

PETHERICK E.J. Royal Aircraft Establishment South Farnborough
Grande Bretagne

PERES J. Membre de l'Institut Paris

PICHOT P.J. Médecin assistant des Hôpitaux de Paris

PICONE M. Prof. Università di Roma

PIERON H. Professeur au Collège de France

POLI A. Ingénieur Docteur Paris

POLLARD B.W. Messrs Ferranti Ltd Manchester Grande Bretagne

PONCET Mme I. Comité National d'études de Télécommunications Paris

PORTE J. Administrateur à l'Institut National de la Statistique Paris

POTTIER J. Ingénieur Courbevoie France

PRINZ D.G. Messrs Ferranti Ltd Manchester Grande Bretagne

PUIG ADAM P. Prof. Ecole d'Ingénieur-Industriels Madrid

RAKINSKI D. Calculatrice Institut Blaise Pascal Paris

RAYMOND F. Société d'Electronique et d'Automatisme Paris

REID J.B. U.N.E.S.C.O. Paris

REMOND A. Chef Laboratoire Fac. Médecine Paris

RIGAL R. Inspecteur Général adjoint des P.T.T. Ecole Nationale supérieure
des Télécommunications Paris

RIND R. International Business Machine Co Paris

ROBERT H. Société Logabax Audibel Paris

ROBIN L. Centre National d'études des télécommunications Paris

ROBINSON A.A. Messrs Ferranti Ltd Manchester Grande Bretagne

RODENBURG N. Ingénieur N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie Hilversum
Hollande

ROLLAND D. Calculatrice Institut Blaise Pascal Paris

ROY R. Ingénieur Compagnie générale de télégraphie sans fil Saint Cloud
France

Révérend Père RUSSO F. Prof. Ecole préparatoire Sainte Geneviève

SALMON P. Ingénieur Général Directeur des Etudes et Fabrication d'armement
Paris

SAUVAGE A. International Business Machine Co Paris

SCHUH F. Société Logabax Audibel Paris

SERRUYS M. Prof. Conservatoire National des Arts et Métiers Paris

SESTIER A. Laboratoire Central de l'armement Vincennes France

SEVESTRE J. Atelier de construction de Puteaux France

SMITH C.H. Prof. Military College of Science Shrivenham Grande Bretagne

24 Feb. 5GB 1 Male 1 Spec 1 Mated / 32

SOULE-NAN G. Institut Blaise Pascal Paris

SOURIAM J.M. Office national d'études et recherches aéronautiques Paris

STIEFEL E. Prof. Ecole polytechnique fédérale Zurich Suisse

SURDIN M. Commissariat à l'Energie Atomique Paris

TALBOTIER J. Laboratoire Recherches Balistiques et Aérodynamiques de Vernon France

TATON R. Prof. agrégé Math. Lycée de Suresnes France

TOOTILL G.C. WATCHFIELD Grande Bretagne

TORRES QUEVEDO G. Inspecteur général des Ingénieurs des Ponts et Chaussées Madrid

TOUZARD P. Atelier de Construction de Puteaux France

TUCOULAT P. Directeur du Centre National des Etudes des Télécommunications Paris

UFFLER H.J. Ingénieur Compagnie générale de Télégraphie sans fil Paris

UTTLEY A.M. Télécommunication Research Establishment Great Malvern Grande Bretagne

VAJDA S. Docteur en philosophie Epsbm Surrey Grande Bretagne

VALLEE R. Ingénieur de L'armement Paris

VAN DEN DUNGEN F.H. Prof. Université de Bruxelles

VAN DER POEL W.L. Ingénieur Centraal Laboratorium P.T.T. Den Haag Pays-Bas

VAN WIJNGAARDEN A. Mathematisch centrum Amsterdam Pays-Bas

VEIL C. Chargé de recherches aux Houillères du Bassin du Nord et du Pas de Calais Paris

VERNEAUX J. Ingénieur Conseil de la Société Anonyme des Machines à Statistiques Powers Paris

VOGEL T. Maître de Recherches Centre de Recherches scientifiques et Industrielles de Marseille France

WALTER W.G. Burden Institute Bristol Grande Bretagne

WALTHER A. Professeur Technische Hochschule Darmstadt, Institut für Praktische Mathematik (16) Darmstadt Allemagne

WATERFIELD A. Attaché scientifique Ambassade de Grande Bretagne Paris

WIENER N. Prof. Massachusetts Institute of Technology Cambridge Massachusetts U.S.A.

WILKES M.V. University Mathematical Laboratory Cambridge Grande Bretagne

WILLIAMS F.C. Prof. University of Manchester Grande Bretagne

WOMERSLEY J.R. British Tabulating Machine co Letchworth Grande Bretagne

WURMSER L. Inspecteur général Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques Paris

14 Feb., 1 Schweiz FGB 1 Spa 1944, 125A/28
12 Feb. 20 Feb.

YVON J. Commissariat à l'énergie atomique Paris

ZELBSTEIN U.J.P. Ingénieur Viroflay France

LISTE SUPPLEMENTAIRE

BALDE U. Directeur des Recherches Société Anonyme des Machines à Statistiques Paris

BARANOV V. Société Anonyme des Télécommunications Paris

BASS W.G. Messrs Ferranti Ltd Manchester Grande Bretagne

BONIFACJ G. Institut Géographique National Paris

de CAMARGO J.O.M. Prof. Ecole Polytechnique de l'Université de Sao Paulo Brésil

CHAMBRE A. Société Anonyme des Machines à Statistiques Paris

DUMAS Rouen France

DUPUY M. Institut Géographique National Paris

FAVEREAU J.R. Prof. Ecole d'Electricité Industrielle de Paris

FESSARD Mme Docteur ès Sciences Paris

FESSARD A. Professeur Collège de France Paris

FINDEN H.J. The Flessey Co Ltd Ilford Essex Grande Bretagne

FOLLIGUET Paris

GHERTMAN I. International Business Machine Co Paris

MANDELBROT B. Société Anonyme Philips Paris

MATHEZ L. Société Nationale des Chemins de Fer Français Paris

PAILLARD J. Attaché de Recherches

PERSE J. Chef de Laboratoire Clinique Hopital Sainte Anne Paris

PINCHER C. Correspondant Scientifique Daily Express London

de POIX G. Etablissements Beauchet Neuilly Malmaison France

SCHERER A. Société Nationale des Chemins de Fer Français Paris

SCHERRER Dr. Chef de Clinique à la Salpêtrière Paris

SEGONS M. Institut Géographique National Paris

VAN FRACHEN M. Powers Tabulating Remington Rand Bruxelles

WEBER F. Institut Géographique National Paris

AUFENKAMP D. Fondation des Etats Unis Paris

BUSER P. Agrégé des Sciences Naturelles Paris

24 Feb. 3 G D 12221212 12221212 /29

(v) *Blw-*

COLLOQUES INTERNATIONAUX DU C.H.R.S.

COLLOQUE DE L'INSTITUT BLAISE PASCAL

"LES MACHINES A CALCUIER ET LA PENSEE HUMAINE"

Paris : 8 au 13 Janvier 1951

RESUMES DES COMMUNICATIONS

présentées à la

1ère Section

fig.

PROGRES RECENTS DANS LA TECHNIQUE DES GROSSES MACHINES A CALCUIER

Séances des lundi 8 et mardi 9 Janvier 1951

A. D. BOOTH

UNE MACHINE A CALCULER AUTOMATIQUE ET MAGNETIQUE

A. D. BOOTH

On décrira les deux machines qui ont été construites sous les auspices du Birkbeck College, de l'Université de Londres.

La première, un prototype appelé S.E.C. employe environ 250 tubes pour une mémoire de 256 mots à 6 décimales, mais ne possède pas de multiplicateur.

Le modèle final A.P.E.X.C. employe 275 tubes environ et possède une multiplication entièrement automatique ainsi que d'autres possibilités liées à une capacité de mémoire de 512 mots à 9 décimales. Les deux machines utilisent une mémoire à tambour magnétique donnant une grande rapidité d'enregistrement.

La première, un prototype appelé S.E.C. employe environ 250 tubes pour une mémoire de 256 mots à 6 décimales, mais ne possède pas de multiplicateur.

Le modèle final A.P.E.X.C. employe 275 tubes environ et possède une multiplication entièrement automatique ainsi que d'autres possibilités liées à une capacité de mémoire de 512 mots à 9 décimales. Les deux machines utilisent une mémoire à tambour magnétique donnant une grande rapidité d'enregistrement.

Dr. E. STIEFEL

LA MACHINE A CALCULER ARITHMETIQUE "Z4"

DE L'INSTITUT FEDERAL SUISSE DE TECHNOLOGIE A ZURICH

et son application dans la résolution d'une équation aux dérivées partielles

La machine à calculer "Z4" fut commandée par l'Institut des Mathématiques Appliquées de L'Institut Fédéral Suisse de Technologie, et construite par Konrad Zuse, en tenant compte des instructions et suggestions de l'Institut.

Brève description technique : Précision, 6 chiffres décimaux ; représentation interne dans le système de numération binaire - Point binaire flottant - Unité arithmétique et circuits de commande opérant avec relais - La mémoire contient des compartiments originaux et purement mécaniques inventés par Zuse. (La capacité de mémoire n'est actuellement que de 64 nombres). La machine contient 2 200 relais et 21 commutateurs. Temps nécessaire pour une multiplication : 2,5 sec. Les commandes sont données par ruban perforé (film de cinéma de 35 mm) et sont alimentés au moyen de deux stations de lecture qu'on peut utiliser alternativement. Les résultats sont donnés par des lampes, ou par un imprimeur ou par papier perforé. Les opérations incluses dans la machine comprennent la division et la racine carrée. On décrira aussi quelques propriétés particulières.

Le procédé d'extraction de racine et du calcul comprenant les "valeurs particulières" 0, ∞ et ? présente un intérêt arithmétique. Du point de vue de l'organisation, il est intéressant de noter que le ruban de la suite des opérations est préparé de façon commode, présentant quelques analogies avec la machine Mark III de Aiken. Il y a en tout 50 touches de commandes aussi bien que 64 touches pour les 64 positions de mémoire. Par exemple, pour codifier la multiplication des nombres contenus dans les positions de mémoire 13 et 17, et le transfert du résultat à la position 47, on abaisse les touches suivantes : lire en 13 -

lire en 17 - multiplier - emmagasiner en 47. Les commandes sont alors perforées automatiquement par la machine. Il y a aussi une façon d'opérer qui permet une exécution directe des commandes par déclenchement des clefs du code. On présentera la liste des codes.

On décrira avec plus de détails l'unité de mémoire dont le principe est très bien adapté à des calculateurs à relais de taille moyenne.

Le calculateur Z4 marche à raison de 10 heures par jour depuis août 1950 dans notre Institut. En plus de maints problèmes secondaires, on a réalisé avec succès les calculs suivants de plus grande importance : Inversion de matrices jusqu'au 16^{ème} ordre ; intégration d'un système de huit équations différentielles linéaires ordinaires simultanées ; calcul des maxima d'une famille de fonctions à cinq paramètres. Le calcul de tables de fonctions au moyen de développements en fractions continues est l'objet d'une attention spéciale. Le travail le plus important accompli jusqu'ici fut l'intégration de l'équation aux dérivées partielles $\Delta \Delta u = 0$ pour la fonction de forces d'Airy dans le profil d'un barrage, en tenant compte de la fondation élastique dans un demi-plan. La mise en formules mathématiques sera brièvement esquissée et on montrera comment on est ramené à 139 équations linéaires. La technique de la libération est alors appliquée ; le calculateur Z4 résout automatiquement des blocs successifs de 16 équations linéaires. La convergence peut être accélérée au moyen de la libération par les fonctions propres : après un calcul approché de la première fonction, la contribution de cette fonction à l'erreur résiduelle est à faire disparaître.

DEVELOPPEMENT DES MACHINES A CALCULER ARITHMETIQUES ELECTRONIQUES

AU "NATIONAL BUREAU OF STANDARDS"

On fera un bref historique de l'origine du programme du développement des machines à calculer du "National Bureau of Standards. Ce programme embrasse quatre phases principales d'activité : (1) recherche fondamentale, (2) développements relevant de l'art de l'ingénieur, (3) projet et construction de machine, et (4) services techniques. On esquissera brièvement les objectifs du Bureau pour ces quatre phases d'activité dans le champ du calculateur.

Les services techniques pour le Gouvernement des Etats-Unis constituent peut-être la partie la plus importante du programme des machines à calculer du NBS. En plus des services de consultation pour les Agences fédérales, le Bureau agit comme coordinateur technique des contrats pris avec l'industrie pour cinq machines à calculer :

a) Trois machines pour les agences suivantes : Bureau of the Census (Recensement), Air Comptroller Service (comptabilité) et Army Map Service (Service des cartes). Ces machines sont en construction chez Eckert-Mauchly Computer Corporation.

b) Une machine pour l'Office of Air Research, en construction chez la General Electric Company.

c) Une machine parrainée par l'Office of Naval Research, et utilisée par le Laboratoire de calcul du NBS, en construction chez la Raytheon Manufacturing Company.

De plus, le Bureau a construit deux machines à calculer, le SEAC (National Bureau of Standards Eastern Automatic Computer) et le SWAC (National Bureau of Standards Western Automatic Computer), parrainées par l'Air Comptroller du Ministère de l'Air, le ministère des Armées et le Bureau.

Le projet du SWAC fut parrainé par l'Office of Air du Ministère-

DEVELOPPEMENT DES MACHINES A CALCULER ARITHMETIQUES ELECTRONIQUES

AU "NATIONAL BUREAU OF STANDARDS"

On fera un bref historique de l'origine du programme du développement des machines à calculer du "National Bureau of Standards". Ce programme embrasse quatre phases principales d'activité : (1) recherche fondamentale, (2) développements relevant de l'art de l'ingénieur, (3) projet et construction de machine, et (4) services techniques. On esquissera brièvement les objectifs du Bureau pour ces quatre phases d'activité dans le champ du calculateur.

Les services techniques pour le Gouvernement des Etats-Unis constituent peut-être la partie la plus importante du programme des machines à calculer du NBS. En plus des services de consultation pour les Agences fédérales, le Bureau agit comme coordinateur technique des contrats pris avec l'industrie pour cinq machines à calculer :

a) Trois machines pour les agences suivantes : Bureau of the Census (Recensement), Air Comptroller Service (comptabilité) et Army Map Service (Service des cartes). Ces machines sont en construction chez Eckert-Mauchly Computer Corporation.

b) Une machine pour l'Office of Air Research, en construction chez la General Electric Company.

c) Une machine parrainée par l'Office of Naval Research, et utilisée par le Laboratoire de calcul du NBS, en construction chez la Raytheon Manufacturing Company.

De plus, le Bureau a construit deux machines à calculer, le SEAC (National Bureau of Standards Eastern Automatic Computer) et le SWAC (National Bureau of Standards Western Automatic Computer), parrainées par l'Air Comptroller du Ministère de l'Air, le ministère des Armées et le Bureau.

Le projet du SWAC fut parrainé par l'Office of Air du Ministère-

re de l'Air. La division d'Electronique du Bureau en fit le projet et le construisit à Washington D.C., et le Laboratoire de Calcul du Bureau l'utilisera. La Division des Mathématiques Appliquées du Bureau fit le projet et construisit le SWAC pour l'Institut d'Analyse numérique de cette Division, qui est une station du Bureau sur la cote occidentale. On utilisera le SWAC au INA pour augmenter les facilités de calcul du West-Coast.

Les futures machines à calculer du programme du NBS sont des machines binaires à l'exception de ceux de Eckert-Mauchly qui sont des machines à code décimal. Les parties constitutives de mémoire à grande vitesse, communément appelées composantes de mémoire interne, comprennent : le tambour magnétique, le circuit à retard acoustique et la mémoire électrostatique. En outre, parmi ces machines à calculer, il y a des machines qui fonctionnent suivant le mode "sériel", d'autres suivant le mode "parallèle" ou des combinaisons "sériel-parallèle". Parmi les moyens d'entrée et de sortie, il y a le ruban de papier perforé, la bande magnétique et le fil magnétique. La vitesse de répétition des impulsions de base varie suivant les machines sur une étendue d'environ deux mégacycles. L'importance des circuits intérieurs de détection d'erreurs varie de rien à la presque totalité des systèmes. En raison des différents paramètres variables dans les plans des sept calculateurs, on espère que l'expérience de leur emploi donnera des renseignements de valeur pour déterminer de la façon la meilleure les plans des prochaines machines.

Le premier calculateur qui fut mis en service dans le programme des machines à calculer du NBS était le SEAC. Le SWAC est encore en utilisation limitée ; les autres sont en cours d'achèvement. C'est pourquoi les caractéristiques de construction et les expériences d'opération sur le SEAC (principalement) et le SWAC, sont traités ici avec plus de détails.

LA CALCULATRICE ELECTRONIQUE ARITHMETIQUE AUTOMATIQUE A GRANDE VITESSE

du NATIONAL PHYSICAL LABORATORY (A.C.E.)

La "Section d'électronique" du National Physical Laboratory, en collaboration avec la Division des Mathématiques et une petite équipe détachée de la English Electric Company, est en train de dessiner et de construire une calculatrice arithmétique électronique automatique à grande rapidité et à grande capacité de mémoire - probablement entre 10^5 et 10^6 chiffres binaires.

Dans un premier travail, la section vient d'achever un modèle-Pilote à petite échelle, d'une capacité de mémoire de 8 000 chiffres binaires, pour le moment.

C'est une machine du type "sériel", utilisant les nombres binaires avec une fréquence d'impulsions d'un million de cycles par seconde, et une mémoire à tubes de mercure. L'entrée et la sortie se font au moyen de cartes perforées et d'une machine Hollerith spécialement adaptée. Elle possède à peu près 800 tubes électroniques répartis sur environ 40 chassis de supports, et absorbe une puissance de l'ordre de 5 kw. Elle est relativement petite occupant une surface de quelques 5,5 m². C'est, néanmoins une calculatrice à fonctionnement complet, et on l'a déjà utilisée pour une suite ordonnée de calculs.

On a l'intention d'augmenter la capacité de mémoire jusqu'à environ 200 000 chiffres binaires par l'addition d'une mémoire auxiliaire (magnétique) ; après quoi la machine sera utilisée pour le calcul pendant une période relativement longue - de l'ordre de six mois - ceci afin d'acquérir l'expérience des opérations, requise pour achever le plan de l'A.C.E. lui-même.

Un trait distinctif de la machine est la façon dont elle est conçue et utilisée pour tirer le meilleur parti possible de la grande vitesse des nombres (ou des impulsions). En quelques mots, ce résultat est assuré par l'espacement des instructions dans les mémoires correspondantes, de telle façon que, lorsqu'une instruction est complètement exécutée, l'instruction suivante soit immédiatement utilisable. Ce résultat est acquis par certains traits particuliers du plan théorique et par la méthode correspondante d'établir le programme.

Pierre GERMAIN

RECHERCHES EN COURS A L'UNIVERSITE DE BRUXELLES

Exposé des buts poursuivis et description succincte de quelques recherches en cours à l'Institut de Physique Appliquée de l'Université de Bruxelles.

Description détaillé d'une petite machine permettant :

a) le calcul de l'intégrale du produit de deux fonctions soit $\int_0^x f(x) g(x) dx$ photoelectronic

b) de porter sur papier photographique les points représentatifs d'une courbe, les ordonnées des points étant les résultats fournis sous forme binaire par une grosse machine.

Cette petite machine, en grande partie électronique, est actuellement en voie d'achèvement. Son emploi possible comme accessoire d'une grande machine mathématique sera plus particulièrement exposé.

E. J. PETHERICK

MULTIPLICATION ABREGEE DANS UN AUTO-CALCULATEUR PARALLELE-DECIMAL

On esquissera d'abord les traits essentiels du calculateur à relais R.A.E.S.C.C., en construction au Royal Aircraft Establishment ; ensuite on détaillera la méthode utilisée pour la multiplication. Le calculateur R.A.E.S.C.C. est une machine parallèle-décimale utilisant un point décimal flottant et un code de contrôle à trois voies avec bandes perforées pour l'entrée et la sortie, tambour magnétique de mémoire et impression par machine à écrire. On peut disposer d'environ trente instructions de commande et le temps nécessaire pour chaque opération est au plus de cinq secondes - (cas de la recherche d'un sinus ou d'un cosinus). On a fait particulièrement attention au classement des données et la complication des circuits utilisable a été réduite à ce qu'exigerait la pure logique.

Les circuits sont conçus pour former les produits par 2, 3, 4 ou 5 de n'importe quelle donnée - ou leurs compléments - n'utilisant pas plus de six relais en dehors du chiffreur décimal, minimum indispensable. Les méthodes employées pour la multiplication abrégée et la division ne reformant pas le dividende utilisent ces circuits, en liaison avec d'autres, destinés à déterminer quel est le multiple nécessaire à chaque étape de ces opérations,

APERCU DES RECHERCHES SUR LES MACHINES A CALCULER

A L'UNIVERSITE DE MANCHESTER

Le développement actif des machines à calculer à Manchester débuta en Janvier 1947 par une recherche sur les mécanismes de mémoire dans lesquels une charge électrique est conservée sur l'écran d'un tube à rayon cathodique. Il apparut bientôt qu'une telle mémoire pouvait rivaliser honorablement avec les mémoires déjà existantes et on décida de construire une série de machines à calculer à possibilités croissant progressivement et utilisant cette mémoire comme élément de base.

Depuis, trois machines ont été construites, utilisant toutes le système binaire et opérant en série à l'aide d'un code à une seule voie.

La première de ces machines, en service dès juin 1948, avait des possibilités très réduites. Elle avait une capacité totale de mémoire principale de 32 mots de 32 chiffres de long ; un totalisateur et une mémoire de commandes de mots uniques ; et une seule opération arithmétique, à savoir la soustraction. Le transfert de la commande pouvait s'introduire conditionnellement ou non suivant le résultat d'un examen du signe du nombre dans le totalisateur. Cette machine pouvait exécuter la multiplication, la division et la factorisation.

