HISTOIRE

LES DEBUTS DE L'INFORMATIQUE A LA DIVISION «PREVISION» DE LA METEOROLOGIE NATIONALE

Robert Pône
91530 Le Val Saint-Germain

LA PREHISTOIRE

Il est difficile de décrire les débuts de l'informatique à la division Prévision sans mentionner qu'à l'époque le mot **informatique** n'était pas encore inventé. On parlait alors de calculateurs électroniques et de programmation[1].

Ceci dit, la mise en route de l'informatique à la division Prévision date de l'époque où le directeur de la Météorologie nationale (MN), André Viaut, revenant d'une réunion internationale au cours de laquelle il avait entendu parler de prévision numérique, en a discuté avec Jean Bessemoulin, alors chef de la division Prévision.

QUELQUES DATES A RETENIR

1950 Première prévision météorologique numérique expérimentale aux USA, publiée par J. Charney, R. Fjortoft et J. Von Neumann, et réalisée sur le prototype d'ordinateur ENIAC.

1952 Première Conférence internationale sur la prévision météorologique numérique (en mai, à Stockholm).

1952 Stage de Robert Pône en Suède.

1954 Première prévision numérique opérationnelle en Suède sur l'ordinateur BESK.

1954 Stage de Guy Dady en Suède.

1955 Première prévision numérique opérationnelle aux USA sur l'ordinateur IBM 701.

1955 Premiers essais de prévision numérique en France sur l'ordinateur CAB 2022.

1959 Commande de l'ordinateur KL 901 en France.

1960 Livraison à la Météorologie nationale du KL 901.

1965 Première prévision numérique opérationnelle en France.

1965 Création du CETI (Centre de traitement de l'information) à la Météorologie nationale

1967 Acquisition par la Météorologie nationale de l'ordinateur Control Data Corporation (CDC) 6400.

Il s'agissait de calculer les mouvements de l'atmosphère en résolvant numériquement les équations qui les décrivent, équations connues depuis fort longtemps, mais que l'on ne peut pas résoudre analytiquement. C'est dans ces conditions que j'ai été envoyé pour trois mois à Stockholm, à l'Institut International dirigé par Carl-Gustav Rossby.

Il n'existait à l'époque, dans le domaine civil tout au moins, qu'un nombre très limité de calculateurs électroniques. En Suède, en septembre 1952, on ne disposait encore que d'un calculateur à relais, appelé BESM. Un calculateur électronique, BESK, d'un principe analogue à celui dont disposait Charney à Princeton, était en construction. Les mémoires «rapides» étaient constituées de 40 tubes cathodiques, assez semblables à des tubes de télévision, et chacun des tubes pouvait conserver une charge électrique sur son écran. Cette charge pouvait être lue par un balayage approprié, mais ne persistait qu'un temps limité, ce qui obligeait à la régénérer périodiquement, toutes les 80 microsecondes, si je me rappelle bien. Il était encore inachevé quand j'ai quitté Stockholm en décembre 1952.

J'étais, comme bien d'autres, informé par la littérature des principes de base de la résolution numérique des équations du mouvement de l'atmosphère. Les conférences des membres permanents de l'Institut et de nombreux conférenciers de toute nationalité m'ont permis de me familiariser avec les principes de base de cette résolution.

1 - En toute rigueur, l'histoire de l'informatique à la division "Prévision" débute exactement le jour où le mot **informatique** a été défini et accepté comme désignant la **science du traitement automatique et rationnel de l'information considérée comme le support des connaissances et des communications**. Il peut être discutable d'assimiler entièrement les calculs de prévision à **un traitement**. Il me semble qu'il y a quelque chose de plus, car il s'agit d'une simulation et de calculs. Il est remarquable que la langue française soit la seule à s'être affublée de ce vocable passe-partout et l'on est bien embarrassé quand on veut traduire, en anglais par exemple, un texte qui le contient. Par ailleurs le mot **rationnel** me paraît bien mal placé lorsqu'il s'agit d'un certain nombre d'applications dites "informatiques".

Malgré l'absence de calculateur disponible, nous devions subir des cours de programmation pour BESK. Sachant qu'il me serait impossible de faire tourner un programme avant mon départ, je n'ai suivi que quelques-uns de ces cours. Il faut dire que l'idée fondamentale sur laquelle insistaient fortement les conférenciers m'était familière, ayant déjà eu à programmer des calculs numériques assez complexes pour des calculateurs humains - dont moi-même - opérant sur des calculatrices mécaniques ou électriques. Cette idée étant que le calculateur, incapable d'initiative, doit recevoir des instructions détaillées sur chaque opération à effectuer.

