

## La saga du développement de la K212

En 1970 une équipe d'étude se constituait sous la direction d'André GODIN afin de maintenir Bull dans le business de la saisie de données. Belfort produisait la perforatrice de cartes P112 et la vérificatrice V126. La technologie utilisée était une logique à base de petits relais produits spécialement par Belfort. Restait une base électromécanique de grande précision qui permettait de perforer dans les conditions extrêmes les cartes. En général ces machines se retrouvaient à plusieurs dizaines dans des grandes salles avec une cheffe monitrice juchée sur une estrade et qui surveillait tout cet ensemble de demoiselles et dames afin de maintenir le rendement. A l'époque les offres d'emplois « mécanographe » étaient très courantes malgré un métier très contraignant.

L'idée en cours était de changer de support de saisie et en 1970 il n'y avait pas d'alternative à la carte sauf la cassette format audio. Aussi l'équipe démarrait un appareil nommé GE KS qui devait comprendre, vu de l'opératrice, un clavier, une visualisation (display) et l'enregistreur/lecteur de cassette. A ma connaissance il n'y avait pas de développement concurrent sur ce support mais il existait des fournisseurs de driver de cassettes pour des besoins audio professionnels. Sous une autre forme l'entrée de données pour des besoins de calcul où de machines outils par exemple était la bande perforée format télétype.

La grande opportunité que nous avions était de disposer d'un microprocesseur dénommé A1. Il n'était plus possible de développer une logique à relais ou une logique câblée à base de circuits intégrés.

Cependant je me souviens d'avoir vu à l'époque une perforatrice (Burroughs ??) pleine de cartes de circuits discrets.

### Microprocesseur A1

Une équipe d'études de l'Avenue Gambetta à Paris était sur la modernisation d'un ordinateur le GE 58.

En particulier ils voulaient gérer l'imprimante (I41 ?). Un ingénieur (JP Wolf) avait conçu un microprocesseur basé sur l'architecture Harvard assez semblable au système qui avait permis l'alunissage de la mission Appolo en 1968. Sans le savoir il faisait un processeur RISC (Reduced Instruction Set Computer) comme on les nomme actuellement par exemple dans les PIC de Microchip ou les AVR de Amtel

Les principales caractéristiques étaient les suivantes :

- adressage séparée de la mémoire vive (RAM) contenant les données et de la mémoire morte (ROM) contenant les programmes (Harvard) .
- Nombre d'instructions égale à 30 dont 19 de l'opérateur arithmétique et logique constitué de 2 circuits 74181 (2 fois 4 bits). Les acronymes sur 3 lettres étaient français, exemple BRC = branchement conditionnel.

- mémoire vive de capacité 512 à 4096 caractères de 8 bits (+1 bit de parité).
- mémoire morte de programme de capacité 512 à 4096 caractères de 11 bits (+1 bit de parités)

- temps de cycle d'exécution d'une instruction = 600 ns et 1400 ns pour lire ou écrire dans la RAM, mais pour tenir compte des worst case de tous les temps de traversée l'instruction était calée à 700 ns et grâce à la RAM 1103A de Intel le cycle mémoire vive était pris à 1µs. Ces données permettaient de calculer les longueurs de boucle afin d'être sûr que le programme ne manque pas d'événement.

La réalisation pratique se faisait sur 2 cartes de format dénommé SP10 (équivalent à peu près à un A4) et qui se connectait chacune par deux connecteurs de 70 plots sur un back panel. Le back panel permettait la connexion aux adaptateurs d'appareils et aux mémoires vives et mortes. C'était une interconnexion par wrapping dit en beatles par analogie à la chevelure des chanteurs.

Pour faciliter la mise au point du firmware (programme) un demi emplacement SP10 recevait le poste de maintenance. Celui-ci permettait de visualiser avec des mini lampes le contenu des registres, les emplacements mémoire et surtout d'avancer le firm instruction après instruction pour faciliter la mise au point ou le dépannage. Le firm comprenait des instructions de sortie qui si un switch était positionné arrêtait le déroulement dans des instants stratégiques.