La seconde machine en service en Juin 1949, était une extension de cette machine "baby". Elle avait amélioré ses possibilités d'opérations arithmétiques, qui comprenaient les opérations logiques, l'addition et la multiplication ; on pouvait effectuer l'inscription manuellement par une mémoire auxiliaire sur tambour magnétique. Le problème le plus caractéristique tenté sur cette machine est un calcul des nombres premiers de Mersenne jusqu'à la valeur $2^{337} - 1$.

Le développement du tambour magnétique de mémoire à Manchester fut mis en route en janvier 1948. Il apparut que la majeure partie de la capacité de mémoire nécessitée par une machine à grande échelle

pouvait être fournie par un système auxiliaire dont le temps d'admission était considérablement plus grand que celui de la mémoire à tube cathodique. La rapidité de la solution d'un problème n'est pas énormément affectée par un tel dispositif pourvu que le temps mis pour transférer un ensemble d'informations de la mémoire auxiliaire à la mémoire à tube cathodique soit petit par rapport au temps mis pour utiliser l'information transférée. Le tambour magnétique est un moyen particulièrement aisé pour alimenter la mémoire auxiliaire, grâce à sa compacité et à la permanence des inscriptions. Ultérieurement, si le tambour est conduit en synchronisme avec le rythme de la mémoire à tube cathodique, le temps du transfert de l'information est maintenu minimum, et si une phase correcte est obtenue, aucune difficulté ne surviendra dans l'identification de l'information après le transfert parce qu'il existe une correspondance biunivoque entre la position d'un chiffre dans la mémoire et sa position sur le tambour magnétique.

La machine actuelle, troisième en date, qui a marché pour la première fois en Janvier 1950, est la seconde machine munie de dispositifs pour l'inscription et la lecture des résultats sur ruban de papier perforé, et pour la commande automatique de transferts d'informations entre le tambour magnétique et la mémoire à tube cathodique.

Profitant des résultats obtenus avec ces machines, un plan de machine fut conçu en 1949 et la commande fut passée à Messrs. Ferranti Ltd. de Moston, Manchester. La capacité de la mémoire à tube cathodique de cette nouvelle machine est de 10.240 chiffres et celle de la mémoire à tambour magnétique d'environ 16.000 chiffres avec possibilité de l'étendre à 650.000. La machine comprend un multiplieur électronique, capable de lire et de multiplier deux nombres de 40 chiffres en moins de 4 millisecondes, ainsi que quelques autres possibilités nouvelles. Le temps nécessaire pour lire et effectuer une commande d'un type général (par exemple "ajouter un nombre de 40 chiffres au contenu du totalisateur") est de 1,2 milliseconde. Cette machine vient d'entrer en service.

A. GONZALEZ del VALIE

LE TRIPÔLE :

son utilisation pour la résolution instantanée
de quelques problèmes trigonométriques

En considérant le tripôle comme un ensemble de trois points liés électriquement entre eux, les circuits pouvant comprendre des générateurs et des récepteurs entre chaque couple de points, on a trouvé, entre les grandeurs attachées au tripôle, des relations identiques à celles qui tiennent les angles et les côtés d'un triangle.

On utilise cette propriété pour résoudre électriquement des triangles ; et l'emploi de ce procédé est évidemment très intéressant pour des problèmes qui exigent la résolution successive d'un nombre très élevé de ces triangles, par exemple pour enregistrer la trajectoire d'un projectile, d'un ballon-sonde ou de quelque autre mobile.

DETERMINATION AUTOMATIQUE DE LA POSITION ET DE LA TRAJECTOIRE D'UN ÉMETTEUR DANS L'ESPACE

En partant de l'homéomorphisme entre le triangle plan et le tripôle électrique, on a dessiné un réseau électrique qui effectue par lui-même les triangulations nécessaires pour déterminer la projection d'un émetteur mobile dans l'espace sur la surface terrestre.

La trajectoire de cette projection peut rester enregistrée sur l'écran d'un oscillographe.

LES MACHINES MATHÉMATIQUES EN SUEDE

Au commencement de 1946 on a reçu en Suède les premières notices des grandes machines arithmétiques, construites pendant la guerre dans les Etats Unis. Ces machines ont évoqué un grand intérêt et on a immédiatement saisi leur importance aussi pour notre pays. Déjà un an plus tard, en 1947, la diète suédoise a voté un impôt de 2 000 000 cour. suéd. (environ 130 000 000 fr.) ayant pour but l'acquisition d'une ou plusieurs machines arithmétiques modernes. En Avril 1950 la machine à relais BARK, construite par un groupe sous la direction de C. Palm, a été inaugurée à Stockholm. Cette machine contient à présent plus de 5 000 relais téléphoniques du type normal du gouvernement suédois. Les instructions sont données à la machine en faisant des connections sur un "switchboard". BARK est construite pour 24 chiffres binaires et emploie un point binaire flottant. Une addition se fait en 120 millisecondes, une multiplication en 160 millisecondes. La solution du problème est imprimée en nombres décimaux par des appareils teletype.

Sous la conduite de la Direction suédoise pour les machines mathématiques (Matematikmaskinnämnden) le même groupe a entrepris la construction d'une machine électronique. Cette machine sera du type parallèle avec 40 chiffres binaires et un point binaire fixe. Une addition se fera en environ 0,04 millisecondes, une multiplication en 0,27 millisecondes. La machine sera probablement munie d'une mémoire électronique rapide du type Williams et d'une mémoire magnétique.

Pendant les dernières années les machines analogiques ont aussi attiré un grand intérêt dans notre pays.

Ainsi à l'Ecole Polytechnique supérieure Chalmers à

Göteborg nous avons construit un analyseur différentiel mécanique du type Bush à cinq intégrateurs, qui présente quelques aspects nouveaux. Surtout les intégrateurs sont d'une construction, qui nous a permis d'éviter complètement les amplificateurs de couple. Ces appareils assez délicats ont été auparavant nécessaires dans ce type de machine.

A l'Ecole Chalmers a été achevé aussi un analyseur différentiel électrique du type Wallman-Macnee.

Parmi d'autres projets présentant des aspects intéressants les suivants seront mentionnés : une cuve électrolytique (L. Stenström) pour des problèmes d'aérodynamique ; une autre (G. Svala) pour le tracé automatique des trajectoires des électrons dans les champs électriques et magnétiques ; des machines électriques pour la résolution des équations algébriques (L. Löfgren), pour l'analyse et la synthèse des séries de Fourier (G. Hägg et T. Laurent) et pour le calcul des transformées de Fourier (E. Persson).

(5)

COLLOQUES INTERNATIONAUX DU C.N.R.S.

COLLOQUE DE L'INSTITUT BLAISE PASCAL

"LES MACHINES A CALCULER ET LA PENSEE HUMAINE"

Paris : 8 au 13 Janvier 1951

RESUMES DES COMMUNICATIONS

présentées à la

2ème Section

fig.

PROBLEMES DE MATHÉMATIQUES ET DE SCIENCES APPLIQUÉES

RELEVANT DES GROSSES MACHINES

Séances des mercredi 10 et jeudi 11 Janvier 1951

L'INTEGRATION NUMERIQUE DE L'EQUATION DES ONDES

L'intégration numérique de l'équation des ondes

$$\sum_t \frac{\partial^2 u}{\partial x_t^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0$$

à partir des données de Cauchy : pour $t = 0$,

$$u = f(x_1, \dots, x_n), \quad \frac{\partial u}{\partial t} = \varphi(x_1, \dots, x_n),$$

repose sur la notion essentielle du domaine de dépendance déterminé par le cône caractéristique rétrograde.

Le cas de l'espace unidimensionnel (ondes planes, $n = 1$) peut s'étudier de façon presque élémentaire, comme Massau l'a indiqué. Si l'on admet que l'axe des x est divisé en segments assez petits pour que les composantes du gradient de u

$$\frac{\partial u}{\partial x} = f_t \quad \text{et} \quad \frac{\partial u}{\partial t} = \varphi$$

puissent être considérées comme constantes dans chaque intervalle, la solution se présente sous une forme linéaire dans chaque partie du plan comprise entre les droites caractéristiques menées par les extrémités des segments en lesquels l'axe des x est décomposé. Le raccord entre les diverses expressions linéaires le long des caractéristiques est aisé à exprimer. Il est bien connu que l'on arrive ainsi à construire la solution numériquement ou graphiquement.

Ce mode de calcul se transpose difficilement dans le cas où il y a plusieurs dimensions spatiales. Déjà dans le cas $n = 2$, on est conduit à tracer dans le plan initial $t = 0$ de petits triangles où l'on suppose que les dérivées

$$\frac{\partial f}{\partial u}, \quad \frac{\partial f}{\partial y} \quad \text{et} \quad \frac{\partial f}{\partial t} = \varphi$$

sont constantes et la solution n'a pas partout la forme linéaire : il émane de chaque sommet des triangles dans le plan initial, un cône caractéristique progressif où la solution, dépendant des com-

posantes du gradient dans les six triangles réunis par la pointe au sommet considéré, ne peut être linéaire.

La méthode proposée ici consiste en la détermination des valeurs de u et $\partial u / \partial t$ dans un plan parallèle au plan initial. En prenant ce plan comme nouveau plan initial, on peut à nouveau résoudre le problème de Cauchy de façon à passer dans un troisième plan et ainsi de suite.

Le procédé s'étend au cas où l'équation comporte un second membre, ainsi que des termes en

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_j}, \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial t}, \quad \frac{\partial u}{\partial x_i}, \quad \frac{\partial u}{\partial t} \quad \text{et} \quad u$$

Lorsque les coefficients sont variables, on est ramené au cas précédent en divisant le domaine d'intégration en régions assez petites.

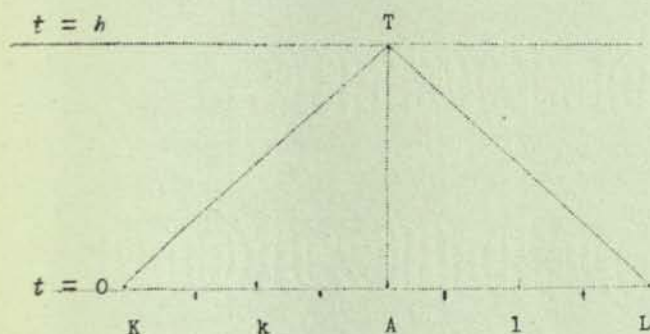
Dans ce résumé, nous nous bornerons à indiquer le type de solution auquel on arrive dans le cas des ondes planes

$$\frac{\partial^2 u}{\partial n^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$$

à intégrer à partir de $t = 0$ où

$$u = f(x) \quad \text{et} \quad \frac{\partial u}{\partial t} = \varphi(x)$$

On a



$$KA = AL = c \cdot h$$

Ces formules sont obtenues en interpolant f et φ entre leurs valeurs en K , A et L au moyen de relations paraboliques. Une meilleure approximation est obtenue aux moyen de formules à cinq termes

$$u_T = \frac{1}{2}(f_K + f_L) + \frac{h}{90}(7\varphi_K + 32\varphi_k + 12\varphi_0 + 32\varphi_l + 7\varphi_L)$$

$$\begin{aligned} u_T &= \frac{1}{2}(f_K + f_L) \\ &+ \frac{h}{6}(\varphi_K + 4\varphi_A + \varphi_L) \\ \left(\frac{\partial u}{\partial t}\right)_T &= \frac{1}{h}(f_K - 2f_A + f_L) \\ &+ \frac{1}{2}(\varphi_K + \varphi_L) \end{aligned}$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial t}\right)_T = \frac{1}{6h}(14f_K - 32f_k + 36f_A - 32f_l + 14f_L) + \frac{1}{2}(\varphi_K + \varphi_L)$$

Les solutions correspondantes dans le cas d'un espace à n dimensions s'écrivent aisément.

La méthode précédente offre l'inconvénient de ne permettre qu'une seule vérification : il faut qu'en intégrant le long d'une parallèle à l'axe t on obtienne

$$u_{t_2} - u_{t_1} = \int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial u}{\partial t} dt$$

Une variante de la méthode permet d'obtenir des vérifications plus complètes ; elle consiste à calculer d'abord dans chaque plan parallèle au plan initial, les trois dérivées

$$\frac{\partial u}{\partial x}, \quad \frac{\partial u}{\partial y} \quad \text{et} \quad \frac{\partial u}{\partial t},$$

et à former ensuite la différentielle totale

$$du = \frac{\partial u}{\partial x} dx + \frac{\partial u}{\partial y} dy + \frac{\partial u}{\partial t} dt$$

On peut dès lors vérifier les valeurs de u en comparant les valeurs obtenues en suivant différents chemins d'intégration.

EXPOSITION D'UNE METHODE D'INTEGRATION NUMERIQUE
DES SYSTEMES D'EQUATIONS LINEAIRES AUX DERIVEES PARTIELLES

mise en oeuvre à l'Institut National pour les applications du Calcul
Résultats obtenus et résultats qu'on pourrait atteindre.

Dans le presque quart de siècle de son activité, l'Institut italien, pour les applications du calcul, a toujours travaillé autour des problèmes concernant l'intégration des systèmes d'équations linéaires aux dérivées partielles, posés par la Physique ou par la Technique, dans le double but de donner les théorèmes d'existence et des méthodes pour le calcul numérique des solutions.

Dans la nécessité de répondre avec une certaine précision aux questions posées par l'industrie des constructions civiles, des ponts, des grandes digues, ..., il a dû considérer, à fond, le problème du calcul des efforts auxquels sont soumises les dites structures dans le voisinage de leurs encastrement dans des soutiens de grande rigidité, dont une connaissance imparfaite est souvent cause - on le sait bien - de fentes dangereuses.

Ce problème présente de sérieuses difficultés, car il s'agit de calculer les valeurs de certaines expressions composées par les dérivées partielles de la solution d'un problème au contour, à la frontière du domaine d'existence de la solution même. Or, généralement, on a pu assurer la convergence des méthodes ordinaires de calcul de la solution et de quelque-une de ses dérivées, seulement dans l'intérieur du dit domaine, et une telle convergence est souvent bien loin, tous les analystes le savent bien, de se prêter au calcul numérique à proximité de la frontière !

On expose une méthode directe de calcul numérique des efforts à l'encastrement des solides élastiques, suivie dans l'Institut italien pour les applications du calcul, les résultats obtenus dans quelque cas particulier remarquable et les résultats qu'on pourrait atteindre, en général, si on arrivait à la construction des machines à calculer capables de résoudre un très grand nombre d'équations linéaires algébriques.

F. FUIG ADAM

TRANSFORMEES DE LAPLACE DES FONCTIONS EMPIRIQUES

Exposé théorique et pratique comparatif de divers moyens pour obtenir la transformée Laplace d'une fonction $f(x)$ donnée par des mesures expérimentales. Le paramètre de la transformation étant supposé d'abord réel, on formule diverses expressions analytiques de ces transformées en vue d'extrapoler les résultats dans le champ complexe. On considère les erreurs résultants des approximations faites sous le signe intégral ainsi que celles qui proviennent de la substitution de l'intervalle infini à un intervalle fini suffisamment large, dans lequel on opère. Dans le cas où $f(x)$ est donnée par des mesures isolées, les approximations utilisées sous le signe intégral sont : a) Les approximations par des polynômes entiers, en particulier ceux d'approximation minimum de Tchebicheff ; b) Les approximations par des polynômes exponentiels ; c) Les approximations de moyenne, spécialement avec des polynômes de Fourier. On indique deux procédés simples graphiques et graphomécaniques applicables au cas où la fonction est obtenue par un graphique expérimental, relevant de l'usage d'un planimètre ordinaire ou d'un intégraphe. Les résultats des méthodes sont comparés sur un exemple numérique.

LES ERREURS DE CHUTE DANS LES CALCULS SYSTEMATIQUES

On connaît bien les effets, plus ou moins graves, que peuvent avoir les erreurs de chute dans les calculs, et plusieurs efforts ont été faits pour évaluer leur influence, par exemple dans la solution numérique des équations différentielles. Ces efforts sont extrêmement précieux, mais souvent on a totalement traité ces erreurs de chute comme des quantités statistiques, tandis qu'elles sont en réalité des quantités entièrement définies du point de vue mathématiques. Bien que, dans la majorité des cas, il soit permis de les considérer comme des quantités statistiques, il y a d'autres cas dans lesquels il faut en faire une étude plus rigoureuse. Le but de la conférence est d'illustrer ce fait par quelques exemples.

Les calculs systématiques peuvent être de différents types. D'un côté, une certaine opération peut être effectuée de nombreuses fois sur des variables, de telle manière que le résultat d'une opération ne s'introduise pas dans l'opération suivante. Ce cas se présente par exemple dans l'interpolation systématique (ou la formation d'une table plus serrée) pour une table donnée de valeurs d'une fonction déjà existante, ou une des autres opérations linéaires comme la différentiation ou l'intégration numériques dans un petit domaine. A l'opposé, le second cas se présente dans les procédés d'itération où les opérateurs sont les résultats mêmes de la dernière opération ; par exemple, citons, les solutions de relations homogènes de récurrence et d'équations différentielles. Entre ces deux cas extrêmes, nous trouvons des méthodes d'itération dans lesquelles s'introduisent constamment des données étrangères, soient par exemple les solutions de relations de récurrence non homogènes et d'équations différentielles, ainsi que l'intégration dans un grand domaine. Quelques cas simples servent d'illustrations, en partie pour montrer le phénomène très curieux qui peut se présenter si on considère la théorie exacte

en partie parce que, dans quelques cas, on peut trouver des méthodes simples et utiles pour surmonter les difficultés dues aux chutes au moyen de considérations très simples. Parmi les phénomènes, quasi tératologiques, il y a entre autres, des exemples frappants s'opposant à ces idées plus ou moins intuitives qu'aucun renseignement utile ne peut être obtenu de chiffres non significatifs, et que l'augmentation de la précision sur une partie des calculs n'altère pas le résultat. Nous citons à ce propos un exemple où la réponse correcte provient uniquement de chiffres non significatifs, ainsi qu'un autre où une équation différentielle est résolue numériquement avec une précision excellente qui pourrait encore être accrue en prenant plus de chiffres à toutes les étapes du calcul, mais qui disparaît complètement si, par exemple, on prend plus de chiffres pour la valeur de la seule fonction (et non pour celle des dérivées, ou vice-versa). Dans ces deux exemples, demeurent encore plusieurs paramètres de liberté, de telle sorte qu'ils puissent encore être considérés comme relevant de calculs systématiques.

Jean PELTIER

CALCUL DE CERTAINES FONCTIONS USUELLES EN SYSTEME BINAIRE

L'utilisation des machines électroniques calculant en système binaire, qui a déjà permis à M. Louis COUFFIGNAL de faire effectuer à ces machines les opérations de division et d'extraction de racine carrée en des temps sensiblement égaux à la durée d'une multiplication, nous a conduit à rechercher, pour le calcul des fonctions logarithmique, exponentielle et puissance, des méthodes utilisant certaines propriétés arithmétiques simples de la chiffraison binaire.

Ces méthodes consistent à déduire de la valeur donnée x de la variable une valeur voisine x' pour laquelle la fonction cherchée se calcule simplement, et à effectuer un développement limité en fonction de $(x - x')$ x' étant choisi, en outre, de manière que ce développement ne comporte qu'un petit nombre de termes. Elles conduisent à des calculs qui, par comparaison avec les méthodes usuelles, semblent à la fois diminuer la durée des calculs et le nombre de chiffreurs de constantes et de mémoire qu'elles nécessitent.

Des exemples numériques sont cités.

M. V. WILKES

EXPERIENCE D'OPERATIONS EFFECTUEES AVEC L'E.D.S.A.C.

L'article contiendra un exposé de l'expérience que l'on a obtenue en utilisant l'E.D.S.A.C. dans la résolution de problèmes mathématiques, depuis qu'il commença à fonctionner en été 1949. On examinera en particulier la manière dont les commandes sont inscrites sur ruban perforé et la mise en bibliothèque de ces documents. On fera quelques remarques au sujet de l'organisation nécessaire pour que la machine satisfasse à la fois les besoins d'un certain nombre d'utilisateurs différents.

QUELQUES PROBLEMES TRAITES AVEC LE BARK

CARACTERISTIQUES DU BARK. Construit exclusivement de relais au nombre de 5 200 (depuis janvier 1951 : 8 000).

Mémoire ; 50 nombres variables, 100 nombres constants (depuis janvier 1951 : 100 nombres variables, 200 constants).

Représentation des nombres :

$2^p \cdot q$

$|p| < 64$, 6 chiffres binaires

$|q| < 1$, 24 chiffres binaires

Avec signes de p et de q, ceci donne un total de 32 informations binaires pour la représentation d'un nombre.

Entrée et sortie des nombres : 5 stations (transmetteurs télégraphiques ordinaires) peuvent lire des bandes perforées en système décimal. 2 stations peuvent lire des bandes en système binaire.

Egalement, 5 stations peuvent perforer des bandes en système décimal, et 2 stations peuvent perforer en système binaire. En plus, on dispose d'un imprimeur (télétype) capable d'imprimer des chiffres en système décimal ou octal.

Une instruction a la forme

N A op signes B C D

N est le numéro de l'instruction, A et B les adresses des nombres qui devront être combinés par l'opération "op", avec les signes indiqués par "signes", C est l'adresse du résultat et D le numéro de la prochaine instruction.

Les instructions sont communiquées à la machine en faisant les couplages correspondants sur les 5 panneaux d'instructions : panneau A, panneau B, panneau C, panneau des opérations et des signes, et panneau des sauts. Chaque instruction exige normalement une connexion sur chaque panneau (2 sur le panneau d'opérations et de signes).