Je n'ai suivi les cours que pendant quelques séances. Il faut dire que la programmation sur BESK était vraiment au niveau du langage machine, exprimé en hexadécimal pour les instructions comme pour les adresses mémoire et les registres. Par ailleurs, essayer les programmes sur le BESM était assez rebutant : il fallait aller, par ses propres moyens, à l'autre bout de la ville, subir le vacarme des relais et recueillir les résultats sous une forme difficile à interpréter.

Guy Dady a été envoyé à Stockholm en 1954[1]. Il a pu, lui, essayer ses programmes sur le BESK, enfin achevé. Dès son retour, le démarrage réel de l'informatique pour la prévision et l'EERM (Etablissement d'Etudes et de Recherches Météorologiques de la MN) a pu se produire. Quelques calculateurs électroniques existaient alors en France. Nous avons été chargés tous les deux d'explorer le marché.

Un tour d'horizon des constructeurs possibles nous a conduit à obtenir la possibilité de travailler sur un calculateur, le CAB 2022, récemment installé à la Direction des Etudes et Fabrications d'Armements (DEFA), à Levallois-Perret, de midi à 14 heures.

L'engin était en cours de mise au point et souvent en panne. Il comportait une mémoire rapide de 64 mots, dont 32 pour les instructions et 32 pour les nombres. Il possédait, comme mémoire lente, un tambour (qu'il fallait repeindre de temps en temps), 32 mots par piste et, si je me rappelle bien, 64 ou 128 pistes. Lorsque le programme, ou les données, dépassaient 32 mots, il fallait aller chercher la suite sur le tambour, et, si l'on visait mal, un tour presque complet était nécessaire, et le temps d'exécution s'allongeait de manière invraisemblable.

La programmation était moins rudimentaire que sur BESK. Des symboles mnémoniques étaient utilisés pour les noms d'instruction. L'entrée des programmes et des données se faisait à l'aide de bandes, perforées préalablement sur télétype. Les sorties s'effectuaient sur une machine à écrire.

Si en arrivant, nous trouvions l'engin en panne, comme il n'y avait pas de maintenance, il ne nous restait plus qu'à repartir ou, comme cela est arrivé, à le dépanner nous-mêmes. C'était très mal vu. Peu à peu, le nombre de jours où nous pouvions utiliser le CAB 2022 s'est restreint, les vacations ont été raccourcies et, finalement, on nous a retiré cette facilité.

Cette assez longue pratique du CAB 2022 m'a permis d'acquérir une certaine expérience de la programmation ; Dady, lui, avait pu travailler sur le BESK en Suède. Les contraintes de l'appareil nous ont fait nous préoccuper des temps de calcul et fait ressentir tous les inconvénients des calculateurs effectuant les opérations en série et l'importance d'une mémoire pas trop limitée.

L'ACQUISITION DU KL 901

Nous avons entrepris la prospection du marché avec plusieurs idées bien arrêtées. Il nous fallait :

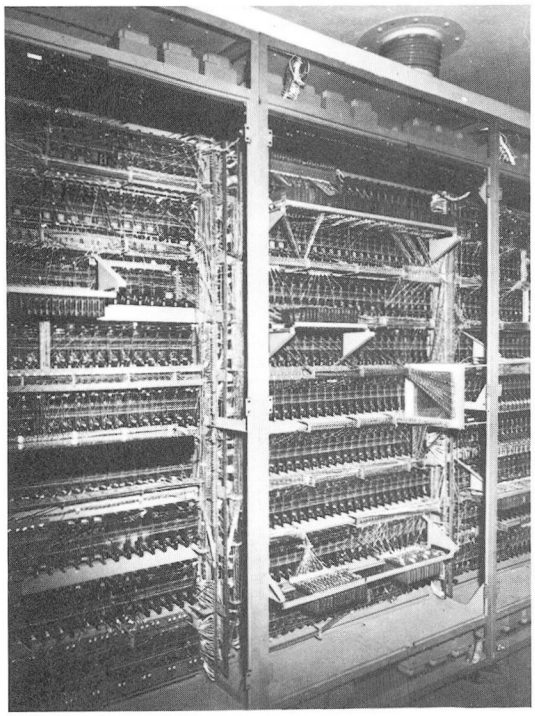
- une arithmétique parallèle de capacité suffisante,
- une mémoire centrale aussi grande que possible,
- des mémoires de masse de grande capacité,
- la possibilité de transferts de la mémoire de masse à la mémoire centrale sans interrompre les calculs,
- la possibilité de branchement d'autres périphériques.