Les programmes étaient principalement écrits par un ingénieur Maurice Burel dépendant des études de Belfort mais basé à St Ouen. De formation Suptélécom c'était le génie du firmware. Il fumait beaucoup et parfois son bureau était assez opaque. Dans les périodes de développement on faisait plusieurs aller et retour dans la semaine à St Ouen (10 heures de train et métro) pour se mettre d'accord sur l'organisation des machines et répartir le traitement hardware et firmware des fonctions. M. Burel nous fournissait par fax les flow chart et le détail des lignes de microprogramme. Les lignes étaient saisies sur une P112 pour obtenir un fichier de cartes. Ce fichier passait dans un GE 58 qui « assemblait » d'une façon rudimentaire et contrôlait quelques erreurs puis perforait une bande télétype. Ce support était lu sur un codeur de mémoire morte (Prom). La simulation n'était guère envisageable sauf à lire des centaines de pages de listing du code binaire. Des tentatives d'amélioration du logiciel du GE 58 ont été proposées par la suite mais sans une aide efficace. D'où l'intérêt du poste de maintenance et des centaines d'heures d'observation de déroulement des programmes. Quand une erreur était trouvée on communiquait à M. Burel qui en général avait la solution disponible car il avait tourné dans sa tête le programme en identifiant avant nous le problème. De façon à maintenir une certaine stabilité des releases, il ne communiquait pas spontanément les modifs car étant donnée la lourdeur du codage on n'aurait pas cessé d'être bloqué. Son classeur le suivait partout et dans les périodes tendues on pouvait l'appeler à son domicile jusqu'à minuit. A l'époque afin de planifier les développements on estimait qu'il fallait une journée pour sortir 5 à 10 lignes de microprogramme «releasable » client.

La technologie de réalisation était principalement de la TTL série 74N introduite par Texas Instrument en 1966 :

<http://www.computerhistory.org/siliconengine/standard-logic-ic-families-introduced/>

Mais quelques circuits en particulier des buffers 4 bits restaient dans la série SUHL (Sylvania Universal High Level Logic) développée pour le programme américain de missile Phoenix (Hughes Aircraft). Ceux-ci posèrent quelques soucis en K212 lorsque Sylvania décida d'arrêter la production. L'horloge était pilotée par un quartz de 10 Mhz et des circuits monostables fournissaient les différents timings. Les circuits imprimés étaient en bicouche, solution économique. L'absence de plan de masse et de 5V pour diminuer l'impédance des lignes et la diaphonie (crosstalk) entre les fils posait des problèmes de transmission des signaux à front très rapides et de découplage des alimentations individuelles de chaque pavé. On inventa le point K petit circuit intégrateur ( $R = 50\text{hm}$ ,  $C = 0.1\mu\text{F}$ ) pour ralentir les fronts non critiques. L'implantation des circuits imprimés était surveillée pour minimiser les risques. Le routage automatique n'existait pas, l'implanteur traçait sur deux feuilles de mylar à l'échelle 2 le dessin du circuit en bicolore : rouge pour une face et bleu pour l'autre en espérant minimiser les longueurs de fils (run) pour passer d'un point à un autre. Ensuite le bicolore était saisi sur une application GE 58 et générait un fichier pour obtenir les masques de développement sur machine GERBER.

## ROM RAM

Deux autres avancées technologiques permirent le développement du A1. La première fut la disponibilité du chip de mémoire vive 1103A, la seconde la disponibilité de chips de mémoire morte.

La 1103A fut le déclic de base pour INTEL avant les chips microprocesseurs. Seul le Intel 4004, processeur en 4 bits était connu commercialement. La 1103A permit de stocker 1024 bits par chip de façon sûre et économique grâce au point mémoire constitué du condensateur grille/canal d'un transistor MOS. En fait le point mémoire était constitué de 3 transistors MOS pour lire et écrire et rafraîchir. Le rafraîchissement était la difficulté car le petit condensateur perdait sa charge et il fallait sans cesse relire la valeur 0 ou 1 du point et éventuellement rétablir la charge. L'autre opportunité fut la disponibilité de mémoire morte programmable par fusible de Harris. Les chips avaient une capacité de 512 bits ( $64 \times 8$ ) en technologie bipolaire TTL et n'étaient programmables qu'une fois !!!!

Une autre difficulté de la TTL en général était l'alimentation en +5V. Il fallait réguler entre 4.75V et 5.25V sous une consommation de plusieurs dizaines d'ampères. En 1970 seule la régulation linéaire était envisageable donc une chute d'au minimum 3V dans les régulateurs qui passaient en thermique. Pour compenser les standards EDF et autres de 220V à +10%, -15% et fréquence 50 Hz  $\pm 0.5$  Hz il fallut obtenir une tension avant régulation de 8V assez stable pour éviter la dissipation thermique. Un fabricant français Mirra nous fournit des transformateurs dits ferorésonnant qui régulaient la tension alternative secondaire par des phénomènes de saturation du circuit magnétique en résonance avec le 50 Hz. C'était encombrant mais ça marchait bien sauf que les fuites organisées du circuit magnétique occasionnèrent quelques soucis dans le P1. Cette technologie en puissance réduite était proposée aux particuliers pour réguler le 220V des téléviseurs qui ne supportaient pas les variations du réseau.