Opérations :	Transfert	100 ms
	Addition	150 ms
	Multiplication	250 ms
	Divers	variable

("shifts", extractions de p, de q, de partie fractionnaire, etc.).

Impression d'un chiffre 160 ms

Sélecteurs : Il y a dans la machine quatre pyramides de relais qui permettent chacune le choix entre 64 alternatives et 125 petites pyramides choisissant entre 2 alternatives. En faisant passer une des connexions que comprend une instruction, par une de ces pyramides, on obtient que l'adresse en question est soumise à un choix, c'est à dire conditionnelle.

Fonctionnement. Une chaîne de 840 relais (depuis janvier 1951, 1200) est construite de telle façon qu'un relai seulement peut être opéré à la fois. Chaque relai de la chaîne met en action une instruction particulière parmi ceux qui sont couplés sur les panneaux. Après exécution de l'opération indiquée, la chaîne passe à la prochaine instruction normalement de n à $n + 1$; par un couplage sur le panneau des sauts, cet ordre peut cependant être modifié à volonté ; un saut devient conditionnel si l'on fait passer le couplage par une pyramide.

Opérations manuelles. La machine peut opérer de façon automatique ; alors les opérations se suivent avec les vitesses indiquées dessus, ou de façon manuelle, c'est-à-dire aussi lentement qu'on voudra. En opération manuelle, il est possible, à l'aide de lampes sur la table de contrôle, de suivre ce qui se passe dans la machine pendant chaque instruction.

Renseignements pratiques. Envisagé et projeté par M. C. Palm qui a ensuite dirigé la construction, le BARK a été projeté en détail par un petit groupe de discussion, dessiné dans la plus grande partie par MM. Freese et Neovius, et bâti aux usines de l'administration Royale des Télégraphes et Téléphones de Suède.

Des premiers plans furent discutés en Décembre 1948, et en Février 1950 la machine a accompli son premier travail : une table de cosinus.

Les frais ont été environ de 400 000 couronnes suédoises, c'est-à-dire autour de 25 millions de francs français.

Le matériel utilisé dans le BARK est celui qui est ordinaire : dans la téléphonie automatique ; très peu de choses ont été construites spécialement pour cette machine. En particulier les méthodes de montage et de couplage sont identiques à celles utilisées dans une centrale de téléphone. Naturellement, ce fait a beaucoup contribué à diminuer le temps de construction.

On donnera des exemples qui illustreront d'une part quelques méthodes de "checking" qui se sont montrées utiles pour le BARK, d'autre part les possibilités d'intervention manuelle qu'offre cette machine.

LE CALCUL MECANIQUE ET L'ART DE L'INGENIEUR

1. On connaît l'importance du calcul numérique pour l'Ingénieur. On constate cependant, chez ce dernier, une ignorance encore presque totale des possibilités actuelles des machines à calculer (excepté dans le domaine de l'aéronautique ; voir § 3). Cette situation paradoxale est due, en ordre principal, au fait que le calcul mécanique est né et se développe "en dehors" de l'Art de l'ingénieur civil. Le développement est rapide, et l'utilisation ne suit pas.

Il devient urgent, devant cette carence, d'établir à l'intention de l'ingénieur un bilan des possibilités nouvelles (machines), de lui demander de dresser l'inventaire de ses besoins (applications), et de mettre à sa disposition des outils prêts à l'emploi (méthodes).

La présente communication a pour objet de faire le point en ce qui concerne ces aspects fondamentaux de la mécanisation du calcul scientifique et technique. On en dégagera des directives valables pour l'avenir immédiat.

2. Devant la diversité des engins de calcul mécanique actuellement utilisables (l'expression "calcul mécanique" étant prise dans le sens élargi de "calcul automatique"), il est commode de faire la distinction entre (1) machines arithmétiques et machines analogiques (ou algébriques), (2) machines de laboratoire et machines commerciales, (3) grandes et petites machines. Du point de vue des applications à l'Art de l'Ingénieur, on peut alors montrer que l'intérêt est essentiellement concentré, pour l'instant, sur trois combinaisons fondamentales, à savoir :

- a) Grandes machines arithmétiques de laboratoire ;
- b) Petites machines arithmétiques commerciales ;
- c) Machines analogiques commerciales de dimensions variées.

Les développements actuels sont dominés par les éléments suivants (spécifiquement propres au domaine de l'Ingénieur) :

- a) Importance des prestations fournies par les machines commerciales à cartes perforées (rôle de l'IBM) ;
- b) Passage de la construction des grandes machines mathématiques du plan du laboratoire au plan industriel (Eckert-Mauchly Computer

Corp., Raytheon) ;

c) Utilisation conjointe des machines arithmétiques et des machines analogiques (analyseurs différentiels, simulateurs) ;

d) Apparition des appareils de transfert.

3. Les champs principaux d'utilisation du calcul automatique sont la balistique, la physique nucléaire et l'aéronautique. De ces disciplines, seules la dernière relève de l'Art de l'Ingénieur. Les applications du calcul automatique y sont, dès à présent, considérables (Etats-Unis). Elles concernent les calculs de structures, de vibrations, etc.

Il faut maintenant promouvoir l'emploi des machines dans les domaines de la mécanique, de l'électricité, du génie civil, de la physique industrielle, etc. Les applications y sont encore sporadiques, mais on y aperçoit de larges possibilités d'expansion.

4. Les problèmes pour lesquels des méthodes doivent être développées immédiatement et d'une manière systématique, sont :

a) La résolution des systèmes d'équations algébriques linéaires à grand nombre d'inconnues ;

b) La résolution des équations différentielles ordinaires ;

c) La résolution des équations aux dérivées partielles.

Vient ensuite l'analyse harmonique, la construction des tables numériques, etc.

5. Il nous paraît important d'attirer spécialement l'attention sur les points suivants :

a) Manque de doctrines d'ensemble dans toutes les branches du calcul automatique ;

b) Importance du choix des machines (adaptation du matériel) ;

c) Nécessité absolue de développer l'analyse numérique préalablement à toute mécanisation du calcul scientifique ;

d) Nécessité de mettre en oeuvre des procédés de calcul appropriés au mode de travail des machines utilisées (adaptation des méthodes).

6. On envisagera enfin le problème de la création et de l'exploitation des bureaux de calcul. L'aspect de ce problème est triple : localisation et énoncé des problèmes (ingénieur), élaboration des méthodes et formulation des calculs (mathématicien), conduite des machines (technicien). Ces activités doivent être étroitement coordonnées. Elles impliquent un travail en équipe et une forte spécialisation du personnel d'exécution.

La création de bureaux centraux de calcul ne peut être évitée (point de vue économique) par les petits pays ni par les industries de petite et de moyenne importance.

COLLOQUES INTERNATIONAUX DU C. N. R. S.

COLLOQUE DE L'INSTITUT BLAISE PASCAL

"LES MACHINES A CALCULER ET LA PENSEE HUMAINE"

Paris : 8 au 13 Janvier 1951

RESUMES DES COMMUNICATIONS

présentées à la

3ème Section

fig.

LES GROSSES MACHINES, LA LOGIQUE ET LA PHYSIOLOGIE DU SYSTEME NERVEUX

Séances des vendredi 12 et samedi 13 Janvier 1951

LES MACHINES A CALCULER ET LE CERVEAU HUMAIN

Les comparaisons entre machines à calculer et cerveaux se font habituellement de façon analytique, à l'échelle élémentaire du tube électronique et du neurone. Comparer ces deux organes dans leur ensemble est certainement plus aventureux mais peut-être aussi utile.

Il existe en fait de nombreuses analogies entre une machine à calculer et les régions cérébrales dites "associatives", régions "pensantes" du cerveau :

- toutes deux ne fonctionnent que lorsqu'on les sollicite par leur pôle adéquat, en dehors duquel toute stimulation est inefficace.

- Lorsqu'on sollicite ces deux organes par leur pôle adéquat, l'information peut par contre être appliquée à n'importe quel étage du circuit d'entrée. Ainsi l'on peut dire sans ambiguïté que les machines à calculer, comme les régions associatives, sont sujettes à des hallucinations.

- Dans les machines à calculer comme dans les régions associatives, des erreurs "d'aiguillage" peuvent se produire dans les circuits qui participent à la transformation des informations. Dans les deux cas il en résulte des erreurs ou des illusions de perception ou de jugement.

A côté de ces analogies il existe cependant d'importantes différences entre machines à calculer et cerveau. Une des principales réside dans la quasi infaillibilité des premières tandis que les seconds fonctionnent avec une importante et continuelle "frange" d'erreurs. C'est probablement la logique stérile des premières et l'erreur fertile des seconds qui constituent la principale différence entre la machine inerte et le cerveau qui s'adapte et évolue.

Quittant le point de vue global pour en venir aux données de l'analyse, l'Auteur insiste sur l'analogie suivant laquelle les machines à calculer et le cerveau sont des structures très complexes, constituées par un très grand nombre d'une très petite variété d'élé-

ments. Il en résulte que la simple observation ne peut que nous suggérer des hypothèses et la compréhension réelle ne vient que lorsque nous pouvons nous poser des questions susceptibles d'avoir une réponse sur le plan expérimental.

Une des hypothèses que peut suggérer la simple observation des structures cérébrales lorsque, dans leur déconcertant monomorphisme, on les compare aux machines à calculer, est que la répartition des informations doit s'y faire, comme dans celles-ci, à l'aide de dispositifs de commutation à positions multiples. Cette hypothèse a déjà été sous-entendue par Mc Culloch et Walter. L'Auteur pense avoir apporté à l'hypothèse d'une "commutation" diencéphalique des informations afférentes, quelques preuves physiologiques dont les plus valables sont : a) les expériences qu'il a faites à Montréal avec John Hunter où il montre que la réponse cérébrale à la lumière, d'abord isolée dans le seul système rétino-géniculo-occipital, est soudainement "orientée" vers le thalamus et le cortex frontal, lorsqu'on injecte une quantité suffisante de cardiazol. b) Les constatations qu'il a faites chez de nombreux épileptiques où la réponse à la lumière peut occuper aussi bien le cortex occipital que frontal, temporal ou pariétal. Pareilles constatations semblent bien infirmer les conclusions classiques et laissent au contraire présumer qu'il existe à la hauteur du métathalamus, des "possibilités" de jonctions entre ces voies et d'autres voies thalamofuges. Cette notion apporte un substratum physiologique simple au phénomène de la compénétration sensorielle. Elle explique cette dispersion harmonieuse des informations sans laquelle la vie psychique ne saurait présenter cet aspect dynamique et protéomorphe, auréolé et frangé, que Williams James nous a habitué à lui reconnaître.

Au moment de conclure, faudra-t-il répondre à la question : les machines à calculer peuvent-elles penser ? L'auteur estima que les machines à calculer ont été faites par des hommes et pour eux ; elles n'ont été faites que pour réaliser vite et bien des opérations longues et oiseuses ; elles ont au surplus l'avantage imprévu d'être un modèle extrêmement utile pour celui qui voudrait leur comparer les régions associatives d'un cerveau. Elles fournissent de ce point de vue, au psycho-physiologiste, une importante occasion de "penser", mais il serait pour le moins prématuré de supposer qu'elles soient elles-mêmes susceptibles de le faire.

LES TRAVAUX D'AUTOMATISME DE L'ECOLE ESPAGNOLE

Les plus importants travaux sur l'automatisme en Espagne sont, je crois, ceux de mon père, Leonardo TORRES-QUEVEDO. Il me semble même que sa place dans le monde, est en toute première ligne parmi les précurseurs de l'automatisme, aujourd'hui si étendu. Il y a certainement des savants qui, avant lui, ont étudié ces problèmes et d'autres qui ont atteint de nos jours des résultats plus complets à certains points de vue. Mais c'est bien mon père qui, le premier, a établi, il y a cinquante ans, quelques principes généraux sur les machines à calculer, et, il y a trente six ans, d'une façon plus complète et plus large, sur l'automatique et la possibilité théorique de construire des automates. En même temps il construisait, divers appareils fort intéressants, quelques-uns comme des applications ou des démonstrations de ses théories, tandis que d'autres étaient des réalisations plus ou moins utiles et pratiques.

Avant d'en donner un bref résumé, je dois dire quelques mots de sa vie. Leonardo TORRES-QUEVEDO naquit en 1852 et mourut en 1936. Il obtint le titre d'ingénieur des Ponts et Chaussées en Espagne, mais il pratiqua à peine cette profession et se voua à ses travaux scientifiques et mécaniques. Il obtint beaucoup de succès en Espagne, en France et au Portugal. Il fut toujours un grand ami de la France, et eut de grands amis français. Qu'il me soit permis de faire mention ici de deux savants bien connus, M. Gabriel KOENIGS et M. Maurice d'OCAGNE. Le premier l'aidera en mettant à sa disposition son laboratoire de la Sorbonne (quoique la grande majorité des appareils avait été construite en Espagne) et le deuxième publia de nombreux articles sur ses travaux. Parmi d'autres titres d'honneur, il fut président de l'Académie des Sciences à Madrid, membre correspondant d'abord, puis associé ensuite à celle de Paris, docteur honoris causa aux universités de la Sorbonne et de Coimbra et il était en possession de plusieurs grandes croix espagnoles et portugaises ; le gouvernement français lui accorda la croix de commandeur de la Légion d'Honneur.

Ses premières publications sur les machines à calculer remontent à 1895. Il présenta en 1900 un mémoire à l'académie des Sciences françaises et le rapport par les commissaires MM. Marcel DEPREZ, POINCARÉ et APPELL, rapporteur, contient à la fin les lignes suivantes :

"En résumé, M. TORRES a donné une solution théorique, généra-

"le et complète, du problème de la construction des relations algébriques et transcendantes par des machines ; il a, de plus, construit effectivement des machines, d'un maniement commode, pour la résolution de certains types d'équations algébriques qui se présentent fréquemment dans les applications."

Ce mémoire fut publié par l'Académie au recueil des savants étrangers. Parmi les appareils construits qui se rattachent aux principes exposés dans ce mémoire, il y a deux machines algébriques qui donnent les racines réelles d'équations jusqu'au 9^{ème} degré ; une machine à résoudre une équation du 2^{ème} degré à coefficients complexes et une machine qui donne toutes les solutions particulières qu'on veut d'équations différentielles données.

Peu après, il se préoccupe des appareils de commande à distance. En 1903, il présente à l'Académie française un appareil qu'il avait déjà fait construire, qu'il nomme "télékine" pouvant servir à commander à distance un bateau ou un ballon dirigeable. Des essais furent faits les années suivantes à Madrid et à Bilbao, en présence du Roi et d'une foule considérable. Un canot commandé depuis la terre, accomplit d'une façon parfaite les évolutions désirées. Avant le télékine, on avait fait des expériences de commande à distance mais pour des choses beaucoup plus simples, comme par exemple allumer et éteindre une lampe. Peu après la date indiquée, divers appareils analogues au télékine ont été essayés : "à diverses reprises des inventeurs sans doute de bonne foi, ont cru être les premiers à utiliser les ondes hertziennes pour effectuer des commandes à distance." La citation est d'un article de M. Maurice d'OCAGNE, publié en 1938. Ces travaux de commande à distance furent, je crois, le commencement de ses idées sur l'automatique, qu'il développe plus tard à une plus grande échelle.

Au mois de Janvier de 1914, il publie dans la revue de l'Académie des Sciences de Madrid un travail qui avait pour titre : "Essai sur l'automatique. Sa définition. Eten due théorique de ses applications". Il a fait voir "qu'il est toujours possible de construire un automate dont tous les actes dépendent de certaines circonstances, plus ou moins nombreuses, suivant des règles qu'on peut imposer arbitrairement au moment de la construction."

Les machines qu'il fit construire, et qui se rattachent à cette conception de l'automatisme, comprennent entre autres, le premier joueur d'échecs (1912-1914) et le deuxième (1920-1921) qui, tous les deux, font mat avec le roi et une tour ; l'arithmomètre électromécanique (1920) qui fait les quatre opérations arithmétiques d'une façon absolument automatique, écrit les résultats, les totalise, et, dans la division, évite la perte de deux temps quand le diviseur est plus grand que le res-

te ; l'arithmomètre mécanique, construit postérieurement, qui en fait autant ; une balance qui fait automatiquement des pesées délicates et un joueur d'un jeu très simple sur un nombre de billes, qui agit à volonté d'une façon adroite ou maladroite.

Dans ses travaux sur les machines analytiques mon père eut toujours en vue les travaux du grand savant anglais BABBAGE, mais les solutions sont différentes.

Plusieurs de ces appareils ont été exposés maintes fois en Espagne, en France et au Portugal. Mon père, en plus de ces travaux scientifiques, développa d'autres inventions touchant à l'art de l'Ingénieur, notamment les ballons dirigeables dont plusieurs, du type inventé par lui, furent au service des armées françaises et anglaises pendant la première grande guerre, et les transbordeurs aériens.

Il y a en Espagne d'autres inventeurs de machines à calculer. Au moment d'écrire ce résumé je ne suis pas suffisamment renseigné. J'espère pouvoir en donner un léger aperçu dans l'exposé pour le colloque.

Trois appareils au moins seront présentés au colloque : la fusée sans fin (qui est la partie la plus originale des machines algébriques), le télékine essayé à Bilbao et le deuxième joueur d'échecs. Peut-être, s'il y a possibilité pourrai-je présenter d'autres appareils appartenant à mon père ou à d'autres inventeurs espagnols.

PRESENTATION DES APPAREILS de Leonardo TORRES-QUEVEDO

1. Le joueur d'échecs automatique
2. Le télékine, premier appareil construit dans le monde pour le radioguidage des bateaux
3. La fusée sans fin de la machine à résoudre les équations algébriques

Le joueur d'échecs automatique. - C'est la deuxième des 2 machines que mon père fit construire comme une démonstration amusante et qui frappe l'attention. Elle prouve qu'on peut construire des automates agissant en apparence avec discernement. Il suffit au moment de la construction de préciser la façon dont ils doivent agir dans tous les cas, basée sur certaines règles imposées à l'avance.

Il serait pratiquement impossible de construire une machine capable de jouer une partie complète d'échecs d'une façon raisonnable, c'est-à-dire comme un joueur de force moyenne.

Pour construire le joueur d'échecs, faisant le mat avec une tour et un roi, contre un roi, présenté au Colloque, mon père établit tout d'abord les règles précises qui conduiraient nécessairement au mat. Ensuite il fit le projet de l'appareil qui suivrait aveuglément ces règles. Ce serait hors de propos dans ce résumé de prétendre expliquer les règles et les détails de la construction de la machine. Je dirai seulement que c'est une machine électro-mécanique ; que les positions des 3 pièces, c'est-à-dire du roi et de la tour de l'appareil, et du roi et de son adversaire sont enregistrées à tout moment dans la machine tant en position horizontale que verticale et que le coup qu'elle joue dépend des positions enregistrées. Je dois faire remarquer que les règles, établies par mon père et que l'appareil suit fidèlement, ne sont pas celles qui conduisent à gagner le jeu avec le plus petit nombre de coups ; il ne s'en est pas préoccupé ; il a voulu seulement démontrer la possibilité qu'a le joueur d'échecs d'agir apparemment, non avec le discernement d'un joueur fort mais avec celui d'un joueur médiocre. Si l'adversaire de la machine fait un coup incorrect, elle l'avertit en allumant une lampe ; au troisième coup incorrect elle ne veut plus jouer, il faut engager une nouvelle partie. Quand l'appareil fait échec au roi elle l'annonce au moyen d'un gramophone. Quelquefois elle oublie de jouer correctement d'accord avec les règles, elle tatonne, à la fin elle recouvre la mémoire.

Le télékine. - Le principe fondamental pour les diverses manoeuvres exécutées par les cervo-moteurs est de fermer un circuit électrique pour chacune des différentes manoeuvres. Le moyen d'agir consiste à produire un certain nombre d'ondes hertziennes, la manoeuvre qui a lieu dépendant uniquement du nombre de ces ondes qui ont été produites. A chaque onde hertzienne que l'appareil reçoit, l'armature d'un électro-aimant agit sur un cliquet qui fait avancer d'un pas une roue à rochets à laquelle est unie un commutateur qui fait contact successivement sur plusieurs plots électriques. Il faut éviter que les manoeuvres correspondantes aux plots intermédiaires aient lieu. On obtient cela au moyen d'un système nommé contact retardé. Avec cet appareil on peut commander plusieurs positions du gouvernail ; deux vitesses différentes en avant, deux autres en arrière, et un état de repos pour l'hélice. Indépendamment de ces manoeuvres on peut saluer avec un drapeau montant et descendant sur un mat. S'il s'écoule un temps trop long sans que l'appareil reçoive aucun signal, le gouvernail maintient sa position et l'hélice s'arrête. Il en est de même si on envoie un signal excessivement long ou que l'appareil souffre d'une avarie équivalente.

Fusée sans fin. - La plupart des machines algébriques inventées

par mon père calculent la valeur d'un polynome avec les différentes puissances de x . Quand on donne à x toutes les valeurs dans une large étendue, il faut observer si la valeur du polynome passe par zéro : la valeur de x à ce moment est une des racines de l'équation qui s'obtient en égalant la valeur du polynome à zéro.

Toutes les valeurs sont écrites sur des tambours dans des échelles logarithmiques. Ainsi pour obtenir un produit il suffit d'additionner les valeurs des déplacements angulaires des 2 tambours, ce qui est facile au moyen d'un train épicycloïdal d'engrenage. Une puissance s'obtient facilement en multipliant le déplacement angulaire par l'exposant ; on arrive à ceci au moyen d'un train fixe d'engrenage, mais une addition est plus difficile ; et pour avoir la valeur du polynome il faut faire nécessairement l'addition des monomes. C'est ce que mon père a obtenu en construisant d'une façon mécanique le système des logarithmes additifs de GAUSS. La fusée sans fin exprime la liaison $y = \log (10^x + 1)$.