1 - A la suite de son séjour à Stockholm, Guy Dady a publié dans la revue *La Météorologie* de janvier-mars 1955 (n° 37, pages 63 à 76) un article intitulé "Deux aspects des prévisions numériques à l'aide du modèle barotropique" (Ndlr).

Il nous est rapidement apparu que nous étions un peu trop ambitieux. Aucun constructeur ne possédait d'engin répondant à ces caractéristiques, dans sa gamme de calculateurs.

Il fallait donc qu'on nous en fabrique un sur mesure. Finalement, quatre constructeurs seulement ont répondu à l'appel d'offres correspondant à ces caractéristiques. L'un d'entre eux bien moins cher que les autres. Il faut dire que ce dernier, Radio Industrie, n'avait jamais construit de calculateur. Et c'est Radio Industrie (RI) qui a emporté la commande.

C'est à ce moment-là que, à la suite du krach de la banque de Monaco, Radio Industrie s'est trouvé en difficultés financières. Les choses se sont arrangées par la création d'une Société Nouvelle d'Electronique et de Radio Industrie (SNERI), rattachée à la Thomson. Le premier résultat a été le doublement du prix du calculateur, qui restait quand même le moins disant.



Calculateur KL 901. Unité arithmétique, matrice de décalage et de contrôle arithmétique
(Photo Direction de la Météorologie nationale).

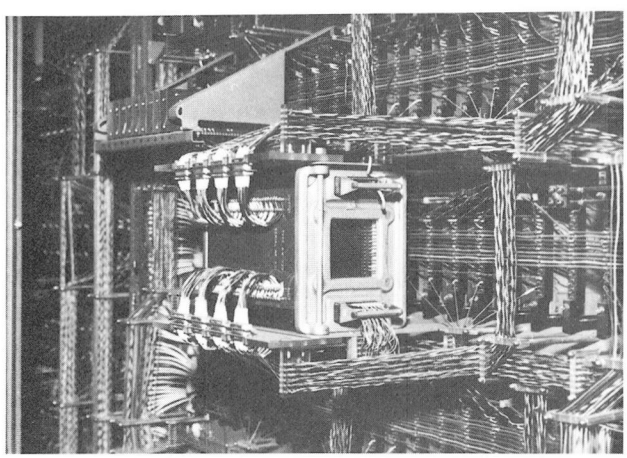
Guy Dady et moi-même avons été désignés pour suivre la construction en usine, R. Viguier pour se mettre au courant de la maintenance. La collaboration entre RI, Dady et moi-même a été extrêmement satisfaisante[1]. Tous les détails restés plus ou moins en suspens ont été redéfinis avec précision, des améliorations et des ajouts ont été définis et acceptés. Les modifications apportées ont entraîné un certain retard, accepté des deux côtés.

Pendant la construction du KL 901, il a fallu trouver de la place où le loger. C'est pourquoi on a dû surélever le bâtiment du 2 avenue Rapp. Finalement, le calculateur KL 901 fut prêt pour la réception technique en usine. Les ingénieurs de la SNERI avaient concocté un ensemble de programmes de test et quand, chargé de la réception technique je me suis présenté en usine, le contenu de la mémoire ne comportait que ces programmes.

Pendant la construction, nous avions de notre côté défini un langage très rudimentaire comportant un groupe symbolique de trois lettres, une désignation des registres et une adresse qu'il m'avait paru commode d'exprimer en base 32, par le nombre décimal correspondant.

Le KL 901 comportait[2] :

- une unité arithmétique, effectuant des opérations en virgule flottante avec 24 bits de mantisse et 5 bits d'exposant. Les opérations s'effectuaient en mode parallèle pour les additions, une matrice de ferrites était utilisée pour décaler les opérandes dans les multiplications, divisions et même les extractions de racines carrées,



Calculateur KL 901. Mémoires rapides, blocs de ferrites.
(Photo Direction de la Météorologie nationale).

- une unité contrôlant l'écoulement des instructions et effectuant les opérations arithmétiques sur les adresses. Elle comportait un certain nombre de registres additionneurs ou compteurs pour le déroulement des programmes,