Cinquante ans après on peut comparer avec la technologie actuelle. Lorsque je programme des PIC's de Microchip, le pavé de 18 pins (coût moins d'un dollar) équivaut à la fonction du A1 avec à l'intérieur la mémoire morte (Eprom) reprogrammable au moins 1000 fois et la mémoire vive (RAM). Microchip fournit gratuitement un assembleur, simulateur, émulateur in circuit, le fichier HEX. Par une liaison USB on code le chip sur un petit circuit qui coûte moins de 10 dollars. C'est aussi vrai pour les ATMELs, Arduino, voir à un niveau plus évolué avec Rasbéry et chaque jours voient apparaitre des technologies plus performantes !!!!! Je ferai le rapprochement également pour les dispositifs d'entrées/sortie.

## **Le GE KS**

La dénomination GE de Général Electric qui finit de sévir en 1970 pour passer à Honeywell et KS pour système à cassette. De mémoire la cassette était organisée en secteur de 128 caractères avait un identificateur d'entête pour sélectionner les fichiers. Il fallait une visualisation d'au moins 16 caractères avec affichage de type journal défilant. Un clavier de type mécanographie pour entrer les données. Même si on a essayé de bricoler des lecteurs enregistreurs de cassettes on a vite choisis les produits disponibles.

## **Le display**

A l'époque il n'existait pas grand-chose à part les écrans cathodiques (CRT) et les affichages tube à vide NIXIE mais c'était trop volumineux.

Une tentative interne était de réaliser un système électromécanique qui fonctionnait de la façon suivante : une bande sans fin d'environ 1 m réalisée en film genre super huit tournait sur 2 poulies horizontales. Sur la bande se trouvait le positif de la suite des caractères à visualiser. Cette bande défilait assez vite (10m/s) et 16 lampes côte à côte flashaient en synchronisme avec le caractère à visualiser sur la position.

Mécaniquement et électroniquement ça ne marchait pas trop mal mais un peu usine à gaz. Le seul problème était la nature des lampes qui ne réagissait pas assez vite même en gérant le maintien d'un préchauffage. Les LED n'étaient pas disponibles commercialement et les seules qui apparurent dans les mois suivants étaient de couleur rouge (AsGa) et de luminosité très faible. On a essayé des petites lampes néon dont la vitesse était suffisante mais pas la luminosité. Puis on abandonna...

Entre temps on était en relation avec des chercheurs du CNRS (MM Assouline et Leiba) qui était très avancé sur les cristaux liquides. A une de leur visites il nous avait fournis un dispositif de 2 caractères en technologie nématique. Les caractères étaient formés par une matrice 7 segments qui obstruaient une lumière de fond. Il fallait commander par une tension continue modulée en fréquence et la liaison aux plaques de verres supportant les dépôts n'était pas simple. Industriellement ce n'était pas près mais on connaît la suite, bravo. Une autre approche était un système holographique avec laser que développait le CEA à Marcoussis. Une visite dans leur labo montra que ce n'était

pas à l'échelle du projet. On rencontra également Thomson qui étudiait à Grenoble des dispositifs électro luminescents à base d'oxyde de Zinc. Alimentés par une tension de plusieurs centaines de volt les surfaces devenaient vertes fluorescentes mais on était loin de réaliser un afficheur de caractères. Des applications ont vu le jour par exemple en signalétique de mémoire dans les couloirs d'avions. La même équipe travaillait sur des panneaux plasma dont les points étaient commandés par des fils déposés XY. C'était les balbutiements mais prometteur par la suite.

Notre solution vint d'un produit original développé par Burroughs pour des terminaux bancaires :

le Self Scan Panel :

[https://archive.org/stream/TNM\\_Self-Scan\\_Panel\\_Display\\_model\\_SSD1000-0010\\_-\\_20170915\\_0125#page/n7/mode/2up](https://archive.org/stream/TNM_Self-Scan_Panel_Display_model_SSD1000-0010_-_20170915_0125#page/n7/mode/2up)