La courbe représentée par cette formule a deux asymptotes ; on substitue la courbe par des asymptotes à partir des points où elle s'en rapproche suffisamment. Une des asymptotes est horizontale, ce qui correspond à un rapport des vitesses infini. On obtient cela au moyen d'un artifice composé de plusieurs engrenages. La partie centrale de la courbe, qui n'est pas substituée aux asymptotes, correspond à un rapport des vitesses variable, ce qui s'obtient par un engrenage spécial.

W. Ross ASHBY

L'HOMEOSTAT

Les principes des machines à calculer ne sont probablement pas ceux du cerveau vivant, car ces deux mécanismes ont des fins très différentes. Le but de la machine à calculer est d'obéir à des ordres, donnés arbitrairement ; celui du cerveau est de maintenir les variables physiologiques essentielles à l'intérieur des limites - les "homéostases" de CANNON - car un tel maintien est nécessaire à la vie. Pour le philosophe, le cerveau peut bien être un organe de réflexion, mais pour le biologiste le cerveau est, comme tout autre organe du corps, un moyen de survivance. Dès lors, la machine à calculer et le cerveau vivant servent à des fins très différentes, et nous pouvons nous attendre à ce que leurs constructions de bases soient aussi différentes.

Quand l'organisme entre en interaction avec son voisinage, chaque élément affecte l'autre ; ainsi, les deux ensembles forment un système de feed-back. Si les " constantes disponibles " du cerveau, ou paramètres, ont des valeurs convenables, elles agissent toutes homeostatiquement ; les variables essentielles sont maintenues à l'intérieur de leurs limites normales, et le comportement de l'organisme est "adapté" à son milieu. Le problème du cerveau est : comment trouver les valeurs convenables de ses paramètres quand il n'y a pas de direction supra-mécanique, de sorte que le cerveau lui-même puisse trouver automatiquement les valeurs convenables.

Les valeurs peuvent être automatiquement trouvées par tout système s'il a un feed-back de second ordre, c'est-à-dire un feed-back qui commande et qui corrige les feed-backs primaires ; car, si les paramètres entrent en interaction avec les variables essentielles de telle manière que, celles-ci sortant de leurs propres limites, les paramètres passent de leurs valeurs erronées à un nouvel ensemble

de valeurs qu'on peut choisir au hasard, on peut montrer qu'un tel système se mettra à la recherche d'un groupe de valeurs des paramètres qui fournira les homéostases et le comportement normal de recherche d'un objet défini, quelque soit le genre de voisinage auquel il est relié.

L'homéostat démontre les propriétés d'un tel feed-back de second ordre. Quatre éléments représentant le cerveau et son voisinage en liaison l'un avec l'autre sont contraints d'agir de telle sorte que ces éléments maintiennent quatre aiguilles en position centrale, correspondant au maintien de quatre variables physiologiques à leurs valeurs optima. L'opérateur peut modifier de divers paramètres et conditions de fonctionnement dans la partie représentant le voisinage et démontrer ainsi, qu'indépendamment de la modification du "voisinage", le "cerveau" trouvera une série de valeurs des paramètres qui rétabliront l'homéostasie.

Ainsi, la machine montre quelques unes des propriétés biologiques fondamentales du cerveau vivant et suggère que, peut-être, le cerveau vivant peut utiliser des feed-backs de second ordre dans ses activités d'autorégulation.

REALISATION MECANIQUE DE MODELES DE STRUCTURE CEREBRALE

Présentation d'animaux artificiels

Les physiologistes sont souvent découragés par l'énorme complexité du système nerveux. Les méthodes d'études sont, de beaucoup, hors de proportion avec le nombre possible d'unités actives - plus de dix milliards dans le cas du cerveau humain. Les impressions subjectives de personnalité et la diversité de l'expérience humaine semblent nécessiter un cerveau de grande complication mais des considérations théoriques et l'expérience suggèrent que l'élaboration peut être, moins dans le nombre d'unités que dans la richesse de leur interconnection ou seulement dans cette dernière. Avec seulement deux éléments actifs, sept modes d'existence sont possibles (0, A, B, A+B, $\bar{A}\bar{B}$, $A\bar{B}$, $A\bar{B}$) ; six éléments suffiraient à fournir une nouvelle expérience chaque dixième de seconde pendant toute une longue vie. Le cerveau peut contenir jusqu'à 1 000 éléments actifs sous forme de groupes de neurones semblables mais des expériences faites sur des modèles contenant seulement deux éléments confirment que ce comportement, en apparence imprévisible, capable de fin et de discernement, peut résulter d'opérations de permutations qui leur sont propres. Ces modèles (qu'on espère présenter) illustrent deux des principes de base du type animal - ECONOMIE et PLASTICITE. Ils manifestent les traits suivants de comportement.

1. Recherche (examen). En l'absence d'une excitation adéquate (signal) telle qu'une lumière, le modèle est en mouvement constant et recherche son horizon jusqu'à ce qu'il reçoive un signal ou que sa puissance motrice soit épuisée.
2. Propisme positif (feed-back orienté) - Quand un signal lumineux adéquat est reçu, le processus de recherche est arrêté et le servomoteur de direction conduit le modèle vers la source lumineuse.
3. Recherche d'un optimum. Quand l'intensité de la source lumineuse dépasse une certaine valeur, le servomoteur de direction est remis en service de façon que le modèle évite la source et tourne autour d'elle.
4. Suppression du dilemme de Buridan. Lorsque deux sources lu-

mineuses de même intensité sont à la même distance du modèle, ses mécanismes scrutateurs et de recherche d'optimum font en sorte qu'il s'approche d'abord de l'une puis de l'autre, et, toutes choses égales d'ailleurs, il oscillera entre les deux.

5. Tropisme négatif. Quand le modèle rencontre un obstacle matériel, un circuit se forme pour transformer l'amplificateur interne en multivibrateur, conduisant à faire alterner des mouvements d'allées et venues combinés à un changement de direction, si bien qu'il déplace l'obstacle, passe dessus ou en fait le tour. Il se "souvient" de l'obstacle pendant environ une seconde.

6. Discernement. Lorsque le comportement du modèle est du mode 5, tous les autres modes sont impossibles, si bien que le modèle est indifférent à des excitations positives et à distance tandis qu'il reste accessible aux excitations négatives immédiates.

7. Homéostasie interne. Lorsque la puissance motrice interne est sur le point d'être épuisée, le mode 3 devient impossible, si bien que le modèle peut approcher tout près d'une source lumineuse et, s'il peut utiliser des connections convenables, il récupérera sa puissance motrice ; pendant cette opération, tous les autres modes sont impossibles.

8. Reconnaissance de soi. Une petite source-pilote lumineuse est connectée au circuit du servo-moteur de recherche et de direction. Si le modèle reçoit un signal de sa propre source lumineuse réfléchi dans un miroir, cette source s'éteint. Le signal est ainsi supprimé et le servo-moteur de recherche et de direction est de nouveau connecté, mais cela remet en marche le signal, et ainsi de suite. Il se produit des oscillations qui engendrent un schéma spécifique de comportement.

9. Reconnaissance mutuelle. Soient deux tels modèles, chacun recevant des signaux de la lampe-pilote de l'autre ; chacun éteindra la sienne, et de nouveau s'établiront des oscillations complexes entre les deux modèles, engendrant un schéma caractéristique de comportement "social".

APPRENTISSAGE PAR ASSOCIATION. - L'addition de deux ou trois tubes supplémentaires confère au modèle le pouvoir d'établir et de supprimer des réflexes conditionnés simples. Les conditions minima requises peuvent être énoncées comme suit :

1. Différentiation, quant à la durée de signaux spécifiques
2. Extension, quant à la durée de signaux neutres
3. Mélanges d'excitations spécifiques et neutres en coïncidence
4. Sommation au moment des coïncidences

5. Mise en action de systèmes de préservation par la somme des coïncidences
6. Mémorisation avec une faible diminution dans le temps de l'information qu'un certain nombre de coïncidences a été observé
7. Combinaison d'informations mémorisées avec un nouveau signal neutre pour former une nouvelle réponse.

Les circuits électroniques effectuant ces opérations sont très simples ; le comportement des modèles, ainsi équipés, suit de très près celui d'animaux simples, dans un laboratoire étudiant les réflexes conditionnés. Des névroses apparaissent et diminuent lentement avec le repos, plus rapidement avec un choc, de façon permanente quand on retire en bloc le circuit d'étude. La nécessité d'avoir trois paramètres de temps distincts pour cette fonction apparemment simple est digne d'être notée.

Dans ce modèle le processus de mémorisation est dû à une oscillation faiblement amortie ; si elle n'est pas entretenue, elle ne descend au-dessous du seuil en quelques minutes. Après chaque opération d'entretien, elle est rétablie à son niveau original. Après un certain nombre de ces opérations, elle peut devenir permanente.

Des expériences, de poursuivant à l'heure actuelle, suggèrent que les structures et les mécanismes responsables de ces sept opérations dans des cerveaux animaux peuvent être identifiés et isolés. Les quatre premières opérations sont des composantes essentielles de l'estimation statistique du milieu extérieur ; ces trois dernières constituent la mémoire et le souvenir.

LES MACHINES A CALCULER ET LA FORME (GESTALT)

Une des premières questions de la Cybernétique fut de savoir si une machine était capable de reconnaître la forme, ou même cette généralisation de la forme que les psychologues allemands connaissent sous le nom de "Gestalt" ; et ceci apparut en effet possible.

Dans l'ordre de ces idées, le Docteur Mc Culloch s'efforça de construire une machine permettant aux aveugles de "lire" par audition, et dont la structure présentait une remarquable analogie avec le cortex visuel du cerveau humain. De même un appareil (Vocoder) fut construit pour les sourds totaux, comportant un vibreur en contact avec l'extrémité des doigts. Il fut constaté que l'appareil formait des modèles mathématiques très semblables pour un même mot prononcé par des voix différentes, et des modèles différents pour des mots prononcés par la même voix.

Le mathématicien Stephan Bergmann, étudiant les fonctions à plusieurs variables complexes, représentable dans l'espace à quatre dimensions ou plus, montra également qu'une machine pouvait avoir la "perception" des propriétés topologiques de cet espace, ce qui est impossible pour notre système nerveux. Les idées de Bergmann suggèrent ainsi que le Gestalt lui-même peut être identifié par des moyens mathématiques.

On conçoit ainsi que l'on puisse construire des machines capables de rendre perceptibles des formes actuellement inaccessibles au cerveau humain. Cet emploi des machines à calculer paraît plus intéressant que les applications à des calculs numériques même actuellement irréalisables par d'autres moyens.

LES SYSTEMES LINEAIRES RETROACTIFS EN CHAINE ET LES FRACTIONS CONTINUES

Après un bref aperçu de la schématisation formelle des correspondances entre les fonctions d'entrée et de réponse (input et output) des systèmes physiques linéaires, l'auteur observe que si l'on prend comme fonction de transformation d'un système le quotient entre les transformées de Laplace des fonctions d'entrée (dividende) et de réponse (diviseur) la fonction de transformation d'un système à feed-back simple a la forme d'un échelon de fraction continue. Pour un ensemble de systèmes linéaires de contrôle enchaînés de telle sorte que chacun d'eux est contrôlé par le suivant, la fonction de transformation totale s'exprime au moyen d'une fraction continue dont les quotients incomplets sont les fonctions de transformation des circuits rétroactifs successifs. Les procédés d'approximation et de convergence de cet algorithme suggèrent de possibles applications techniques et psychophysiologiques en relation avec les questions de stabilité.

A. M. UTTLEY

RECONSTITUTION DES OPERATIONS D'APPARENCE LOGIQUE AU MOYEN DES MACHINES A CALCULER

Le propre d'une machine à calculer est la mise en oeuvre de l'information, et sa disposition et sa codification sous une forme différente. Le mot "information" est ici pris dans le sens où l'entend Claude SHANNON et d'autres, son unité étant le chiffre binaire (ou bit). Une machine à calculer conserve, transfère et compare des chiffres. Les deux premières opérations, quoique peut-être difficiles à effectuer, sont des opérations simples ; elles furent d'abord mises à exécution par des moyens non spécifiquement humains quand les hommes inscrivaient des symboles durables sur du papier ou de la pierre. Le nouvel échelon est celui de la comparaison automatique.

Dans le calcul, la comparaison de base est celle de l'addition, Dans la logique formelle, la comparaison de base est "et", c'est-à-dire l'existence simultanée. Toutes les formes possibles de comparaison peuvent être effectuées au moyen de la relation de base "et", ainsi qu'avec l'idée "non", c'est-à-dire "l'opposé de".

Bien que les spéculations logiques et mathématiques n'augmentent pas l'information, elles peuvent lui donner une forme plus acceptable pour le cerveau humain. La traduction de langues étrangères et la réduction d'un très grand nombre de mesures à une loi simple et générale en sont des exemples. C'est le nombre de comparaisons considérées qui mesure la complexité du procédé mental mis en oeuvre.

Raisonnement déductif

Il domine la plupart des calculs. Si on donne une loi générale entre deux nombres x et y , x ayant dans un certain cas une

certaine valeur, y est calculé par déduction. On donnera également un exemple d'un problème de logique contenant une déduction et qui peut-être résolu par une machine à calculer.

Raisonnement inductif

On considère un ensemble fini d'objets ; chacun d'eux est décrit par un groupe de chiffres, chacun de ces chiffres définissant la présence ou l'absence d'une propriété. Il peut être possible d'observer un groupe de propriétés possédées par chacun des objets ; on peut alors établir une loi générale s'appliquant au groupe fini envisagé. La découverte d'une telle loi sera appelée un acte de raisonnement inductif. Toute affirmation qu'une telle loi peut s'appliquer à des faits inobservés jusqu'à alors est un acte de foi scientifique.

Il y a une importante exception qui concerne le raisonnement inductif dans le champ des mathématiques pures, quand on le compare à celui des sciences expérimentales. En mathématiques l'extrapolation d'une loi tirée d'objets observés à d'autres objets encore non observés, est scientifiquement et logiquement possible. En effet, on a défini initialement les objets en question - les nombres - d'après leurs lois. Toutes les lois mathématiques ne sont que des modifications de ces lois de base ; et par conséquent l'extrapolation est possible. Que les lois complexes ainsi déduites soient applicables au monde physique, ce n'est pas du ressort du mathématicien pur.

On montrera que le raisonnement inductif tel qu'il est décrit ici est possible pour une machine à calculer. Comme exemple, on décrira celui d'une reconnaissance de modèle. On montrera que beaucoup de formulaires de tests d'intelligence sont possibles pour une machine. On en déduira aussi que dans le champ de la psychologie expérimentale humaine et animale, on peut décomposer les ensembles d'épreuves en éléments de mémoire et de comparaison, et, de ce fait, les évaluer quantitativement.

LA COMMANDE CENTRALE de la MACHINE NERVEUSE

On a l'habitude de considérer dans la machine nerveuse surtout l'aspect élémentaire : les propriétés des impulsions nerveuses et leur cheminement dans une structure neuronique organisée comportant de nombreux circuits réactifs d'autorégulation suffiraient à expliquer l'harmonie du fonctionnement de la machine. En fait, comme l'indique Lapicque, ceci n'est suffisant qu'à l'échelon du réflexe le plus simple; pour comprendre la complexité intégrale du fonctionnement nerveux notamment dans l'écorce cérébrale, il faut faire intervenir un poste central de régulation centralisant tous les messages d'autorégulation et tenant sous sa dépendance l'ensemble des neurones.

L'existence d'un tel centre analogue de l'organe de programmation des machines et qui organise le système nerveux à l'avance en vue de l'acte à accomplir est prouvée par deux ordres de considérations expérimentales distinctes, d'une part la mise en évidence d'un dispositif régulateur de la veille, du sommeil et de l'humeur dans la base de l'encéphale, d'autre part la localisation dans cette même région par la chronaximétrie d'un centre de la subordination tenant sous sa dépendance l'état de dynamogénie ou d'inhibition de tous les neurones et le réglant au mieux des besoins. Ces deux dispositifs peuvent être identifiés, le sommeil apparaissant comme une mise au repos du centre de subordination.

L'analogie entre les rouages nerveux d'exécution et les machines est remarquable ; tous deux sont au service de la pensée. Mais ce serait une erreur d'en tirer argument pour une conception dualiste de la pensée se ramenant à celle de Descartes qui dans une région voisine de la base du cerveau voulait voir le point d'insertion de l'âme ; si complexe que soit le psychisme, il n'apparaît pas comme un esprit agissant de façon incompréhensible sur la matière, mais comme l'aspect intérieur, l'émergence surgissant de la complexité du fonctionnement physiologique cérébral. Ici le cerveau dépasse la machine, si complexe soit-elle, car l'émergence d'une conscience réfléchie véritable suppose une vraie sensibilité apanage de la vie qui permet à la machine nerveuse plus autorégulée encore que la machine artificielle de se construire elle-même. La psychophysiologie moderne dépassant les stériles oppositions entre matérialismes et spiritualisme envisage l'être vivant comme une unité.

Louis COUFFIGNAL

QUELQUES ANALOGIES NOUVELLES ENTRE STRUCTURES DE MACHINES A CALCULER ET STRUCTURES CEREBRALES

Les machines arithmétiques possèdent une mémoire permanente et une mémoire temporaire. Leur fonctionnement est le fait d'impulsions brèves aiguillées dans des circuits complexes.

L'analogie de structure d'une synapse et d'un transistor conduit à postuler l'existence de flips-flops synaptiques, organes de mémoire permanente, et d'une imprégnation électronique du tissu synaptique, phénomène de mémoire temporaire.

La règle de recherche logique de Pascal : remplacer le défini par la définition, suggère un mode d'édification des concepts qui conduit à situer les règles de la logique dans la structure des circuits nerveux ; on explique aisément, ainsi, certaines agnosies. Mais on doit, pour des raisons anatomiques, admettre que le cerveau contient une mémoire permanente et une mémoire temporaire. Leur fonctionnement, tel qu'on doit le concevoir pour expliquer certains phénomènes psychopathologiques, conduit à une définition biologique de la conscience psychologique et du subconscient.

Un travail de M. Belin-Milleron tendrait à faire admettre que tous les hommes fondent normalement leur raisonnement sur un même système d'idées fixes, en petit nombre, qui caractérise la civilisation à laquelle ils appartiennent. La considération des perturbations que peut subir ce système d'idées fixes, ainsi que les organes de la mémoire permanente et de la mémoire temporaire, apporte certaines précisions aux notions de : génie, états paranoïaques et paranoïdes, mémoire automatique, mémoire sensorio-motrice.

Si l'on poursuit l'analogie de fonctionnement par impulsions

des machines arithmétiques et du cerveau jusqu'à l'organe qui crée ces implusions, on est conduit à situer le siège de la notion de temps dans l'organe qui crée le rythme α , et à une définition biologique précise de l'opération de mémorisation.

Si l'on considère le cerveau comme un appareil où s'élaborent des pensées et la logique comme la méthode de mise en oeuvre de cet appareil, on peut concevoir une méthode indirecte puissante de recherches sur la structure et le fonctionnement du cerveau : la comparaison de la logique idéale que permettraient d'édifier des machines et de la logique réelle qu'atteignent les recherches du genre de celles de M. Belin-Milleron. On peut en attendre, pour l'individu, un accroissement de la portée sociale de son intelligence, et, pour l'humanité, un accroissement de son potentiel intellectuel.

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Colloque International

LES MACHINES A CALCULER MODERNES ET LA PENSEE HUMAINE

PARIS 8 - 13 Janvier 1950

Communication de M.S. MC CULLOCH :
avec la collaboration de : J.Y. LETTVIN, W.H. PITTS, P.C.DELL

UNE COMPARAISON ENTRE LES MACHINES A CALCULER ET LE CERVEAU

- I -

La façon dont vous avez rapproché en un même titre les "Machines à calculer" et la pensée humaine m'inquiète. Les cerveaux sont des machines à calculer mais les machines à calculer fabriquées par l'homme ne sont pas encore des cerveaux. Le rôle d'un système nerveux est de contrôler un organisme de façon telle que lui-même et l'espèce qu'il représente survivent dans un monde de forces physiques variant constamment. Ce contrôle est réalisé grâce à des "feedback négatifs". Certains d'entre eux constituant des circuits fermés à l'intérieur même du cerveau, maintiennent son activité propre à un niveau déterminé, de façon très semblable au contrôle automatique de gain d'un récepteur radiophonique qui maintient l'amplitude sensiblement constante pour diverses gammes de réception. D'autres circuits fermés ayant certains de leurs éléments dans des parties plus périphériques de notre corps, maintiennent stables la température centrale, la pression artérielle, le pH sanguin, de même qu'ils réaliseront la tension de nos muscles nécessaire à une posture normale dans un monde qui change. Ainsi, chacun de ces circuits ne sert qu'à ramener la variable, dont la déviation est enregistrée par des récepteurs spécifiques, à une valeur préétablie en relation avec sa contre-réaction. C'est cela que Claude Bernard a appelé le "maintien de la constance du milieu intérieur", CANNON "l'homéostasie" réalisée par les "réflexes" décrits par MAGENDIE et BELL. Enfin des circuits "appétitifs" "inverse over their targets" nous mettent en possession des choses qu'il nous faut nous procurer dans le monde qui nous entoure. Si la variable qui contrôle à chaque instant ce circuit dépend de la distance qui nous sépare du but à atteindre, il est évidemment "téléologique" au sens de WIENER, ROSENBLUETH et BIGELOW. C'est ce comportement qui fait de lui un sujet d'étude propre à la Cybernétique. Tous ces circuits nerveux sont interconnectés, de façon

.../...