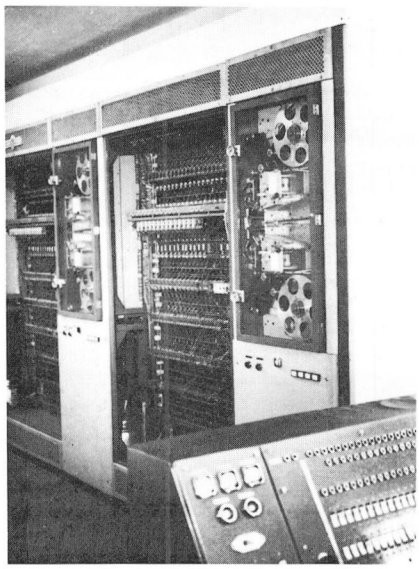
- une horloge débitant des tops toutes les 5,5 microsecondes, pilotée par un quartz. Il avait été prévu 5 microsecondes au départ, mais l'engin était si long que certains tops arrivaient en retard au bout des armoires, s'il fallait en faire tout le tour,

- cinq mémoires rapides de 1024 mots de 29 bits chacun. L'une d'entre elles était réservée aux instructions, les quatre autres étaient utilisées pour les nombres,

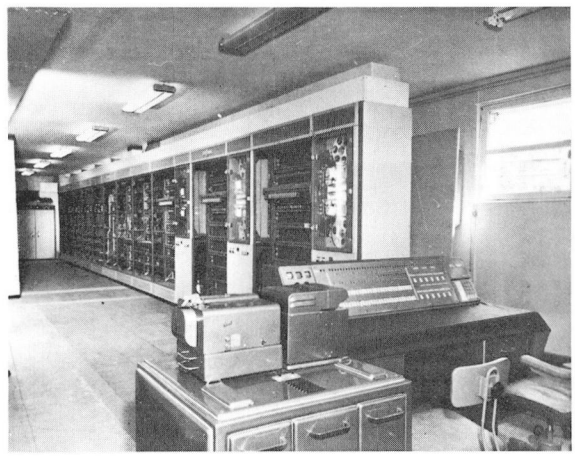
- deux dérouleurs de bandes larges, 36 pistes, dont 29 étaient utilisées pour l'information et les autres pour des contrôles de parité. Les bandes étaient préparées sur un dérouleur spécial qui contrôlait les parités et inscrivait une adresse tous les 1024 mots,

1 - Robert Pône et Guy Dady ont écrit en 1957 dans le *Bulletin de liaison et d'information*, édité par le Secrétariat général à l'Aviation civile auquel la Direction de la Météorologie nationale était rattachée, un article intitulé "Prévision du temps et calcul électronique" (n° 94, pages 26 à 28) (Ndlr).

2 - Guy Dady a publié dans *La Météorologie*, 4e Série, en 1957, un article intitulé "Le calcul automatique en météorologie. Projet du calculateur électronique destiné à la Météorologie nationale" (n° 48, pages 493 à 501) donnant de nombreux détails sur la conception du KL 901. Une autre présentation - destinée à un autre public - a été faite par Guy Dady en 1958 dans la revue *Chiffres*, "Le calcul électronique apporte une optique nouvelle sur un problème ancien: la prévision météorologique" (volume I, pages 49 à 61) (Ndlr)



Calculateur KL 901. Dérouleurs de bandes magnétiques (Photo Direction de la Météorologie nationale).



Calculateur KL 901. Pupitre de commande et vue d'ensemble du calculateur (Photo Direction de la Météorologie nationale)

- une double baie contrôlait les transferts des mémoires rapides vers les bandes magnétiques et réciproquement. La recherche des adresses sur les bandes était automatique et pouvait se faire simultanément en lecture et en écriture en utilisant les deux dérouleurs. Cela n'interrompait pas le calcul, sauf si le transfert affectait la mémoire en cours pour le calcul,

- l'entrée des données ou des programmes se faisait soit par un lecteur de bande perforée, soit par le clavier. Ce dernier était constitué d'un vaste pupitre garni d'interrupteurs et de contacteurs qui pouvaient commander l'exécution de certaines instructions ou être lus par une instruction du programme. La sortie des résultats se faisait sur bande perforée à l'aide d'un télétype. Plus tard, on a utilisé un lecteur ultrarapide et une perforatrice rapide. Encore plus tard, une table traçante, puis une imprimante ont été adjointes. Tous ces périphériques pouvaient fonctionner simultanément, à la seule condition de ne pas faire appel au même bloc de mémoire centrale.

Le micro-ordinateur, **sur** mon bureau, que j'utilise pour écrire ceci possède 64 kmots de 8 bits, soit 524 288 bits de mémoire centrale, logés dans une toute petite boîte. La mémoire centrale du KL 901 contenait 5 x 1024 x 29 soit 148 480 bits et ne tiendrait pas **dans** mon bureau. L'horloge du KL 901 fournissait un top toutes les 2,75 microsecondes alors que celle de mon micro en débite 5,5 dans le même temps.

LA RECEPTION EN USINE

Lorsque je me suis rendu à la réception en usine, le calculateur étant en principe terminé, sa mémoire était vide à l'exception des programmes de test.

Quand je me suis assis pour la première fois devant le pupitre, j'avais autour de moi toute l'équipe de la SNERI et Viguier qui, devant devenir le chef de la maintenance après la livraison du KL 901, était en stage chez le constructeur.

J'avais préparé sur une bande perforée un premier programme qui devait permettre l'entrée et la sortie des programmes sur une bande perforée. Ce programme devait lire les programmes rédigés dans le langage assembleur que nous avions conçu. Mais il fallait d'abord introduire, en langage machine, au pupitre, le programme permettant la simple lecture de la bande. J'avais préparé cela sur un papier, et bien que le programme ait été très court, il m'a fallu pas mal de temps pour le taper.

Miracle! ça marche. En principe, je devais maintenant disposer d'un programme permettant la sortie d'un programme lisible sur un télétype. En route, et ça marche aussi, il sort une bande de la perforatrice. Sur le télétype, la première instruction sort bien, la deuxième sort aussi, mais un peu décalée, puis ça se gâte tout à fait : il y a des lignes vides, les instructions s'inscrivent tout en travers de la page et, pour finir, bien centré au milieu de la page, il s'imprime un M suivi de trois points. L'un des ingénieurs de la SNERI, M. Valin, s'exclama alors : «On est sûr maintenant que c'est un calculateur bien français».

Problème, est-ce le calculateur qui fonctionne mal ou bien le programme qui est en faute? Heureusement, je trouve assez vite deux erreurs et les corrige. Nouvel essai, et cette fois tout va bien. Le KL 901 est réceptionné.

Robert Pône (à gauche) présente le calculateur KL 901 à Monsieur Robert Buron en novembre 1960. A l'arrière plan, on reconnaît André Viaut (à gauche) et M. Moroni (SGAC) (Photo Direction de la Météorologie nationale).

Une fois le KL 901 installé dans les nouveaux locaux de l'avenue Rapp, une nouvelle mise au point terminée, la réception définitive effectuée, le calculateur était à notre disposition[1]. L'équipe de maintenance dirigée par Viguier avait été formée, une maintenance régulière était effectuée par une équipe de la SNERI, une autre par le constructeur des dérouleurs de bandes magnétiques (les seuls dérouleurs de bandes magnétiques larges qui aient correctement fonctionné), le calculateur était disponible pour tous les services de la Météorologie nationale.

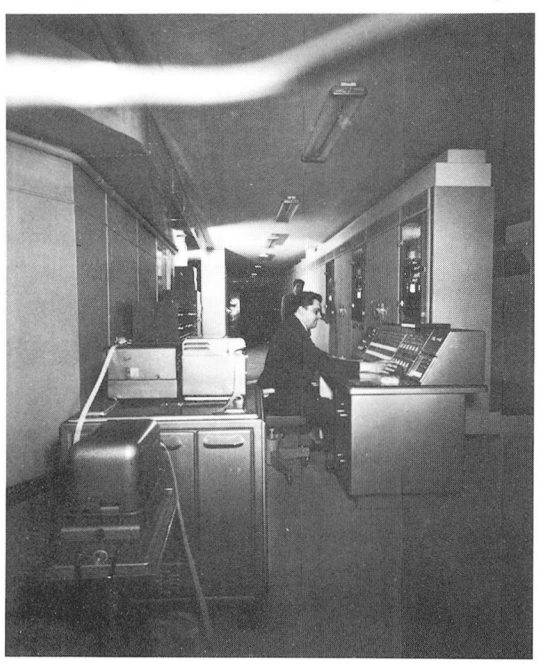
Le calculateur était présent, mais encore presque complètement dépourvu des programmes nécessaires à son utilisation. Il fallait d'abord le munir d'un certain nombre de commodités pour faciliter sa programmation et son utilisation.

LA PROGRAMMATION DU KL 901

Dans l'état vierge de logiciel (on disait programme, à l'époque) des mémoires du KL 901, il fallait envisager l'élaboration d'un certain nombre de programmes permettant l'exécution d'un certain nombre d'opérations :

- l'entrée et la sortie des programmes,

- il était souhaitable, également, de pouvoir faire certaines opérations d'édition, de permutation d'instructions ou de parties de programmes. C'est moi qui me suis chargé de cette opération et j'avais choisi de nommer le résultat PMP, pour Programme de Manipulation de Programmes. J'ai eu la surprise, un jour, de m'apercevoir que PMP avait été interprété comme «Programme de M. Pône»,



Le calculateur en ordre de marche (Photo Direction de la Météorologie nationale).