2 -

telle que la variable réglée par chacun d'eux, s'ajuste en même temps à l'état de l'ensemble. Ainsi le système nerveux ressemble au contrôle automatique d'une fabrication industrielle et en même temps au système de communication et de reconnaissance par fils et sans fils d'une flotte engagée dans un combat naval. Il est donc beaucoup plus qu'une simple machine à calculer quelle que soit sa puissance.

La seconde différence entre le cerveau et une machine à calculer est une différence de catégorie. Des machines arithmétiques - ou, pour autant que la logique ait été réduite à une arithmétique - des machines "logiques" s'occupent d'affirmations et de leurs négations. La neurophysiologie expérimentale a débuté quelques 500 ans avant J.Ch., lorsque ALCMEE de CROTON, le premier neurochirurgien, a relevé que nos organes des sens établissent des "contraires" et les transmettent à notre cerveau qui les réunit en une synthèse en accord avec cette harmonie que nous appelons santé. Chaque couple de contraires définit un axe qualitatif dans le désordre du monde vécu, désordre d'où émergent des faisceaux de "qualités" qui vont peupler notre univers avec des apparences de substances ; leurs positions et leurs déplacements nous permettent de construire notre univers commun de la physique et notre croyance superstitieuse en sa causalité. Permettez-moi de replacer la causalité là où elle doit être, psychologiquement parlant, avec le temps et l'espace, en tant qu'une forme de sensation. Nous ajoutons ainsi aux contraires d'ALCMEE, la cause et l'effet. Pour survivre les êtres vivants doivent percevoir le monde selon ces dénominations. Les machines à calculer, elles, ne le doivent pas.

Troisièmement, le calcul était originellement un moyen pour ramener à une commune mesure des faits de toute espèce ; on plaçait alors pour le calcul, des cailloux dans des pots. Les machines à calculer se substituent à la main de l'homme pour le placement et le déplacement des cailloux d'un pot à l'autre selon les anciennes règles de l'Arithmétique. D'après la conception des nombres égaux de HUME, nous en sommes arrivés à définir un unombre comme la classe de toutes les classes qu'il est possible de mettre en correspondance de un à un avec une quelconque classe de réalités. Des opérations manuelles avec des cailloux remplacent les opérations conceptuelles avec des nombres ainsi conçus, que si nous descendions chez HADES pour retrouver des ancêtres spirituels à cette conception, ABELARD de PARIS ne serait pas le moindre d'entre eux.

WILLIAM de OCKHAM qui conseillait d'éviter de multiplier sans nécessité le nombre des entités, insistait sur la différence existant entre le penser en termes "naturels" (qui nous est commun avec les autres animaux) et le penser en termes "conventionnels" dont l'homme seul bénéficie. Tout nombre supérieur à six est dans ce sens conventionnel et non naturel et l'emploi de cailloux est de toute évidence une "convention". De là il suit que les termes "naturels" d'une machine à calculer sont les termes conventionnels de l'homme. Ces machines tiennent ainsi le rôle tenu par nos mains dans les opérations arithmétiques, elles ne remplacent pas notre cerveau.

.../...

Enfin, alors que les machines à calculer existantes sont capables de résoudre la plupart des problèmes que nous avons posés pour elles, aucune, à ma connaissance ne saurait comprendre la signification des particules établissant des liens logiques si celles-ci lui sont présentées simplement sous la forme d'une collection de "pots" et de "tittles" appelés "bits" noyés au milieu d'autres "pots" et "tittles", performance rapidement apprise par chaque enfant. De ce fait ces machines sont incapables du genre de compréhension intuitive qui fait naître les théorèmes mathématiques et les hypothèses scientifiques inédites et qui nous a subitement fait douter de ce que jusque là nous avons accepté les yeux fermés. Il se peut qu'il nous arrive de construire des machines qui emmagasineront indifféremment des opérations et des opérateurs comme autant de "pots" et de "tittles" et qui interpréteront toute collection d'opérations et d'opérateurs comme des ordres ou des nombres selon le résultat des opérations précédentes. L'ambiguïté des données accumulées, est nécessaire pour une interchangeabilité des catégories opérations et opérateurs, mais elle ne suffit pas. Et je ne pense pas que nous sachions déjà construire ou projeter des machines qui seront assez habiles pour manier cette mutation d'un genre dans l'autre sans laquelle aucune machine ne peut avoir l'idée d'une idée. Ainsi définie, la conscience est au coeur de la pensée humaine que celle-ci utilise des termes "naturels" ou "conventionnels".

A partir d'ici je parlerai seulement du penser en termes naturels, parce que nous expérimentons sur des animaux et non sur les hommes. Et dans ce domaine il y a de nombreuses ressemblances entre les cerveaux et les machines à calculer, en particulier celles du type digital.

La différence entre machines "digitales" ou "logiques" et machines analogiques réside principalement dans le fait que pour les machines logiques nous utilisons pleinement pour chaque composante un état d'équilibre du type "tout ou rien"; par contre dans les machines analogiques nous ne manions que certaines propriétés statistiques des composantes mais ne faisons aucun usage des états particuliers dans lesquels pourraient se trouver chaque composante. Nous distinguons ces éléments statistiques uniquement par des différences à peine discernables. Ceci n'est jamais précis mais la quantité incertaine est connue avec l'assurance qui découle de la loi des grands nombres. Si nous avions à notre disposition assez de relais, nous pourrions théoriquement obtenir la même précision avec des décisions imprécises, ceci en calculant tout en parallèle et en moyennant les résultats. Ce type de manoeuvre est à la disposition du cerveau et il en fait usage principalement dans les circuits où il enregistre des renseignements concernant des variables dynamiques du monde extérieur et grâce auxquels il commande les mouvements musculaires provoquant des déplacements de poids. Dans ce cas le cerveau ressemble à une machine analogique et ses relais sont excités de façon à déterminer combien d'entre eux dans un jeu donné réagissent bien plus que de déterminer lequel d'entre eux répond.

Les relais du système nerveux sont appelés des neurones. Il s'agit de cellules vivantes présentant un certain nombre de propriétés.../...

tés capables de gradations fines ; l'une de ses propriétés cependant est cruciale en ce qui concerne la transmission de signaux : c'est celle de transmettre " tout ou rien " . Cette propriété nous arrêtera plus spécialement puisqu'il nous a été possible d'élaborer un calcul applicable à tous les réseaux à relai en utilisant précisément ces réponses par " tout ou rien " . Claude SHANNON avait, à notre insu, appliqué le calcul des propositions à des circuits composés de relais ouverts ou fermés; Walter PITTS et moi-même avons élaboré un mode de calcul s'appliquant à ces signaux nerveux et dérivant du calcul des propositions; le symbole correspondant à chaque neurone est affecté d'un indice caractérisant le moment auquel un signal a affecté ce neurone. Le système nerveux central sera considéré comme un réseau de tels neurones; du côté des entrées un signal dans un neurone sensitif dépend d'un signal imposé au récepteur périphérique qui lui correspond. Ces deux signaux sont séparés par un temps égal au temps de passage au niveau d'un relai. La relation entre neurones travaillant ainsi est évidemment transitive et un événement quelconque dans le système nerveux central peut toujours être rapporté à des signaux antécédents ayant existés à l'entrée du réseau. L'existence d'un tel réseau de neurones, transportant des signaux qui peuvent être des sommes ou des produits logiques, avec et sans négation, des signaux qui lui sont fournis à l'entrée ; la possibilité de décharges répétitives dans un neurone, à moins qu'il ne soit inhibé, constituent des propriétés plus que suffisantes pour qu'il lui soit possible de développer des fonctions complexes à partir de propositions simples. Ainsi un réseau approprié peut remplacer par un simple signal dans un neurone particulier une configuration définie de signaux d'entrée, liée par des relations temporelles et spatiales. Des configurations spatiales peuvent être transformées en configurations temporelles et inversement. Dans le transport de ces informations, de nombreux neurones peuvent être remplacés simplement par des décalages dus aux temps de relaying.

Il nous est possible d'introduire les opérateurs logiques " quelques " et " tous " en utilisant les circuits fermés le long desquels des trains de signaux qui ont conservé la configuration qu'ils avaient à l'entrée, circulent en se régénérant constamment; en effet, un signal d'entrée apparu à un instant défini est reproduit à tous les instants suivants . De ce fait, le moment précis où il a été introduit dans le réseau n'a plus d'importance et nous pouvons dire " il fût un temps où tel ou tel événement a eu lieu " . Combiné à l'existence possible de négations, ceci permettra de formuler des propositions générales, qui, sur le plan psychologique, ne sont qu'une universelle affirmation des contraires. Maintenant, une activation de la mémoire entraîne une "idée" c'est-à-dire un invariant pour le groupe de translations dans le temps. Nos autres "idées" sont calculées de la même façon comme des invariants pour certains groupes de transformations. Nous avons exprimé ceci en disant que " the nervous system computes a set of averages each of which is the mean value for all transforms belonging to the group, of the value assigned by an arbitrary functional to each transform as a figure of excitation in the time and space of some matrix of relays. Nets differ principally in the way in which the functional assigns these values. Reflexes carry the input perceived, through a

.../...

series of transformations to a predetermined or canonical, one of its many legitimate presentations ". Ainsi l'accommodation lente et constante de l'oeil qui réalise une illumination moyenne, la réponse pupillaire qui diminue la quantité de lumière tombant sur la rétine de façon à maintenir quasi constant le nombre total de cônes et de bâtonnets excités et enfin les "feedback négatifs" à action rapide dans le cerveau même, permettent qu'il nous soit possible de voir la même figure à la faible lumière des étoiles et en plein soleil. Un second réflexe, passant de l'oeil à travers le mésencéphale aux centres de contrôle des mouvements oculaires, calcule de combien et dans quelle direction l'oeil doit être tourné pour centrer un objet apparaissant dans notre champ visuel. Le résultat est envoyé aux muscles oculaires qui ensuite tournent l'oeil de façon à réduire ce vecteur à zéro. Ceci réalise le centrage de la forme à voir, et à partir de ce moment, il devient indifférent dans quelle partie du champ visuel elle nous était d'abord apparue. Pendant tout le temps du mouvement rapide des yeux, les influx venus de la rétine au cortex visuel produisent seulement un "clignotement" des signaux. Dès que la forme est centrée, la grandeur de la figure n'a plus d'importance et le cortex visuel moyennise ses sorties de façon à fournir la forme quelle que soit la taille. Tout cela a été présenté en détail par PITTS et moi-même dans des publications antérieures.

Le processus du calcul de la forme sans tenir compte de la grandeur, est réalisé par des cycles, chacun d'eux prenant à peu près un dixième de seconde; ces cycles correspondent aux ondes alpha du cerveau, leur fréquence pouvant d'ailleurs être divisée par deux ou être doublée par un entraînement sensoriel convenable. Sauf erreur de ma part, cette fréquence a été signalée la première fois comme caractéristique des activités corticales par BABINSKI, mais une compréhension réelle de son importance et sa mesure précise en physiologie des sensations, a été faite seulement par CRAIK et STROUD. Pour beaucoup d'entre nous, la supposition la plus raisonnable nous paraît être que dans le cortex visuel, du fait d'une ascension oblique et d'une descente verticale des informations à travers des mosaïques successives de relais, du fait d'une onde de balayage qui alerte une couche après l'autre, créant ainsi des images agrandies et diminuées des entrées rétinienne qui enfin seront convoyées dans les fibres à direction descendante verticale, pour être sommées dans d'autres régions du cerveau. Chacun de ces balayages correspond à une prise de vue instantanée du monde extérieur, et de ce fait notre expérience subit une nouvelle quantification à ce niveau. Des mouvements, à l'exception de ceux dans l'axe du regard sont vus comme des différences entre des instantanés successifs et avec le déplacement de formes reconnaissables s'introduit la perception de "cause et effet".

L'homme se souvient de beaucoup de ces instantanés d'une façon détaillée surprenante, et pour cela il lui faut utiliser des "engrammes" (fixed traces) en remplacement des réverbérations. Nous pouvons faire un calcul approximatif de la grandeur des éléments de cette mémoire en supposant soit que chaque instantané équivaut tout au plus à un millier de "bits" et qu'il y a dix instantanés par seconde, soit, comme VON FOERSTER, en supposant plutôt

.../...

une sorte d'équilibre statistique entre, d'une part nos canaux d'arrivée (soit un million), chacun avec une entrée possible à chaque milliseconde, et d'autre part une mémoire pour des "bits" ayant chacun un demi-temps de survie d'une demi-journée; nous trouvons ainsi que les "bits" dont nous pourrions nous souvenir sont beaucoup plus nombreux que le nombre total des relais existants (soit 10^{13} au lieu de 10^{10}). Ceci nous amène à suspecter que les traces ultimes laissées sont d'un ordre de grandeur plus petit que le neurone (par exemple des structures moléculaires), ou doivent être recherchées dans des changements imprimés par l'usage aux nombreuses et multiples interconnexions neuronales.

La mémoire humaine diffère des machines de par l'existence de nombreuses voies d'arrivée pour les entrées et les réminiscences; il s'en suit qu'au lieu d'avoir à examiner l'une après l'autre toutes les positions pour retrouver un instantané, nous pouvons avoir accès d'emblée à tous les instantanés dont le contenu a trait à la question envisagée.

Il y a lieu de mentionner un autre avantage dont jouit le cerveau. Le nombre maximum de sorties est de l'ordre d'une décision par milliseconde, mais nos nombreuses voies d'arrivée nous permettent de baser cette décision sur une centaine de millions de "bits" par milliseconde et ceci pour nos yeux seulement. Nous obtenons une sécurité plus grande en demandant un agrément avant que l'information ne soit passée à l'étage suivant. Ceci exige seulement que les neurones décèlent des coïncidences comme l'ont noté ROSENBLUETH et WIENER à propos de la contraction rythmique apparaissant dans les muscles étirés, contractions dites *olcniques*: dans ce cas la valeur de la fréquence des influx nerveux apparaît sous la forme d'une fonction sinusoïdale dans l'exposant.

Ceci nous amène à la question comment des informations sont mises en code dans le système nerveux ? Dans des machines à calculer nous réalisons une compression des nombres par une codification dans laquelle la position d'un "bit" est l'exposant de sa racine. Le système nerveux utilise des procédés logarithmiques semblables. Ainsi, la fréquence des influx à partir de tout récepteur est proportionnelle au logarithme de l'intensité de la stimulation. La hauteur des sons est cartographiée sur le cortex cérébral de telle sorte que l'intervalle des différents octaves corresponde à la même longueur sur le cortex; la vision d'un point de même se projette de façon à ce que la distance radiaire le long du cortex entre sa projection corticale et la projection du point milieu du champ visuel soit proportionnelle au logarithme de l'angle des lignes de visée. Dans chacun de ces cas, la mise en code logarithmique permet des différences justes discernables, qui sont proportionnelles aux quantités à enregistrer.

De façon générale, comme il existe un nombre largement suffisant de neurones et que la surface de section de leurs axones est faible, le mode essentiel de mise en code utilise des positions; la surface du corps avec ses récepteurs sensoriels est cartographiée topologiquement aussi bien au niveau du cervelet que du thalamus et du cortex cérébral. Il en est de même pour les commandes de la musculature contrôlée par les organes centraux.

.../...

L'appareil vestibulaire qui détecte des accélérations et des rotations, communique avec les autres parties du cerveau par des systèmes de relais; l'activité spontanée dans ces circuits subit une modulation de fréquence par les accélérations enregistrées. La même chose semble exister pour le cervelet et ses noyaux éfférents qui dérivent phylogénétiquement des structures vestibulaires: ces noyaux servaient à coordonner l'accélération des déplacements de la tête avec les mouvements et l'accélération subie par le corps et les membres, et de subordonner ceux-ci à des commandes venues d'autres structures cérébrales. Le rôle essentiel de ce système est de calculer les efférences qui ramèneront au repos toutes les parties de notre corps qui avaient été mises en mouvement.

Dans ce processus, si le rythme de décharge spontané des neurones du système a d'abord été accéléré, il sera ralenti; si inversement il a été ralenti, il sera ultérieurement accéléré. Les fréquences de décharge de ces neurones semblent dépasser leur but dans la direction opposée à celle dans laquelle elles étaient primitivement poussées.

Un exemple complexe de ce type de mécanisme se trouve dans le nystagmus, sorte de mouvement oscillant dont la courbe des déplacements est du type "dent de scie" : cet aspect révèle une activité typique de "réverbération" dans les neurones; cette activité aussi longtemps qu'elle persiste, attribuera une rotation au monde extérieur, rotation qui n'existait réellement qu'à la phase de déclenchement du phénomène. Il va sans dire que toutes ces vues sont des prédictions concernant des mécanismes possibles et sont données à titre d'exemples d'application des hypothèses énoncées ci-dessus et donc comme toute hypothèse, peuvent se révéler fausses.

Une autre variété de mise en code dépend de la numération des impulsions. Le Docteur DOTY a montré récemment qu'un nombre déterminé d'impulsions successives venues par le nerf laryngé déclenchent la déglutition. La précision de ce processus de numération est limitée par le fait que les signaux à dénombrer ne doivent affluer ni trop fréquemment sous peine d'omission pour certains d'entre eux, ni trop dispersés sous peine d'affaiblissement à travers les circuits. Comme les compteurs dans ce type d'arc réflexe sont peu nombreux et relativement simples, il sera peut être possible de savoir comment cette numération est réalisée.

.../...

- II -

Je désirerais consacrer la deuxième partie de mon exposé à la description de mécanismes plus élémentaires ayant trait à la façon dont les neurones s'excitent et s'inhibent mutuellement.

La figure 1 représente un neurone comme une cellule ayant un corps et des ramifications appelées dendrites, et une longue racine fine, l'axone, qui se divise en filaments de plus en plus fins pour finir dans le voisinage d'autres neurones ou au niveau d'un muscle. En brûlant des sucres et de l'oxygène il s'édifie une différence de potentiel entre l'extérieur chargé positivement et l'intérieur négativement du neurone, si son extérieur en un quelconque endroit devient négatif, la résistance électrique dans cette région diminue de façon abrupte et cet endroit devient une "dépression" (sink) faisant apparaître les parties voisines comme des "sources"; un courant électrique ainsi s'établira, bientôt la réduction du voltage qui en résultera dans les parties voisines, les contraindra à devenir dépression elles-mêmes, par rapport à des parties plus éloignées du neurone. Ainsi apparaîtra le potentiel d'action qui se propagera à partir de son point initial dans les deux directions opposées le long du nerf tel un "ronde de fumée" de courants locaux; il peut cependant, dans certaines conditions être arrêté en n'importe quel endroit par un changement de sens positif du potentiel électrique cellulaire.

Un neurone peut ainsi être mis en jeu à n'importe quel endroit de son parcours et présenter sur tout son parcours une impulsion dont l'importance dépend uniquement des conditions locales cellulaires. Vous voyez ici une telle cellule et ses branches dessinée par CAJAL. Il s'agit ici du type appelé motoneurone dont l'axone (A) sortira de la moëlle par sa racine ventrale et ira jusqu'à un muscle.

Figure 2.: Dans l'arc réflexe à deux neurones responsable du réflexe à l'étirement, les motoneurones sont excités par des impulsions nées de l'étirement lui-même. Ces impulsions cheminent dans des neurones allant du muscle par le canal des racines médullaires postérieures au motoneurone; les terminaisons de ces neurones afférents abordent le corps cellulaire du motoneurone en se frayant un passage à travers ses dendrites et vont se terminer tout contre ce corps cellulaire en constituant ce que l'on a appelé des "boutons terminaux".

Cette figure est de CAJAL. Les impulsions venues ainsi au corps du motoneurone y meurent et y créent une "dépression", alors qu'une "source" de courant apparaîtra dans la zone des dendrites. Ainsi naîtront les impulsions dans le corps du motoneurone qui bientôt envahiront son axone pour aller au muscle, mais ne sauraient remonter dans ses dendrites.

Figure 3 : Si la volée d'impulsions cheminant vers le motoneurone est insuffisante pour le faire décharger, les potentiels développés dans la région dite présynaptique peuvent être enregistrés par une microélectrode sous forme d'une simple déflexion négative.

.../...

tive abrupte dans son ascension et s'évanouissant lentement. Son image électrotonique enregistrée à partir de la racine ventrale est proportionnelle à l'image médullaire, à un contour très semblable et le même déroulement temporel. Le potentiel présynaptique est au haut de la figure, le potentiel électrotonique dans la racine ventrale dans le bas; les deux ont été enregistrés simultanément sur le même écran en utilisant un commutateur électronique.

Figure 4 : Il existe dans la partie basse du bulbe une formation réticulée; les cellules les plus larges qui la composent envoient des axones longs descendant dans le tractus ventromédial de la moëlle qui vont stimuler des interneurons dont les axones remontent et descendent dans le faisceau ventral médullaire pour regagner la substance grise et s'y ramifier en fines arborisations.

La figure 5 montre comment elles approchent les soma du motoneurone, et d'après CAJAL on pense que ces arborisations se terminent principalement au niveau de l'arbre dendritique du motoneurone. Des influx qui viennent mourir dans cette région créeront une "dépression" le long des dendrites et une "source" près du soma des motoneurons. Du fait de l'organisation générale de ce système descendant à partir du bulbe, son action s'observe le mieux dans le cas de décharges répétitives. Il se produit une polarisation du motoneurone qui élève son seuil.

La figure 6 montre l'image électrotonique dans la racine médullaire antérieure de cette polarisation sous l'aspect d'une déflexion positive (Cf. partie supérieure de la figure, les positivités étant enregistrées vers le bas). En même temps on enregistre une déflexion électrotonique négative à partir des racines dorsales. L'élévation du seuil du soma du motoneurone peut être démontrée par l'utilisation de stimulations antidromiques.