- l'entrée des données météorologiques arrivées par le réseau télégraphique, avec exécution des corrections indiquées dans les messages et le contrôle de leur structure. Ceci pour les données de surface et d'altitude. Il aurait fallu aussi pouvoir contrôler la vraisemblance des valeurs transmises, mais les codes internationaux ne permettent pas de distinguer une valeur vraie mais exceptionnelle. C'est Millet, affecté à PREVI/ DEV, qui s'est chargé de cette opération,

- l'analyse donnant, à partir des données d'observation, par interpolation, les valeurs estimées pour des points régulièrement espacés formant une **grille** pour permettre les calculs de prévisions et le tracé d'isolignes des champs de variables météorologiques observées ou prévues,

- le tracé d'isolignes. C'était ma spécialité et je regrette énormément que l'on n'ait pas corrigé une erreur qui se manifestait lorsqu'un minimum se présentait exactement dans le prolongement du cadre du cartouche indiquant la nature du champ représenté, la date et l'heure. Cette erreur s'est manifestée une fois pendant trois jours au bout de cinq ans environ,

- les modèles étaient confiés à Jean Lepas de l'EERM[2],

- les applications marines, confiées à la section marine de la division Prévision, et à l'EERM sous la direction de Gelci.

C'est à cette époque que Jean Labrousse fut affecté à PREVI/ DEV.

1 - Le KL 901 fut installé au Service météorologique métropolitain en octobre 1960 et présenté à Monsieur Robert Buron, ministre, en présence de M. Moroni (SGAC) et d'André Viaut, le 18 novembre 1960. On trouvera d'autres précisions dans l'article de Guy Dady, "Les premiers pas de l'informatique pour la prévision du temps", paru en 1980 dans le *Bulletin d'information*, édité par la Direction de la Météorologie nationale (n° 46, pages 24 à 29) (Ndlr).

2 - Jean Lepas a publié dans la revue le *Journal de mécanique et de physique de l'atmosphère* (II-19, pages 97 à 104), éditée par la Société météorologique de France, un article intitulé "Prévision barotrope globale au niveau de pression 500 mb" décrivant le modèle barotrope qui a été exploité sur le KL 901. Il est remarquable que ce modèle ait déjà utilisé la technique lagrangienne pour résoudre numériquement l'équation du tourbillon (Ndlr).

L'EXTENSION DES PERIPHERIQUES

Il est vite apparu que les entrées sorties du KL 901 étaient très insuffisantes. Les programmes et les données devaient être tapées sur un télétype, ce qui n'était pas plus pénible ou fastidieux que de les taper sur une perforatrice de cartes. Les bandes perforées étaient lues sur un lecteur de bandes télétype classique, ce qui était fastidieux. De même, la sortie des résultats ou des programmes sur une perforatrice télétype était très longue. L'acquisition d'un lecteur de bande optique à grande vitesse Facit (1000 caractères par seconde) et d'une perforatrice de la même firme, perforant 300 caractères par seconde, ont apporté une amélioration très importante, mais encore insuffisante.

La sortie des résultats d'analyses ou de prévisions que l'on veut visualiser sous la forme de cartes était impraticable. Il fallait sortir une très longue bande perforée sur un téléimprimeur. Comme la largeur du papier était trop petite, il fallait sortir une carte en plusieurs parties que l'on collait ensuite côte à côte. C'était malcommode et pas du tout esthétique.

La solution évidente était le traceur de courbes. Un traceur de courbes à rouleau a d'abord été acquis, qui a permis de mettre au point pas mal de programmes de tracé. Ce n'était pas une solution satisfaisante pour les applications météorologiques. Le tracé des lignes doit se référer à la situation géographique, ce qui ne peut se faire qu'en utilisant un fond de carte imprimé. La fabrication de fonds de carte en rouleaux aurait été coûteuse et même difficile à réaliser. C'est la filiale française de la société américaine Benson qui nous a fourni le premier traceur à plat, un prototype ; la carte imprimée était placée sur une grille à maille fine et maintenue en place par dépression. Bien qu'ayant, à son tour, donné de bons résultats, elle avait un inconvénient majeur : lorsque, après un déplacement sans tracé, la plume, si elle était assez fine, se posait sur un trou de la grille, elle perçait le papier et, à la reprise du mouvement, était brisée.

Sur les tables traçantes suivantes, le papier était maintenu en place par attraction électrostatique. Toutefois, si la mince pellicule qui recouvrait la partie sous tension était percée, il arrivait que l'on reçoive des décharges, sans danger mais assez désagréables.

La mise en place des tables traçantes a considérablement modifié l'exploitation de l'information à la division Prévision, car elle a permis d'automatiser un grand nombre de travaux graphiques :

- automatisation du tracé des diagrammes aérologiques,
- pointage des cartes en surface et en altitude. Comme il n'était pas question de modifier les documents présentés aux prévisionnistes, qui étaient d'ailleurs spécifiés par des conventions internationales, un très gros effort a été nécessaire.

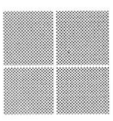
Sans vouloir faire une énumération complète, il y a par exemple 100 symboles de temps présent, 10 symboles de temps passé, 30 symboles de nuages, 10 symboles de tendance barométrique. Les valeurs numériques ne posaient pas de problèmes importants.

La direction et la force du vent ont posé des problèmes particuliers. La codification internationale imposait un trait, une **hampe,** partant du cercle représentant la station dans la direction d'où vient le vent, agrémentée de grandes barbules, valant 10 nœuds, de petites barbules valant 5 nœuds, et de triangles valant 50 nœuds. L'impossibilité de mettre en mémoire la totalité des combinaisons possibles exigeait donc de calculer dans chaque cas le tracé des symboles. Les capacités de calcul du KL 901 ont permis de se conformer strictement aux normes internationales.

En résumé, si le développement de modèles a été la motivation initiale de l'acquisition des moyens de calcul, celle-ci a surtout permis d'automatiser en grande partie les lourdes tâches graphiques de la division Prévision. Plus tard, la mise en œuvre de moyens de calcul plus rapides et plus fiables n'a nécessité qu'une adaptation relativement facile.

Le dernier périphérique installé a été une imprimante IBM, pas très rapide, mais quand même infiniment plus rapide que les sorties antérieures.

Un des avantages du KL 901, par rapport aux engins de sa génération, était la simultanéité, au moins partielle, des accès aux périphériques, bandes magnétiques, entrée et sortie sur lecteurs et perforateur de bandes, sorties sur table traçante ou imprimante. C'est cette capacité de simultanéité qui a permis, lorsque l'ordinateur des transmissions, le DETIM, a été mis en place, de recevoir la totalité du réseau sur le KL 901, sans passer par des bandes perforées.



C'est ainsi que pendant la période d'essais, les résultats des calculs de prévision effectués à Washington ont pu arriver accidentellement sur les bandes magnétiques du KL 901. Les Allemands avaient demandé aux Américains de leur envoyer à Francfort les résultats de leurs prévisions numériques, à des fins de comparaison. Il est arrivé que ces résultats ont été transmis, un jour d'essai de la liaison DETIM-KL 901, à la suite d'un bulletin de données en altitude dont la séquence de fin de bulletin avait été omise ; le tout est donc parvenu au KL 901. On ne l'a su que plus tard, et à vrai dire, on n'aurait pas su quoi en faire.

LES PANNES

La technologie du KL 901 utilisait quelques 8800 tubes à vide et un nombre considérable de diodes et de transistors. Il arrivait qu'une diode ou un transistor rende l'âme, mais le vrai problème était le nombre de tubes. Les tubes utilisés étaient des tubes de longue durée, 10 000 heures. Il en résulte que, en moyenne, un tube devait cesser de fonctionner toutes les une heure vingt minutes environ.

Quand un tube était en panne, il fallait trouver lequel. Tant que l'on ne mettait pas des heures à le trouver, on avait des chances que son remplacement ramène à un fonctionnement normal. Sinon, il pouvait y avoir non plus un, mais deux ou trois tubes hors d'usage.

Pour minimiser le risque d'une telle situation, une série de tests automatiques était exécutés. Les programmes de ces tests étaient dans les mémoires, ce qui leur assurait une meilleure sécurité de fonctionnement. Ils étaient automatiquement lancés à chaque mise en route. Le charme de ces tests est que, grâce à un haut-parleur qui émettait un top chaque fois que huit (je crois) instructions étaient exécutées, chaque programme de test produisait une musique particulière. Viguier et ses acolytes de la maintenance savaient reconnaître au son si tout était normal. Naturellement, ces tests avaient aussi des sorties spécifiques.

Lorsque les pannes devenaient trop fréquentes, il était procédé au remplacement de la totalité des tubes, ce qui aurait assuré, en principe, un redémarrage sans problème si tous les tubes avaient été convenablement enfoncés dans leurs supports.

Un autre procédé de prévention consistait à passer systématiquement tous les circuits enfichables sur un appareil de test, pour vérifier leur fonctionnement correct.