La figure 7 montre que de plus les influx inhibiteurs de ce système qui de par ces dispositions anatomiques viennent échouer dans la région où se terminent les arborisations excitatrices venues de la racine postérieure polarisent ces terminaisons excitatrices et empêchent ainsi le développement d'un potentiel présynaptique normal. Le tracé du centre de la figure vous démontre une telle inhibition. Le potentiel présynaptique est diminué et la réponse du motoneurone est absente.

La figure 8 a trait à l'étude d'une telle interaction sur un modèle fait de nerfs périphériques. Au bas de la figure est représentée la préparation constituée par un nerf "conditionnant" (C) et un nerf "test" (T) placés côte à côte. Le nerf conditionnant comporte un bloc (sensé être l'homologue des terminaisons fonctionnelles dans la moëlle). On envoie des décharges qui vont mourir au niveau du bloc comme le montre le graphique indiquant la répartition des voltages le long du nerf aux différents temps indiqués sur la droite du graphique.

Lorsqu'on enregistre le potentiel d'action cheminant le long d'un nerf placé dans un milieu isolant, on recueille sous l'électrode placée sur ce nerf et par rapport à une électrode de

.../

référence située au niveau d'une extrémité lésée, une déflexion négative caractéristique, appelée la pointe monophasique. D'après la théorie des potentiels, nous savons que le nerf placé dans de l'eau salée entrainera au moment de son excitation des courants électriques dans le milieu extérieur au nerf, courants dont l'intensité est proportionnelle à la dérivée seconde de la courbe monophasique ci-dessus; une électrode siégeant dans ce milieu extérieur conducteur recueillera une variation de potentiel d'allure triphasique : positive - négative - positive . Ce courant, comme tout autre, affectera tout nerf placé dans le voisinage en augmentant puis abaissant, puis augmentant à nouveau son seuil d'excitation. De telles courbes de variation de l'excitabilité ont été dessinées par MARRAZZI et LORENTE DE NO et par ROSENBLUETH

Examinons maintenant ce qui adviendra lorsque l'influx avec son action triphasique approche un bloc et y meurt. Juste un peu avant le bloc nous aurons d'abord une inhibition donc une augmentation du seuil et ensuite une importante et longue période de facilitation : en effet dans cette région le potentiel enregistré est surtout convexe vers le haut. Par contre au niveau du bloc et au-delà, où le potentiel enregistré est seulement concave vers le haut pendant tout le temps qu'il s'y évanouit, nous aurons seulement une inhibition. A droite de la figure on trouvera deux exemples de la variation de cette dérivée seconde et les variations de seuil entraînées en deux points du nerf.

Si enfin nous créons , dans le nerf test, une région où la conduction des influx est difficile, région que nous appellerons région de décrétement, le succès ou l'insuccès pour des influx de passer en cet endroit , dépendra des conditions électriques qu'il y rencontrera. Nous réaliseront l'expérience en plaçant une telle région décrémentielle du nerf-test le long du nerf conditionnant et le stimuleront à l'une de ses extrémités et enregistreront à l'autre. L'expérience réalisant la stimulation du nerf-test à différents moments par rapport au temps d'arrivée et de disparition des influx au niveau du bloc du nerf conditionnant montre que l'action de voisinage exercée dans ces conditions par le stimulus conditionnant est vraiment puissante . Nous pensons que ces résultats pourraient s'appliquer au sort des influx afférents musculaires abordant la région du motoneurone, puisque chaque diminution du diamètre de l'axone ou de ses terminaisons, diminution inévitable à chaque bifurcation de fibres fines, rendra la conduction plus hasardeuse. Et ainsi les influx dans ces régions sont à la merci de courants relativement faibles, courants dûs à des influx d'origine différente mais cheminant vers les mêmes cellules.

Il est évident de ce fait que les influx amenés par des fibres fines à partir de la partie ventrale de la moëlle et qui ont une action inhibitrice vont créer des conditions rendant difficile la transmission des excitations venues par les racines dorsales.

Il y a une seconde considération importante en ce qui concerne l'interaction de composantes présynaptiques. CAJAL décrit 2 types d'arborisations terminales des axones, les unes relativement épaisses, denses et touffues, les autres fines et clairsemées.

.../...

Dans l'arborisation touffue, un influx dans n'importe quelle branche tendra à faciliter un influx contemporain d'une branche voisine, influx qui autrement, pour les raisons invoquées ci-dessus serait peut être mort. Mais dans l'arbre aux branches clairsemées, l'influx dans une branche est de peu d'aide pour l'influx d'une branche voisine, et la tendance pour un influx de mourir avant la terminaison anatomique de l'arborisation, pourra être plus grande. Supposons maintenant deux telles arborisations entremêlées, l'une clairsemée, l'autre dense, leurs terminaisons s'approchant d'un corps cellulaire à travers son arbre dendritique. Si des influx cheminent dans ces deux arborisations simultanément, ce qui se passera sera très semblable à ce qui arriverait dans l'arborisation dense seule. Par contre, si les influx dans l'arborisation clairsemée précèdent les influx de l'arborisation dense et meurent avant d'atteindre le motoneurone, ils vont inhiber - je préférerais dire arrêter - les influx venus par l'arbre dense dans la région où eux-mêmes sont morts. Du fait de la répartition clairsemée des influx on enregistrera des déflexions minimales au voisinage du corps du motoneurone et aucune déflexion propagée électrotoniquement dans la racine antérieure. C'est ce que montre l'expérience. Si l'on place une microélectrode quelque part au voisinage du corps cellulaire et si l'on essaye de combiner les effets d'une volée inhibitrice et d'une volée test il n'y a pas lieu d'espérer une réduction appréciable du potentiel présynaptique. Généralement on n'enregistre effectivement point. Dans cette région, la pointe correspondant à la décharge d'une cellule sera enregistrée comme une déflexion positive, nous sommes en effet plus près des dendrites que du corps cellulaire. Mais si la microélectrode est pratiquement tout contre le corps cellulaire, la pointe est enregistrée sous forme d'une négativité, et ici l'inhibition diminuera le potentiel présynaptique.

Si nous réussissons à stimuler peu de fibres excitatrices et obtenir ainsi que les impulsions meurent avant d'être arrivées au soma du motoneurone, cette première volée peut être inhibitrice pour la suivante arrivant par la même voie. Nous avons pu montrer cela.

Considérons ce qui arrivera si nous entremêlons deux systèmes d'arborisations denses. Chacun tendra à faciliter ce qui se passe dans l'autre maximalelement lorsque leur stimulation a été simultanée; cette facilitation réciproque sera moindre si les stimulations respectives sont séparées par des intervalles de temps et la facilitation décroît exponentiellement en fonction de l'écart temporel entre les deux, stimulé. Il en va très semblablement pour l'inhibition. Il s'agit là d'exprimer rapidement ce que DAVID LLYOD a trouvé pour le décours temporel de la facilitation et de l'inhibition monosynaptique dans la moëlle.

J'ai décrit tout cela un peu longuement pour que vous ne pensiez pas que nous avons besoin dans le cerveau de systèmes de relais dont l'interaction aurait quelque chose de mystérieux; mais il ne faut pas croire que toute l'histoire est là. Nous en savons autant qu'il a été dit si nous rassemblons l'oeuvre de nombreux chercheurs. Nous-mêmes avec LETTVIN, DELL et PITTS avons dans les derniers temps confirmé et étendu différents points de ce que

.../...

je viens d'exposer. Mais il existe de nombreux autres éléments qui ont un rôle important dans la moëlle. Par exemple de nombreux interneurons qui relayant des influx venus par des systèmes descendant, prolongeront l'action d'influx venus par les racines médullaires. Nos expériences ont été réalisées chez le chat spinal ou décérébré, mais même dans ces conditions qui évitent d'utiliser un anesthésique général, des stimulations très faibles sont nécessaires pour obtenir des images non compliquées par l'activité des interneurons, dans le but de démontrer ces deux types d'inhibition, l'une dépendant de changements induits au niveau de la cellule du motoneurone, l'autre dépendant d'une interaction d'éléments présynaptiques. Je ne voudrais pas que vous pensiez que la physiologie du système nerveux vient juste de naître. Laissez-moi m'exprimer ainsi. Nous avons déjà assez de résultats pour pouvoir calculer ce qu'il advient des influx cheminant dans les axones, mais la solution des équations est si laborieuse qu'il nous faut une machine à calculer pour obtenir des renseignements même sur quelques paramètres seulement.

Il nous faut calculer aussi la probabilité pour une onde d'impulsions d'exciter une cellule après qu'elle ait cheminé dans une série d'arborisations denses bifurquant au hasard et semée d'inhibitions possibles créées par son entremêlement avec une arborisation clairsemée terminant en cet endroit un autre système.

Le problème est le même que celui d'évaluer les chances qu'a un tir d'engins autoguidés de couler un navire malgré le contre-tir qui essaye de les intercepter.

Dernière figure :

Il arrive souvent que l'on croit avoir une théorie jusqu'au moment où l'on a fait de tels calculs et où l'on s'aperçoit qu'elle ne résiste pas à des évaluations plus précises.

De même je ne doute pas qu'en ce moment vous êtes en train de voir des spirales là où il y a des cercles. C'est ce que vous constateriez en vous obligeant à les tracer avec vos doigts.

=====

S.W.
(8)

COLLOQUES INTERNATIONAUX DU C.N.R.S.

COLLOQUE DE L'INSTITUT BLAISE PASCAL

"LES MACHINES A CALCULER ET LA PENSEE HUMAINE"

Paris : 8 au 13 Janvier 1951

RESUMES DES COMMUNICATIONS

présentées à la

1ère Section

enlg.

PROGRES RECENTS DANS LA TECHNIQUE DES GROSSES MACHINES A CALCULER

Séances des lundi 8 et mardi 9 Janvier 1951

A. D. BOOTH

A MAGNETIC AUTOMATIC CALCULATING MACHINE

The two machines which have been constructed under the auspices of Birkbeck College, University of London will be described

The first one, a prototype called S.E.C., employs about 250 valves as storage for 256 6-decimal words but is without a multiplier.

The final model, A.P.E.X.C. has approximately 275 valves and has fully automatic multiplication and other facilities together with a storage capacity of 512 9-decimal words. Both machines employ a magnetic drum storage as a high speed memory.

Dr. E. STIEFEL

THE DIGITAL CALCULATING MACHINE "Z4"

OF THE SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY IN ZURICH

and its application to the solution of a partial differential equation

The calculating machine "Z4" has been ordered by the Institute for Applied Mathematics of the Swiss Federal Institute of Technology and constructed by Konrad Zuse, taking into account instructions and suggestions of the Institute.

Brief technical description : Accuracy, 6 decimal digits ; internal representation in the binary number system. Floating binary point. Arithmetic unit and control circuits operating with relays. The storage contains novel, purely mechanical cells invented by Zuse. (The storage capacity is only 64 numbers at present). The machine contains 2 200 relays and 21 step-switches. Time required for multiplication : 2,5 sec. Orders are given on a punched tape (35 mm movie film) and are fed in by means of two reading stations which may be used alternately. Results are fed on lights, on a printer, or on punched tape . The built-in operations include division and square-rooting. Some special properties are described.

The way of square-rooting and the computation with the so-called "special values" 0, ∞ and ? are of arithmetical interest. From an organizational point of view, it is interesting to note that the sequence tape is prepared in a convenient way which has some similarity to Aiken's Mark III. There are a total of 70 keys for the orders, as well as 64 keys for the 64 storage locations. In order to code, for example, the multiplication of the numbers contained in storage locations 13 and 17 and the transfer of the result to location 47, the following keys are depressed : Read 13 - Read 17 - Multiply - Store 47. The orders are then automatically punched by the machine. - There is also a mode of operation which permits direct execution of the orders upon depres-

sion of the coding keys. - The list of codes is presented.

The storage unit, the principle of which is very well suited for medium-size relay computers, is described in more detail.

The calculator Z4 is running at our institute on a 10-hours-a-day schedule since late August, 1950. Besides many smaller problems, the following major calculations have been successfully performed : Inversion of matrices up to the 16th order ; Integration of a system of 8 simultaneous ordinary linear differential equations ; calculation of the maxima of a 5-parameter family of functions. The tabulation of functions by means of continued-fraction expansions is receiving special care. The hitherto largest task performed was the integration of the differential equation $\Delta \Delta u = 0$ for the Airy Stress Function in the profile of a dam, taking into account the elastical foundation in a half-plane. The mathematical formulation is briefly outlined, and it is shown how it can be reduced to 139 linear equations. Relaxation technique is then applied ; the Z4 calculator solves automatically successive "blocks" of 16 linear equations. Convergence may be speeded up by means of relaxation by eigenfunctions : After approximate calculation of the first eigenfunction, the contribution of that function to the residual error is being removed.

E. W. CANNON

DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DIGITAL COMPUTERS AT THE NATIONAL BUREAU OF STANDARDS

A brief history of the origin of the National Bureau of Standards computer development program is given. This program has embraced four principal phases of activity : (1) fundamental research, (2) engineering development, (3) computer design and construction, and (4) technical services. The Bureau's objectives in these four phases of activity in the computer field are outlined briefly.

Technical services for the United States Government constitute perhaps the most important part of the NBS computer program. In addition to providing consulting services for Federal Agencies, the Bureau acts as technical coordinator on contracts placed with industry for five computing machines :

(a) Three machines for the following agencies : the Bureau of the Census, the Air Comptroller and the Army Map Service. These machines are under construction by the Eckert-Mauchly Computer Corporation.

(b) A machine for the Office of Air Research, under construction by the General Electric Company.

(c) A machine, sponsored by the Office of Naval Research, for operation by the NBS Computation Laboratory, under construction by the Raytheon Manufacturing Company.

In addition, the Bureau has constructed two computers, the SEAC (National Bureau of Standards Eastern Automatic Computer) and the SWAC (National Bureau of Standards Western Automatic Computer), sponsored by the Air Comptroller of the Department of the Air Force, the Department of the Army, and the Bureau. The SWAC project was sponsored by the Office of Air Research of the Department of the Air

Force. SEAC was designed and constructed by the Electronics Division of the Bureau, in Washington, D. C., and will be operated there by the Bureau's Computation Laboratory. The SWAC was designed and constructed by the Applied Mathematics Division of the Bureau at the Institute for Numerical Analysis of that Division, a West-Coast station of the Bureau. SWAC will be placed in operation at the INA to augment West-Coast computing facilities.

The computers evolving from the NBS program are binary computers with the exception of the Eckert-Mauchly computers, which are coded decimal machines. The high-speed storage components, commonly called internal-memory components, include the magnetic drum, the acoustic delay line and electrostatic storage. Also, among the computers are machines which function in serial mode, machines which operate in the parallel mode, and serial-parallel combinations. Included among the input-output media are punched paper tape, magnetic tape and magnetic wire. The basic pulse repetition rate varies among the computers over a range of approximately two megacycles. The amount of built-in, diagnostic checking circuitry varies from none at all to rather complete systems. Because of the variation of design parameters among the seven computers, it is expected that experience in their operation will provide valuable data for the optimization of future computer designs.

The first electronic computer to be placed in operation under the NBS computer program was the SEAC. The SWAC is now in limited operation ; the remaining computers are in various stages of completion. For that reason, design characteristics and operational experience on SEAC and SWAC, particularly the former, are treated in some detail in the paper.

THE NATIONAL PHYSICAL LABORATORY AUTOMATIC HIGH-SPEED
ELECTRONIC DIGITAL COMPUTER (A.C.E.)

The "Electronics Section" of the National Physical Laboratory, in collaboration with the Mathematics Division and a small detachment from the English Electric Company, is designing and constructing a high speed automatic electronic digital computer of large storage capacity - probably between 10^5 and 10^6 binary digits.

As a first stage, the section has just completed a small scale Pilot model, with a storage capacity, at present, of 8000 binary digits.

It is a serial machine, using binary numbers, with a pulse repetition rate of a million per second, and supersonic mercury delay line storage. The input and output is by means of punched cards and a specially adapted Hollerith machine. It has about 800 valves, in about 40 plug-in chasses and uses about 5 kw. It is comparatively small, occupying about 60 square feet of floor space. It is, nevertheless, a complete working computer and has already been used for a range of computations.

It is intended to increase the storage capacity to about 200 000 binary digits by the addition of auxiliary (magnetic) memory, after which the machine will be used for computation for a fairly long period - six months or so, - in order to gain operational experience needed to finalise the design of the A.C.E. itself.

A distinctive feature of the machine is the way in which it is designed and used so as to make the best use of the high digit or pulse rate. Briefly, this result is secured by spacing the instructions in the instruction stores in such a way that when one instruction has been completed the next instruction to be carried out is immediately available. This result is achieved by certain particular features in the logical design and a corresponding method of programming.

Pierre GERMAIN

RESEARCHES STUDIED IN THE BRUXELLES UNIVERSITY

Account of the purposes and succinct description of some researches in the present scope of Institut de Physique appliquée of the Bruxelles University.

Detailed description of a small machine permitting :

a) the computation of the integral of the product of two functions, i. e. $\int_b^x f(x) g(x) dx$

b) to stamp the representative points of a curve on photographis paper, the ordinates of the points being the results furnished in binaries by a big computing machine.

That small machine most of which is electronic, is now on being archived. Its possible use as an accessory of a big mathematic machine will be more particulary expounded

E. J. PETHERICK

SHORT-CUT MULTIPLICATION IN A PARALLEL-DECIMAL AUTO-CALCULATOR

The main features of the relay calculator R.A.E.S.C.C. being built at the Royal Aircraft Establishment are first outlined ; and then the method used for multiplication is detailed. R.A.E.S.C.C. is a parallel-decimal instrument, using a floating decimal point and a three address control code, with punched tape input and output, magnetic drum storage and typewriter display. About thirty control instructions are available and the time required for each operation varies up to five seconds - for finding a sine or cosine. Particular attention has been paid to marshalling of data, and the practical circuits have been simplified at the expense of logical complication.

Circuits are provided for forming the second, third, fourth and fifth multiples of any operand - or their complements - using no more than six relays outside a minimal decimal register. The methods employed for short-cut multiplication and non-restoring division utilise these circuits, in conjunction with others determining which multiple is required at each stage of these operations.

SUMMARY OF COMPUTER RESEARCH AT MANCHESTER UNIVERSITY

The active development of computing machines at Manchester began in January 1947 with an investigation of the storage mechanism in which an electric charge is stored on the screen of a cathode ray tube. It soon became apparent that such a store could compete favourably with existing stores and it was decided to build a series of experimental computing machines of progressively increasing capabilities using this store as the basic element.

Three machines have since been built, all of which used the binary system of numbers and operated serially with a single address code.

The first of these machines, which operated in June 1948, had very limited facilities. It had a total main storage capacity of 32 words, 32 digits in length; accumulator and control storage of single words; and a single arithmetical operation, namely subtraction. Transfer of control could take place either unconditionally or conditionally as a result of a test of the sign of the number in the accumulator. Programmes for multiplication, division and factorisation were performed by this machine.

The second machine, which operated in June 1949, was an extension of this "baby" machine. It had improved arithmetical facilities which included logical operations, addition and multiplication; and could be manually loaded from an auxiliary storage of the magnetic drum type. The most significant problem attempted on this machine was an investigation of Mersenne primes up to the value of $2^{337} - 1$.

The development of the magnetic drum type of storage at Manchester was started in January 1948. It was apparent that most of the storage capacity required by a large scale machine could be provided by an auxiliary system which had an access time considerable.

rably in excess of that of the c.r.t. store. The speed of solution of a problem is not greatly affected by such an arrangement provided that the time taken to transfer a block of information from the auxiliary store to the c.r.t. store is small compared with the time taken to use the information transferred. The magnetic drum is a particularly useful method of providing this auxiliary store because of its compactness and permanence of record. Further, if the drum is run in synchronism with the scanning of the c.r.t. store the time of transfer of information is kept to a minimum, and if correct phasing is arranged, no difficulty occurs in identifying information after transfer because a one-to-one correspondence exists between the position of a digit in the store and its position on the magnetic drum.

The third and present machine, which first operated in January 1950, is the second machine with provision for input and output by punched paper tape, and provision for automatic programmed transfers of information between the magnetic drum and c.r.t. stores.

On the basis of the experience obtained from these machines, a machine design was laid down in 1949 and handed over to Messrs. Ferranti Ltd. of Moston, Manchester. The capacity of the c.r.t. storage in this new machine is 10,240 digits, and that of the magnetic drum storage is about 160,000 digits with the possibility of extension to 650,000 digits. The machine includes an electronic multiplier capable of extracting and multiplying two 40 digit numbers in less than 4 milliseconds, as well as some other new facilities. The time taken to extract and obey an instruction of general type (e.g. "add a 40 digit number to the content of the accumulator") is 1.2 millisecs. This machine is just coming into operation.

A. CONZAJEZ del VALLE

THE TRIPOLE :

its utilization in the instantaneous resolution
of some trigonometric problems

Considering a tripole like a group of three points which are electrically fastened between themselves, and the circuits being able to include generators and receptors between each couple of points, relations are obtained between the sizes of the tripole, like the ones which fasten the angles and the sides of a triangle.

This property is used to resolve triangles electrically ; it is obvious that the use of this proceeding is very interesting for problems which require the successive resolution of a great many of these triangles ; for example, to record the trajectory of a projectile, a sounding-sphere or any other moving body.

AUTOMATIC DETERMINATION OF THE POSITION AND THE TRAJECTORY OF A TRANSMITTER IN SPACE

From the homeomorphism between the plane triangle and the electric tripole, an electric network has been designed which performs by itself the necessary triangulations to determinate the projection of a variable transmitter in space on the earthy surface.

The trajectory of that projection can keep on the screen of an oscillograph.