Au total, le taux d'indisponibilité de l'engin, environ 13%, était comparable à celui des calculateurs à tubes de sa génération. Pour une exploitation météorologique qui devait être impérativement régulière, outre la relative lenteur du calcul, le taux de pannes a été une des raisons majeures du remplacement du KL 901 par une installation plus évoluée.

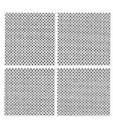
L'ACQUIS DU KL 901

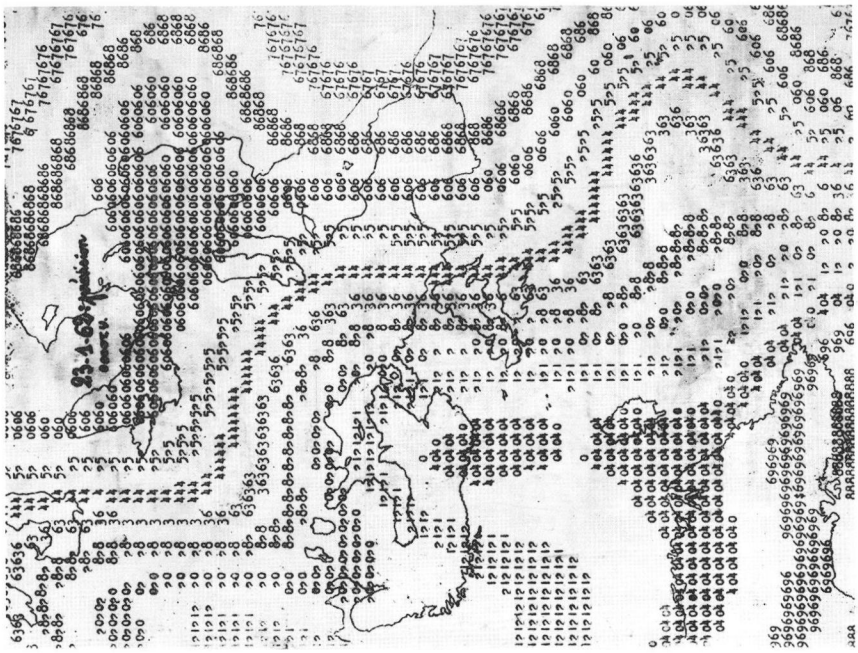
Je n'ai pas, personnellement, eu de grosses difficultés à refaire la plupart des programmes que j'avais écrits pour le KL 901. Il faut dire que j'ai toujours porté un très grand intérêt au calcul numérique. D'autre part, j'ai eu, avant ce grand changement, à programmer des calculs pour des calculateurs divers. Ma toute première expérience de programmation a été pour des calculateurs humains, Mittner, Brun et moi-même, pour calculer les courbes de l'émagramme 761. Plus tard, je l'ai fait pour Gilbert et Namias, de façon plus formelle, pour l'extension du 761. Au cours de mon séjour à Stockholm, j'ai écrit des programmes en langage du BESK, qui ne fonctionnait pas encore. Plus tard, avec Dady, j'avais programmé pour le CAB 2022.

La commodité de programmation en Fortran ou en Compass[1] (après un court moment en Ascent) était telle que j'ai pu rapidement reconstituer les programmes mis au point sur le KL 901. Je pense qu'il en a été de même pour la plupart de ceux qui ont travaillé, comme moi, à la programmation sur le KL 901.

---

1 - Robert Pône fait allusion au premier calculateur CDC 6400. Guy Dady en dit à la fin de l'article cité en note 1 page 40 "En 1967, la Météorologie française s'équipe d'un ensemble de calcul américain et suit le mouvement de l'informatique mondiale, en bénéficiant toutefois de l'expérience acquise sur du matériel français. La période des pionniers est révolue et fait place à celle des gestionnaires" (Ndlr).





Prévision à 500 hPa à 24 heures, obtenue sur le calculateur KL 901.
Les couloirs des isohypses sont matérialisés par une impression de chiffres qui indiquent la cote de la surface isobare (figure extraite de la Note EERM n° 162 de janvier 1964).

Le grand changement a, bien sûr, été que le centre de calcul est devenu une entité distincte, le CETI (Centre de Traitement de l'Information), à la disposition de tous. Cela rendait le centre de calcul plus souple pour l'utilisation par tous les services de la Météorologie nationale, mais en ce qui concerne la PREVI, un peu moins direct. Labrousse, Viguier, Lelu, Millet avait quitté PREVI/DEV pour prendre des fonctions au CETI. La maintenance, assurée par le constructeur, a libéré des personnels de formation météorologique, plus utiles dans l'exploitation.