MATHEMATICAL MACHINES IN SWEDEN

At the beginning of 1946 the first news were received in Sweden of the large digital computers, constructed during the war in the United States. These machines aroused great interest and their importance for our own country was immediately understood. Already one year later, in 1947, the Swedish parliament voted a grant of 2 000 000 Sw. crowns (about 130 000 000 fr.) for the purpose of acquiring one or several modern digital computers. In April 1950 the relay machine BARK, constructed by a group under the direction of C. Palm, was inaugurated in Stockholm. At present BARK contains a little over 5 000 telephone relays of the type normally used by the Swedish government. The instructions are given to the machine through connections on a switchboard. BARK operates with 24 binary digits and a floating binary point. An addition takes 120 milliseconds, a multiplication 160 milliseconds. The problem solution is printed in decimal numbers by teletype receivers.

Guided by the Swedish State Board of Computing Machinery (Matematikmaskinnämnden) the group has also undertaken the construction of an electronic digital computer. This computer is planned as a parallel machine, using 40 binary digits and a fixed binary point. An addition will take about 0,04 millisecond, a multiplication 0,27 millisecond. The machine will probably be equipped with a fast electronic memory of the Williams type and a magnetic memory.

During the last years also analogue machines have attracted much interest in Sweden. Thus, at the Chalmers Institute of Technology at Gothenburg we have constructed a mechanical differential analyser of the Bush type with five integrators, presenting some novel features. Above all the integrators are of a construction which has made it possible to avoid completely the torque amplifiers. These rather delicate mechanisms have been necessary in the earlier machi-

nes of this type.

At the Chalmers Institute also an electronic differential analyser, type Wallman-Macnee, has been completed.

Among other projects, presenting interesting features, the following will be mentioned ; an electrolytic tank (L. Stenström) for aerodynamical problems ; another (G. Svala) for tracing automatically electron trajectories in electric and magnetic fields ; electric machines for solving algebraic equations (L. Löfgren), for analysing and synthesising Fourier series (G. Hägg and T. Laurent) and for calculating Fourier transforms (E. Persson).

SW
(9)

COLLOQUES INTERNATIONAUX DU C.N.R.S.

COLLOQUE DE L'INSTITUT BLAISE PASCAL

"LES MACHINES A CALCULER ET LA PENSEE HUMAINE"

Paris : 8 au 13 Janvier 1951

RESUMES DES COMMUNICATIONS

présentées à la

2ème Section

enfr.

PROBLEMES DE MATHÉMATIQUES ET DE SCIENCES APPLIQUÉES

RELEVANT DES GROSSES MACHINES

Séances des mercredi 10 et jeudi 11 Janvier 1951

THE NUMERICAL INTEGRATION OF THE WAVES EQUATION

The numerical integration of the waves equation :

$$\sum_1^n \frac{\partial^2 u}{\partial x_i^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0$$

with the Cauchy's data : for $t = 0$,

$$u = f(x_1, \dots, x_n), \quad \frac{\partial u}{\partial t} = \varphi(x_1, \dots, x_n),$$

stands on the essential notion of the dependency domain determined by the retrograde characteristic cone.

The case of the unidimensionnel space (plane waves, $n = 1$) can be studied by an almost elementary manner, as it is indicated by Massau. If the x -axe is supposed divided in rather small segments in order that the components of the u -gradient.

$$\frac{\partial u}{\partial x} = f'x \quad \text{et} \quad \frac{\partial u}{\partial t} = \varphi$$

can be considered as constants in each interval, the solution appears under a linear form in each part of the plane included between the caractéristic straights led by the farthest points of the segments into which the x -axe is divided. The liaison between the miscellaneous linear expressions along the caractéristic lines can be easily expressed. It is well known that the solution can be numerically and graphically constructed in that way.

This computing method is not easy to transpose to the case of several spatial dimensions. In the case of $n = 2$, we are yet led to draw little triangles in the initial plane $t = 0$, where the derivatives.

$$\frac{\partial f}{\partial x}, \quad \frac{\partial f}{\partial y} \quad \text{et} \quad \frac{\partial f}{\partial t} = \varphi$$

are supposed constants, and the solution has not a linear form everywhere : a progressive caractéristic cone is issued from each apex of the triangles drawn in the initial plane, where the solution, de-

pending on the components of the gradient in the six triangles connected at the considered apex, cannot be linear.

The here proposed method consists in the determination of the u and $\frac{\partial u}{\partial t}$ values in a plane parallel to the initial plane. If this plane is taken as a new initial plane, the Cauchy's problem can be resolved again in order to go in a third plane, and so on.

The proceed is extended to the case of the equation including a second member and terms such as

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_1}, \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial t}, \quad \frac{\partial u}{\partial x_1}, \quad \frac{\partial u}{\partial t} \quad \text{et} \quad u.$$

The case when the coefficients are variable, can be brought back to the precedent one, by dividing the integration domain into rather small regions.

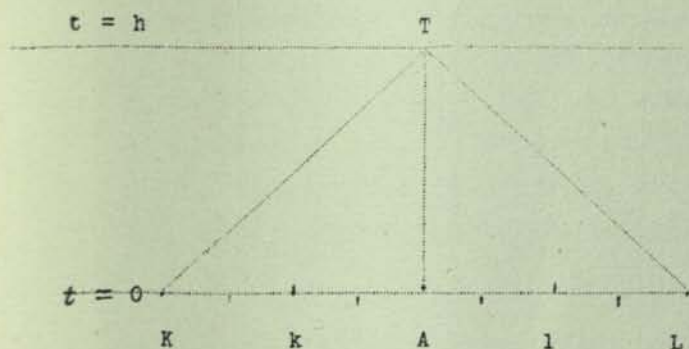
We shall restrict this summary to indicate the type of solution obtained in the case of the plane waves

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$$

from $t = 0$ where

$$u = f(x) \quad \text{et} \quad \frac{\partial u}{\partial t} = \varphi(x)$$

It appears :



$$\begin{aligned} u_T &= \frac{1}{2}(f_K + f_L) \\ &+ \frac{h}{6}(\varphi_K + 4\varphi_A + \varphi_L) \\ \left(\frac{\partial u}{\partial t}\right)_T &= \frac{1}{h}(f_K - 2f_A + f_L) \\ &+ \frac{1}{2}(\varphi_K + \varphi_L) \end{aligned}$$

$$KA = AL = c h$$

This formulas are obtained by the interpolation of f and φ between their values at K , A and L , by means of parabolic relations. A better approximation is obtained by means of five terms formulas

$$u_T = \frac{1}{2}(f_K + f_L) + \frac{h}{90}(7\varphi_K + 32\varphi_K + 12\varphi_0 + 32\varphi_L + 7\varphi_L)$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial t}\right)_T = \frac{1}{6h}(14f_K - 32f_L + 36f_A - 32f_L + 14f_L) + \frac{1}{2}(\varphi_K + \varphi_L)$$

The corresponding solutions in the case of a n -dimensions space, can be easily written.

The precedent method presents the inconvenient of allowing but one verification : along a parallel to the t -axe, must give :

$$u_{t_2} - u_{t_1} = \int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial u}{\partial t} dt$$

A different of the method gives way to more complete verification ; it consists, in each plane parallel to the initial plane, first to calculate the three derivates.

$$\frac{\partial u}{\partial x}, \quad \frac{\partial u}{\partial y} \quad \text{et} \quad \frac{\partial u}{\partial t},$$

and then to form the total differential

$$du = \frac{\partial u}{\partial x} dx + \frac{\partial u}{\partial y} dy + \frac{\partial u}{\partial t} dt$$

So, the u -values can be checked by comparing the values obtained along several integration paths.

Mauro PICONE

EXHIBITION OF A NUMERICAL INTEGRATION METHOD
FOR SYSTEMS OF PARTIAL DIFFERENTIAL LINEAR EQUATIONS

worked up in the National Institute for the applications of Computation
Results which had been obtained and which could be obtained

During about the quarter of century of its activity, the Italian "Institute for the applications of calculus", has always worked on problems concerning the integration of systems of partial differential linear equations, asked for by Physics or Technics, in the purpose to elaborate both theorems of existence and methods for numerical computation of the solutions.

In order to give a rather accurate answer to the questions asked by Industry of civil constructions, bridges, great dams, ... the Institute had to thoroughly consider the problems of the computation of the strains which are present in these structures near their casings in supports of strict rigidity, the imperfect knowledge of which is after the cause of dangerous crevices - as it is well known.

This problem presents serious difficulties, for it is necessary to calculate the values of some expressions, composed with the partial derivatives of the solution of a boundary-value problem, on the boundaries of the existence domain of the solution itself. Generally, the convergence of the ordinary methods of computation of the solution and of one of its derivatives, can be insured, only in the inner part of domain, and, as it is well known by all the analysts, such a convergence is after far from giving way to the numerical calculation at proximity of the frontier !

A description is to be found of a direct method for numerical calculation of strains at the casing of elastic solids, used at the Italian Institute for the applications of computation, the results obtained in some remarkable special cases, and the results which could be generally obtained, if computing machines capable of resolving a great many of algebraic linear equations can be built.

P. PUIG ADAM

LAPLACE'S TRANSFORMATION FOR EMPIRICAL FUNCTIONS

Theoretic and practical report comparing several means of obtaining the Laplace's transformed functions of a function $f(x)$, given by experimental measures. Assumed, at first, the parameter of the transformation is real, several analytic expressions of these transformed functions are formed in order to extrapolate the results into the complex field. We consider the errors resulting from the approximations made under the integral sign and the ones coming from the substitution of the infinite interval to a finite and large enough interval, in which we operate. If $f(x)$ is given by insulated measures, the approximations used under the integral sign are : a) entire polynomial approximations, and specially Tchebicheff's minimum approximation ones ; b) exponential polynomial approximation ; c) average approximations, specially with Fourier polynomials. We describe two easy graphic and graphomechanical means applicable to the case of the function defined by an experimental graphic, using an ordinary planimeter or an integrator. The results of those methods are compared in a numerical example.

ROUNDING-OFF ERRORS IN SYSTEMATIC CALCULATIONS

The more or less serious effects that rounding-off errors may have in calculations are well known, and several efforts have been made to estimate their influence e.g. in the numerical solution of differential equations. These efforts are extremely valuable but often the rounding-off errors are treated completely as statistical quantities, whereas they are actually mathematically fully defined quantities. Although in the majority of cases the statistical treatment is fully adequate, there are cases in which a more rigorous investigation is needed. The purpose of the lecture is to illustrate this by means of some examples.

Systematic calculations can be of different types. A certain operation may be performed on a number of variables many times in such a way that the result of an operation does not enter into the next operation. The last case occurs e.g. in systematic interpolation in (subtabellation of) a given table of already existing function values, or one of the other linear operations like numerical differentiation or integration over a short range. The second case occurs in the extreme in the repetitive processes in which the operands are exactly the results of the last operation, e.g. the solution of homogeneous recurrence relations and differential equations. Intermediate are processes of a highly repetitive type in which outside information goes in continuously, e.g. the solution of non-homogeneous recurrence relations and differential equations, and integration over a long range. Some simple cases serve as illustrations partly for showing the quite curious phenomena that may occur if the exact theory is taken into account, partly because in some cases useful and simple methods to overcome difficulties due to rounding-off can be obtained by means of quite simple considerations. Amongst the monstrosities there are e.g. striking counterexamples to the more or less

intuitive ideas that no useful information can be got out of non-significant figures, and that increasing the accuracy of a part of a calculation does not deteriorate the result, in that in one example the correct answer comes only out of non-significant figures, and in another example a differential equation is solved numerically with excellent accuracy that may still be improved by taking more figures everywhere in the calculation, but that vanishes completely if e.g. only the function values themselves (and not the derivatives or vice versa) are taken with more figures. In both examples there are still several free parameters so that they might still be considered as systematic calculations.

Jean PELTIER

CALCULATION OF SOME USUAL FUNCTIONS IN BINARY SYSTEM

The use of electronic machines computing in binary system; that already allowed Mr. Louis COUFFIGNAL to make these machines achieve the division and extraction of square root in a time not longer than the one required for a multiplication, leads us to the research for the logarithmic, exponential and power functions calculation, of methods using some simple arithmetical properties of the binary figuring.

These methods consist to deduce from the given value x of the variable, a proximate value x' for which the wanted value of the function is easily computed ; to perform a development of the function as a function of $(x - x')$, the number x' being chosed, moreover, so that the development only contains a small number of terms. The necessary computations, compared with usual methods, afford a reduction both of the time of the computation and of the number of the constants and storage registers which are required by them.

Numerical samples of it are given.

M. V. WILKES

OPERATIONAL EXPERIENCE OF THE E.D.S.A.C.

The paper will contain an account of the experience which has been obtained in the use of the E.D.S.A.C. for solving mathematical problems since it first began to work in the summer of 1949.

There will be particular reference to the way in which orders are punched on the tape and to the library of sub-routine. Some remarks will be made about the organisation necessary to make a machine serve concurrently the interests of a number of different users.

SOME PROBLEMS TREATED WITH THE BARK

PROPERTIES C THE BARK. It is a relay machine, containing about 5 200 relays (augmented in January 1951 to 8 000).

Mémoire : 50 variable numbers and 100 constants (after Jan. 1951, 100 variable numbers and 200 constants).

Number representation :

$2^p \cdot q$

$|p| < 64$, 6 binary digits

$|q| < 1$, 24 binary digits

with the signs of p and q this gives 32 binary characters for the representation of one number.

Input and output. 5 stations (telegraph transmitters) permit reading from punched paper tapes in the decimal system. 2 stations permit reading in the binary system.

Likewise 5 stations are equipped to punch paper tapes in the decimal system and 2 stations for punching in the binary system.

One typewriter is available, equipped for printing in either the decimal or the octal system.

An instruction has the form :

N A op signs B C D

N is the number (index) of the instruction, A and B the addresses of the numbers that are to be combined by the operation "op", with the signs indicated by "signs", C is the address of the result and D the index of the next instruction.

Instructions are "given to the machine" in the form of plugged connections set up on the instruction panels : panel A, panel B, panel C, operations and signs panel, and sequence panel (or "jump" panel). Each instruction requires normally one plugged connection on each panel (two on the operations and signs panel).

Operations :	Transfer	100 ms
	Addition	150 ms
	Multiplication	250 ms
	Various	variable

(shifts, extractions of p, of q, of fractional part, etc..)

Printing of one digit 160 ms

Selectors : In the machine there are four relay pyramids with 64 exists, thus permitting a choice between 64 alternatives, and 125 two way selectors. Any connection on the instruction panels may be made to pass through such a pyramid and thus subject to a choice.

Way of functioning. A chain of 840 relays (after Jan. 1951, 1200) is so arranged that only one relay may be operated at a time. Every such relay activates one particular among all the instructions set up on the panels. When the operation indicated there has been executed, the chain steps on to the next instruction, normally from n to $n + 1$. By a plugged connection on the sequence panel, this order may however be modified at will. A jump is made conditional by the use of a pyramid.

Manual operation. The machine can be operated automatically, and reaches then the speeds indicated above for arithmetical operations, or manually, that is, as slowly as desired. In the latter case, it is possible, by means of lamps on the control table, to follow what happens inside the machine during each instructions.

Some practical data. The BARK was conceived and planned by C. Palm, who then also directed the construction. The detailed plans resulted from discussions in a small group and most of the actual design work was carried out by M. Freese and G. Neovius. The machine was built at the workshops of the Royal Telegraph Administration of Sweden.

The first plans were discussed in December 1948, and in February 1950 the BARK accomplished its first piece of work a cosine table.

The costs were around 400 000 Swedish crowns, that is around 27 600 pounds. The material used in the BARK is standard telephone equipment ; very few parts were designed specifically for this machine. In particular are the modes of mounting and wiring exactly the same as those used in automatic telephone exchanges. This fact did of course contribute very much to reduce the time of construction.

The following examples are given mainly in order to illustrate a) some methods for checking that have proved useful with the BARK, b) the possibilities for manual intervention that this machine offers.

ON THE APPLICATIONS OF COMPUTING MACHINES TO ENGINEERING PROBLEMS

1. The importance of numerical calculation in the various fields of engineering is obvious. Most civil engineers, however, are practically ignorant of the possibilities that are now offered by automatic computing techniques (except in the field of aeronautics ; see § 3). The principal reason for the existence of this amazing situation is that automatic computing was born and has developed "outside" of the engineering field. The development of the machines is now proceeding rapidly but this is not true with regard to their application .

Considering this situation, there is an urgent need to give to the engineer a full account of the new possibilities (machines) and to ask him to establish a survey of his needs (applications). Tools ready for use should also be prepared (methods).

We intend, in this paper, to emphasize these fundamental aspects of mechanizing scientific and technical computing. It will supply information of valuable interest for the future.

2. On account of the high number of different machines and calculating devices now available, it would seem advisable to distinguish between (1) digital machines and analog machines, (2) machines built in laboratories and commercial machines, (3) large and small machines. It can then be easily shown that, as far as civil engineering applications are concerned, the principal interest is focusing on three combinations, namely

- a) Large digital laboratory machines ;
- b) Small digital commercial machines ;
- c) Analog commercial machines of various sizes.

Current development is characterised by the following features (relativesonly to engineering computing) :

a) High output of punched-card commercial machines (IBM's leading position) ;

b) Building of large digital machines no longer restricted to scientific laboratories but extending to industry (Eckert-Mauchly Computer Corp., Raytheon) ;

c) Joint use of digital and analog machines (differential analysers, network analysers, etc.) ;

d) Construction and use of transfer devices.

3. The most important fields in which automatic computing machinery is used are ballistics, atomic physics and aeronautics. Only the latter field is connected with engineering. Here, however, the applications of automatic computing techniques are already considerable. They deal with structure calculations, vibration analysis, etc.

The use of computing machines is now to be promoted in such fields as mechanics and electricity, stress calculations, industrial physics, etc. In these domains the applications are still sporadic, but there are large possibilities for expansion.

4. The problems for which methods should at once be devised systematically are :

a) The solution of simultaneous linear algebraic equations, with a large number of unknowns ;

b) The solution of ordinary differential equations ;

c) The solution of partial differential equations.

We shall also have to consider harmonic analysis, the elaboration of mathematical tables, etc.

5. It seems to us of significant importance to emphasize the following facts :

a) Lack of general theories in all fields of automatic computing and necessity of developing such theories ;

b) Importance of a right choice of machinery, according to nature of calculations to be performed ;

c) Need for large development of numerical analysis before any attempt at mechanizing scientific calculation ;

d) Importance of adapting computing methods to the particular manner of operation of each type of machine.

6. At the end of this paper, the problem of creating and operating computing bureaus will be considered. The aspect of this problem is manifold : locating and enunciation of problems (engineer), elaboration of methods and coding of calculations (mathematician), operation of machines (technician). Such activities call for perfect coordination and extensive specialization.

The creation of central computing bureaus cannot be avoided (from the point of view of economics) by small countries or by small and middle-sized concerns.

SW
(10)

COLLOQUES INTERNATIONAUX DU C. M. R. S.

COLLOQUE DE L'INSTITUT BLAISE PASCAL

"LES MACHINES A CALCUIER ET LA PENSEE HUMAINE"

Paris : 8 au 13 Janvier 1951

RESUMES DES COMMUNICATIONS

présentées à la

3ème Section

enfr.

LES GROSSES MACHINES, LA LOGIQUE ET LA PHYSIOLOGIE DU SYSTEME NERVEUX

Séances des vendredi 12 et samedi 13 Janvier 1951

THE COMPUTING MACHINES AND THE HUMAN BRAIN

Usually, comparisons between computing machines and brains are considered in an analytic manner, on the elementary scale of the electronic wave and the neuron. It is certainly more risky to compare these two organs as a whole, but it seems to be as much useful.

In fact, there are many analogies between a computing machine and the brain regions called "associative" which are the "thinking" regions of the brain :

- both only operate when they are solicited by their adequate pole, out of which any stimulation is unavailable ;

- when this two organs are solicited by their adequate pole, on the contrary, the information can be applied to any point of the input circuit ; so, we can say without ambiguity that the computing machines are liable to hallucinations just as the associative regions are.

- in computing machines as in the associative regions, directing errors of switching can happen in the circuits which participate to the transformation of informations. In the two cases, it results errors or illusions in the perception or the judgement.

Besides this analogies, there are important differences between computing machines and brain. An essential one resides in the almost infaillibility of the former while the other works with an important and continual errors "band". Probably it is the sterile logic of the formers and the fertile error of the others which constitute the essential difference between the inert machine and the brain which adopts itself and is in evolution.

Leaving that broad point of view to come to the data of analysis, the Author insists on the analogy according to which, computing machines and the brain are very complex structures, composed by a very great number of a very small variety of elements. It results that "the simple observation can only suggests hypotheses to us and the real comprehension only comes when we can ask us questions, which can receive

an answer on the experimental plan". (P. Bailey).

One of the hypotheses which can be suggested by the simple observation of the brain structures when they are compared to the computing machines in their disconcerting monomorphism, is that the dividing of the informations must be done in the both systems, by means of multiple positions-switches. This hypothesis was as yet undersaid by McCulloch and Walter. The Author think to have brought some physiologic proofs to the hypothesis of a diencephalic "commutation" of the input informations. The best proofs are : a) the experiences, made by John Hunter and himself in Montreal and showing that cerebral answer to light, isolated first in the retino-geniculo-occipital system only, is suddenly "turned away" to the thalamus and the frontal cortex, when a sufficient quantity of cardiazol is injected. b) the constatations made upon many epileptic men, inwhom the answer to light can occupy the frontal or temporal or parietal cortex as well as the occipital one. Such constatations seem to weaken the classic conclusions and, on the contrary, let presume that on the level of the metathalamus, there exists "possibilities" of function between these ways and other thalamofuge ways. This notion bring a simple physiologic basis to the fact of th sensitive compénetration. It explains that harmonious dispersion of informations without which the psychic life could not show this dynamic, protéomorphie, halo crowned and fringed aspect, that Williams James accustomed us to see in it

For my conclusion, shall I answer to the question : can computing machines think. I think computing machines were built by men and for men : they have been built only to achieve, well and quickly, long and troublesome operations. Moreover, they have the unforeseen advantage of being a very useful pattern to everyone who wants to compare the associative regions of the brain with them. According to this point of view they afford the psycho-physiologist an important occasion of thinking but it would be out of time to suppose that they themselves are able to do it.

THE AUTOMATISM WORKS OF SPANISH SCHOOL

The most important works on automatism in Spain are, I think, my father's ones, Leonardo Torres-Quevedo. It appears even to me, that he is one of the first in the world among the pionniers of automatism, which is so very spreading over now a days. Some scientists, of course, studied these problems before he did, and others have obtained more complete results on certain points. But, fifty years ago, my father was the first man who established some general principles on computing machines, and thirty-six years ago, in a more complete and large way, on the automatism and the theoretic possibility of building automata. At the same time he built several very interesting apparatus, some of them as applications or demonstrations of his theories, while others were more or less useful and practical realizations.

Before I give a short summary of it, I have to say some words about his life. Leonardo Torres-Quevedo was born in 1852 and died in 1936. He obtained the title of engineer of the roads building department in Spain, but he scarcely went on with this profession and he devoted himself to his scientific and mechanic works. He was very appraised in Spain, in France and in Portugal. All his life long, he was a great friend of France, and great French friends. I wish here to mention specially two well known scientists, Gabriel Koenigs and Maurice d'Ocagne. The first of them, helped him, and put his laboratory of the Sorbonne in his disposal (though the greatest part of apparatus were built in Spain) and the second published many articles about his works. Among the honours titles, he gathered, he was a president of the scientific Academy of Madrid and a correspondent member, at first, then an associated member of the Academy of Paris, doctor honoris causa in the Sorbonne and Coimbra Universities and was dignified with several great Spanish and Portuguese stars ; the french Government allowed him the star of Commandeur de la Légion d'honneur .

His first publications on calculating-machines go back up to 1895. In 1900, he presented a memorandum to the French Academy of Sciences and the report made by the commissaries, MM. Marcel DEPREZ, Henri POINCARÉ and Paul APPELL, contains these last lines :

"In summary, Mr. Torres-Quevedo has given a theoretic, "general and complete solution of the construction of the algebraic and transcendental relations with machines ; moreover, he "has actually built reliable machines for the resolution of some "types of algebraic equations which are often to be found in the "applications".

This memorandum was published by the Academy in the "Mémoires des Savants étrangers". Among the achieved apparatus which are connected to the principles described in that memorandum, there are two algebraic machines which give the real roots of equations up to the ninth degree ; a machine resolving an equation of the second degree with complex coefficients and a machine which gives all the desired particular solutions of some differential equations.

Later on, he was interested to brood control apparatus. In 1903, he presented to the French Academy, an apparatus , the "télékine" by its name, used to the radio-control of a boat or a dirigible air ships. The next years, tests was made in Madrid and in Bilbao, which wen attended by the King and a large crowd : a canoe, controlled from land, accomplished the desired evolutions in a perfect manner. Formerly, broad control experiments were made, but only for more simple things than the télékine, e.g. switching a lamp in and out. Some time later on, several apparatus like the "télékine" were tried : "several times inventors candidly thought they first applied the hertzian to broad controls". This is a quotation from a Maurice d'Ocagne 's paper, published in 1938. These broad control works were, I suppose, the beginning of its ideas about the automatism , that he later on developed on a large scale.

In january 1914, in the review of the Academy of Sciences of Madrid, he published a paper : "Essay on the automatism. Its definition. Theoretic extent of its applications". He proved "that always it is possible to build an automaton, all the acts of which depend on more or less numerous circumstances, accordong to some rules which imposed can be arbitrarily chosen by the devising of the machine."

The machines he let build according to this conception of automatism, include the first chess player (1912-1914) and the second one (1920-1921), both making mate with the king and one tower ; the electromechanic arithmometer (1920) achieving the four arithmetical operations in an absolutely automatic manner, writting the results, totalizing them and, in division, avoiding the loss of two working

cycles when the divisor is larger than the residue ; the mechanic arithmometer, built some times later with the same properties ; a balance, automaticallil, operating delicate weighthings and a player of a very simple game with marbles, which at will can perform a clever play or a silly one.

In his works about the analytic machines, my father always regarded to the great English scientist Babbage's works but his solutions are different.

Many a time, some of these apparatus were exposed in Spain, in France and in Portugal. In addition to this scientific works, my father developed others inventions in the art of Engineering, especially about dirigible airships, some of which of a type invented by him, were used by the French and English armies during the first great war, and about the aerial cable way.

In Spain, ther are some others inventors of computing machines ; at the time I write this summary, I am not rather informed about them. I hoped can let have a glance at them in the report at the Colloquium.

Three apparatus will be presented at the colloquium : the endless fuze (the most original part of algebraic machines), the "telekine", tested in Bilbao, and the second chess player. If possible, I shall show pthers apparatus pertained of my father'ones.

PRESENTATION OF Leonardo TORRES-GUEVEDO's APPARATUS :

1. The automatic chess player
2. The "telekine", first apparatus in the world
to radiocontrol of boats
3. The endless-fuze of the machine solving the algebraic equations

The automatic chess player.- It is the second of the two machines which were built by my father as a both amusing and amazing demonstration. It proves that automaton operating in a likewise discriminative manner, can be built. It is sufficient to state with precision, at the time of the construction, the manner based on some beforehand imposed rules, in which they must operate in all cases.

It should be practically impossible to build a machine able

to play a complete game of chess in a rational manner, e.g. as a middle strengthened chess player.

To build the chess player presented to the colloquium, which is able to mate a king with a king and a tower, first of all my father established accurate rules which must necessarily lead to the mate. Then he designed the apparatus, which must blindly apply these rules. It should be out of matter in this summary to explain the rules and the particulars of the construction of this machine. I shall say only that it is an electromechanic machine ; that the positions of the three pieces, e.g. the king and the tower of the apparatus, and the king of its adversary, are entered at any time registered in the machine both horizontally vertically, and that the move played by the machine depends upon the registered positions. It must be noticed that the rules established by my father and exactly applied by the apparatus, are not the ones which let win with the smallest number of moves ; he was not engrossed about that ; he wanted only to demonstrate the possibility the player has to apparently operate not with the discernement of a clever player, but only of an average one. If the adversary of the machine operates any incorrect move , the machine informs him by switching in a lamp ; at the third incorrect move, it does not accept to play any longer, a new game must be began again. When the apparatus mates the king, it gives advice of it by a gramophone. Sometimes, it forgets to play correctly and according to the rules ; then, it gropes and at last recovers its memory.

The "telekine". The fundamental principle for the miscellaneous operations performed by the servomotors, is to shut an electric circuit for each operation. The means used consist to produce hertzian waves, the numbers of which determining the considered operations. Every hertzian wave received by the apparatus lets the armature of an electromagnet operates a clutch which, by means of a ratched wheel to which a commutator is connected, switches in several electric contacts successively. The operations corresponding to the intermediate position must be avoided. To that purpose a special system, a retarded contact by its name, is used. By means of this apparatus, several positions of the helm can be controlled, together with two different forwards speeds and two backwards ones and a stops position of the propeller. Besides these operations, salute could be done with a flag moving up and down along a mast. If the apparatus lasts a tooslong time without receiving any signal, the helm keeps in its position and the propeller stops. It is just the same if excessively long a signal is sended or if the appa-

ratus support is damaged in the same way.

The endless-fuze.- Most of algebraic machines invented by my father calculate the value of a polynomial of different powers of x . When all the x -values are given in a long interval it must be observed whether the value of the polynomial crosses the zero-value ; the x -value is then a root of the equation obtained by equaling the value of the polynomial with zero.

All the values are written on drums in logarithmic scales. So, to obtain a product, it is sufficient to add the values of the angular displacements of the two drums, which is easy by means of an epicycloidal gearing. A power is easily obtained by multiplying the angular displacement with the exponent ; it is made by means of a fixed gearing, but an addition is more difficult to do ; and to obtain the value of the polynomial, it is necessary to operate the addition of the monomials. That my father obtained with a mechanic device of Gauss' additive logarithms. The endless-fuze expresses the relation $y = \log(10^x + 1)$

The curve represented by this formula has two asymptotes ; the curve is substituted with the asymptotes from the points sufficiently near the asymptotes. One of the asymptotes is horizontal, which corresponds to an infinite ratio of the speeds. That is obtained by means of an artifice composed by several gearings. The middle-part of the curve, which is not substituted with the asymptotes, corresponds to a variable ratio of the speeds, which is obtained by a special gearing.

THE HOMEOSTAT

The principles of the modern calculating machine are probably not those of the living brain, for the two mechanisms have very different purposes. The calculating machine's purpose is to obey orders, given arbitrarily ; the brain's purpose is to keep the organism's essential physiological variables within limits -- the "homeostasis" of Cannon -- for such maintenance is essential to life. To the philosopher the brain may well be an organ for reflective thought, but to the biologist the brain is, like every other bodily organ, a means to survival. Since the calculating machine and the living brain serve very different purposes we may expect their basic constructions to be different.

When the organism interacts with the environment, each affects the other ; so the two together form a system with feedback. If the brain's "disposable constants" or parameters have suitable values, the whole acts homeostatically, the essential variables are maintained within their normal limits, and the organism's behaviour is "adapted" to its environment. The brain's problem is, how to find the suitable values for its parameters when there is no supra-mechanical guidance, so that the suitable values have to be found by the brain itself, automatically.

The values can be found automatically by any system if it has "second-order" feedback, i.e. one that controls and corrects the primary feedbacks ; for if the parameters interact with the essential variables in such a way that when the essential variables go outside their proper limits the parameters are changed from their wrong values to a new set, which may be chosen at random, then it may be shown that such a system will hunt for a set of parameter-values that gives homeostasis and normal goal-seeking behaviour no matter with what sort of environment it may be coupled.

The Homeostat demonstrates the properties of such second-order feedback. Four units, representing brain and environment coupled, are required to act so that the units keep four needles at central positions, corresponding to keeping four physiological variables at their optimal values. The operator can alter various parameters and working conditions in the environment-part to demonstrate that, however the "environment" is altered, the "brain" will find a set of parameter values that restores homeostasis.

The machine thus shows some of the fundamental biological properties of the living brain, and suggests that the living brain may perhaps use similar second-order feedbacks in its self-correcting activities.

REALISATION MECANIQUE DE MODELES DE STRUCTURE CEREBRALE

Presentation d'animaux artificiels

Physiologists are often discouraged by the enormous complexity of the nervous system. Methods of study are fantastically out of proportion to the possible number of active units - up to ten thousand million in the case of the human brain. Subjective impressions of personality and the variety of human experience seem to require a brain of great intricacy but theoretical considerations and experiment suggest that the elaboration may be not so much, or only, in the number of units as in the richness of their interconnection. With only two active elements seven modes of existence are possible ($0, A, B, A+B, A-B, A \cdot B, A \div B$) ; with six there would be enough to provide a new experience every tenth of a second throughout a long lifetime. The brain may contain upwards of 1 000 active elements in the form of groups of homologous neurones, but experiments with models containing only two elements confirm that apparently unpredictable, purposeful, discriminatory behaviour can result from their permutative operation. These devices (which it is hoped to demonstrate) illustrate two of the basic principles of animal design - PARSIMONY and PLASTICITY. They exhibit the following features of behaviour.

1. Searching (Scanning). In the absence of an adequate stimulus (signal) such as a light, the device is in constant movement and scans its horizon until a signal is received or its power supply is exhausted.

2. Positive Tropism (Vectorial feedback). When an adequate light signal is received the scanning process is halted and the steering servo directs the model toward the light source.

3. Search for Optima. When the intensity of a light source is greater than a certain level, the steering servo is again brought into operation so that the model avoids the source and circulates round it.

4. Avoidance of Buridan's dilemma. When two equal light sources are equidistant from the model, its scanning and optimopetal

mechanisms ensure that it will approach first one and then the other and ceteris paribus will oscillate between the two.

5. Negative Tropism. When a material obstacle is encountered a circuit is formed which changes the internal amplifier into a multi-vibrator, leading to alternate butting and withdrawal movements combined with a change of direction, so that the obstacle is either displaced surmounted, or circumvented. The obstacle is "remembered" for about one second.

6. Discrimination. While behaviour mode 5 is in operation all other modes are impossible, so that the model is indifferent to distant positive stimuli while in contact with immediate negative ones.

7. Internal homeostasis. When the internal power source is nearly exhausted mode 3 is abolished so that the model can approach close to a light source, if suitable connections are available the power store can then be recharged ; during this process all other modes are impossible.

8. Self-recognition. A small pilot light source is connected in the scanning-steering servo circuit. If the model receives a signal from its own light source reflected in a mirror, this source is itself extinguished ; the signal is thus abolished and the scanning-steering servo is again connected but this restores the signal and so forth. Oscillations occur which generate a specific pattern of behaviour.

9. Mutual recognition. Two such models, receiving signals from one another's pilot light, each extinguish their own, and again complex oscillations arise between the two models generating a characteristic "social" behaviour pattern.

LEARNING BY ASSOCIATION. - The addition of two or three more valves confers on the device the power to establish and extinguish simple conditioned reflexes. The minimum requirements for this process may be enumerated as follow :

1. Differentiation with respect to time of specific signals.
2. Extension with respect to time of neutral signals.
3. Mixing of coincident specific and neutral stimuli.
4. Summation in time of coincidences.
5. Activation of preservation system by summed coincidences.
6. Preservation, with slow decay in time, of information that a certain number of coincidences have been observed.
7. Combination of preserved information with fresh neutral si-

gnal to form new response.

The electronic circuits performing these operations are quite simple ; the behaviour of models with them parallels very closely that of simple animals in the conditioned reflex laboratory. Neuroses appear and subside slowly with rest, more quickly with shock, permanently when the learning circuit is removed altogether. The need for three separate time parameters for this apparently simple function is noteworthy .

In this model, the preservation process is mediated by a damped oscillation with a slow decrement ; if not reinforced it subsides to below threshold in a few minutes. After each reinforcement it is restored to its original level. After a certain number of reinforcements it can become permanent.

Experiments now in progress suggest that the structures and mechanisms responsible for these seven operations in animal brains may be identified and isolated. The first four operations are essentially components in the statistical appraisal of the environment ; the last three constitute memory and recall.

Norbert WIENER

THE COMPUTING MACHINE AND FORM (GESTALT)

One of the leading questions of Cybernetics was as to whether machines could recognize form, or that generalization of form which is known by the German psychologists as "Gestalt" ; and in fact, that seemed to be possible.

Proceeding this ideas, Dr Mc Culloch was trying to make a machine to enable the blind to read by hearing and its structure presented a remarkable analogy with the visual cortex of the human brain. Likewise, an apparatus was built for the totally deaf, (Vocoder), with a vibrator in contact with the ends of the fingers. It was found that this device would give pattern which were remarkable similar mathematically for the same words spoken by different voices, but which were not similar for different words spoken by the same voice.

The mathematician Stephan Bergmann, working on functions of several complex variables, represented in four (or more) - dimensional space, showed also that a machine can have the "perception" of the topological properties of this space which are not in our nervous system. So, Bergmann's ideas suggest that the Gestalt itself may be identified by mathematical means.

Thus it can be thought that a machine can be made to furnish us with the perception of sorts of Gestalt which are not in our nervous system.

P. PUIG ADAM

THE RETROACTIVE LINEAR SYSTEMS IN SERIES
AND THE CONTINUAL FRACTIONS

After a short summary of the formal schemas of the correspondence between the input and output functions of the physic linear systems, the author observes that, considering the quotient of the Laplace's transformed functions of the input functions (dividend) to the output ones (divisor) as the transformation function of a system, this function, in the case of simple feed-back system, has the form of a step of continual fraction. For a group of linear control systems chained so that each of them is controlled by the next one, the total transformation function is expressed by a continual fraction, the incomplete quotients of which are the transformation functions of the successive retroactive circuits. The processes of approximation and convergence of the algorithm suggest possible technic and psychophysiologic applications in relation with the question of stability.

A. N. UTTIEY

THE PERFORMANCE OF LOGICAL PROCESSES
BY MEANS OF CALCULATING MACHINES

A computing machine is concerned with the manipulation of information, and its re-arrangement and encoding in different form. The word "information" is here used as defined by Claud Shannon and others, and its unit is the bit or binary digit. A calculating machine stores, transfers, and compares bits. The first two processes though difficult perhaps to achieve are simple processes; they were first carried out by non-human means when men made lasting symbols on papyrus and stone. The new step is that of automatic comparison.

In computation the basic comparison is that of addition. In formal logic the basic comparison is "AND", i. e. joint existence. All possible comparisons may be performed by means of the AND relation together with the idea NOT, i. e. "the opposite of".

Although logical and mathematical manipulations do not increase information they may render it more acceptable in form to the human brain. Examples are translations from a foreign language and the reduction of a very large number of measurements to a simple general law. It is the number of comparisons which are involved which is a measure of the complexity of the thought process carried out.

Deductive Reasoning

This covers most computation. If a general law is given relating two numbers x and y , then in a special circumstance when x has a certain value, y is calculated by deduction. An example will also be given of a logical problem involving deduction and which can be solved by a computing machine.

Inductive Reasoning

Consider a finite set of objects ; let each be described by a set of bits of information each defining the presence or absence of some property. It may be possible to observe some set of properties possessed by all the objects ; a general law may then be stated about the finite set of objects. The discovery of such a law will be called an act of inductive reasoning. Any suggestion that this law holds for objects as yet unobserved will be regarded as an act of scientific faith.

There is an important exception for induction in the field of pure mathematics compared with that of experimental science. In mathematics the extrapolation of a law from objects observed to objects as yet unobserved is scientifically and logically possible. This is so because the objects in question - numbers - have been defined ab initio as to their basic laws. All mathematical laws are only modifications of these basic laws ; and so extrapolations is possible. Whether the complex laws so derived bear any relation to the physical world is not the concern of the Pure Mathematician.

It will be shown that Inductive Reasoning as here described is possible for a Computing Machine. An example described will be that of pattern recognition. It will be suggested that many forms of intelligence test are possible for a machine. It follows also that in the field of animal and human experimental psychology the tasks set can be analysed into elements of storage and comparison and hence assessed quantitatively.

THE COMMAND OF THE NERVOUS MACHINE

As a rule, briefly the elementary aspect of the nervous machine is considered : the properties of the nervous pulses and their traveling through an organised neuronic structure involving numerous feedback autoregulative circuits would be sufficient to explain the harmony of the working of the machine. In fact, as Lapique says, that is only sufficient on the step of the simplest reflex ; in order to understand the whole complexity of the nervous working (specially in the brain cortex) it is necessary to consider a central regulation post, centralizing all the autoregulation messages and controlling the whole of neurons.

Two orders of different experimental considerations prove the existence of such a center, which looks like the program of computing machines and previously organizes the nervous system according to the act to be accomplished ; on one hand, the discovery, in the basis of the encephalon, of a device regularizing waking, sleep and humour ; on the other hand, the localization of a subordination center in this same region by the chronaximetry, this center controlling the dynamogenic or inhibitive condition of all the neurons and regulating it according to the needs of the body. These two systems can be identified, sleep corresponding to the setting into rest of the subordination center.

The analogy between the nervous works and the machines is worth to be noticed ; both they are on the service of thought. But it would be wrong to see there an argument to the dualist conception of thought, like Descartes's one, who imagines the insertion point of soul in a region near the basis of encephalon ; however complicated psychism may be, it does not appear like a mind working in an intelligible manner on material, but like the inner aspect, the outspring out of the complexity of the brain physiologic working. Here, the brain surpasses the work of the machine, however complicated the latter may be, for the outspring of a true deliberate conscience supposes a true sensibility, apanage of life, which lets the self construction of the nervous machine be possible, because it is more autoregulated than an artificial machine. The modern psychophysiology surpassing the sterile oppositions between materialism and spiritualism, considers the living creature like an unity.

Louis COUFFIGNAL

SOME NEW ANALOGIES BETWEEN
COMPUTING MACHINES STRUCTURES AND BRAIN STRUCTURES

The arithmetical machines have a permanente memory and a temporary one. Their proper working is made of short pulses switched through complex circuits.

The structure analogy of a synaps and a transistor leads to assume the existence of synaptic flip-flops, which are permanent memory elements, and of an electronic impregnation of synaptic texture, which is a phenomenon of temporary storage.

Pascal's rule of logical research : substitution the definite object by its definition, suggests a mean for edifying concepts which leads to locate the rules of the logic in the structure of nervous circuits ; so, some agnosies are easily explicated. But it must be admitted, for anatomical reasons, that the brain contains a permanent memory and a temporary one. Their working, such as it must be assumed to explain several psychopathological phenomena, leads to a biological definition of the psychological conscience and of the sub-conscious.

A work of Mr Belin-Milleron implies to admit that every man's reasoning is normally based on a few steady ideas, the system of which characterises the civilization to which that man belong. The consideration of the perturbations which this steady ideas system may undergo, together with the permanent and the temporary memory, brings some precisions about the notions of : genius, paranofac and paranofic states, autistic memory, sensorio-motive memory.

If the analogy of impulsory working of arithmetical machines to the one of the brain are extended to the very organ that creates

these pulses, the notion of time must be admitted to lay in the organ that regulates the α rythm or so, and a precise biological definition of memorisation can be deduced of it.

If the brain is considered as a machine where thoughts are elaborated and the logic as the working-method of that apparatus, mighty indirecte research means about the nature and working processes of brain can be built up : alias the comparizon of the ideal logic performed with computing machines to the real logic researches such as M. Belin-Milleron's one can reach. On individual scale, an enlargment of social strength of intelligence can be expected, and, on human scale, an encreaseement of the intellectual potential.

THE COMPUTER HISTORY MUSEUM



1 028 0593 5

Les Machines à
Calculer 1951
Paris