Basé sur l'allumage de plasma Néon, il permettait la visualisation de 16 positions de caractères alphanumériques (64 lettres et chiffres et caractères spéciaux) en matrice de 5 par 7 points (6\*7 mm). L'originalité de ce display était le mode balayage un peu semblable à un CRT. Une électrode à gauche du panneau amorçait l'allumage d'une colonne de plasma placée à proximité. Le phénomène exploité est la facilité d'amorçage lorsqu'on est à proximité d'une zone déjà amorcée. Il suffit d'allumer la colonne, d'éteindre la colonne de gauche et de continuer le cycle sur 111 électrodes correspondant à 5 points horizontaux par caractère plus 2 points d'espace =  $(5+2)*16-1$ . Afin d'éviter la commande individuelle des 111 colonnes, elles étaient regroupées en 3 fois 37 car à une distance de 3 colonnes (0.6 mm) il n'y avait pas d'amorçage possible. Un simple compteur par 3 pilotait les 3 drivers à 250V pour allumer les 111 électrodes à une fréquence de 60Hz. Les groupes éteints étaient maintenus à environ 100V pour faciliter l'amorçage. Ce balayage incessant se passait à l'arrière du panneau et une matrice de 7\*111 trous communiquait avec l'avant du panneau où était déposées sur le verre 7 lignes conductrices invisibles.

Il « suffisait » au bon moment en synchronisme avec le balayage arrière, d'alimenter en 250V la ligne pour aspirer le plasma et afficher un point de couleur rouge orangé pour former séquentiellement les caractères. A une fréquence de 60 Hz le flicker (scintillement) était absent pour l'œil humain surtout craint quand les yeux de l'opératrice passent de la page à frapper au display ce qui engendre des malaises si l'image « saute ».

## **Le clavier.**

Nous disposions du clavier électromécanique de la P112 qui avait été optimisé pour obtenir les meilleures performances des opératrices mais nous voulions passer à une technologie électronique facilement adaptable au traitement microprogrammé. D'où la recherche du meilleur compromis. On essaya les touches à contact classique mais malgré des dispositifs étudiés de « snap action » (enclenchement brusque par des ressorts en équilibre) il restait des rebonds et la fiabilité n'était pas terrible surtout pour la touche la plus sollicitée : l'espace. On souhaitait plusieurs millions de manoeuvres. Puis les contacts à ampoules Reed moins rebondissant et commandés par un aimant coulissant ou il fallait maîtriser l'effort d'enfoncement. On recherchait à imiter le clavier électromécanique qui à chaque appui s'enclenchait brusquement pour signifier à l'opératrice que la donnée était bien entrée !!!

Certains fournisseurs nous proposaient des touches à magnétorésistance actionnées par un aimant

On a essayé tout simplement de jouer du ressort de rappel pour faire d'une pierre deux coups. En métallisant les spires on pouvait détecter la variation de résistance entre la position repos et travail avec les spires jointives. L'électronique de lecture était compliquée. Et enfin Honeywell nous décida d'adopter sa technologie à effet Hall. La division Microswitch nous fournit une touche au pas de 19 mm formée d'un circuit à 4 pins (0V, 5V, 2 sorties isolées) vertical que chevauchait un aimant plastique.

L'électronique commutait avec un effet d'hystérésis offrant plusieurs mm entre le On à l'enfoncement et le Off au relâchement et les deux sorties se faisait sous forme d'impulsion de quelques ms suffisante pour être vu par le balayage du microprogramme mais qui évitait la plupart des frappes simultanées sauf pour certaines opératrices anglo-saxonnes qui battaient le firmware à la frappe du « THE » très fréquent en anglais. Les 2 sorties isolées sous forme de diodes permettaient l'encodage sous forme matricielle en code ASCII 8 bits. Sur le circuit imprimé du clavier une logique à base de timing par monostable permettait à chaque frappe de présenter le code de la touche enfoncé puis d'un signal « caractère à prendre » auquel le firmware répondait par « caractère pris ». La liaison à la logique nécessitait très peu de fils. Cette architecture d'interface a été conservée sur la K212 et le P1.

## **Le système GE KS.**

Le Product planning de l'époque et JP Claverie travaillaient sur les spécifications d'une machine de saisie de données sur cassette afin de remplacer la carte perforée. Toutes les fonctions d'organisation de la lecture et écriture sur le ruban magnétique étaient gérées par le firmware qui devait aussi maîtriser la gestion hardware du lecteur clavier et display. L'idée était de minimiser l'électronique entre les registres de sortie du A1 et l'appareil. L'enregistrement et la lecture sur cassette étaient réalisés dans le driver acheté et de mémoire les datas étaient écrites en modulation FSK = une fréquence pour un « 0 », une autre pour un « 1 ». Au début de la mise au point, il était très difficile de discerner d'où provenait le problème lorsqu'on arrivait à rien relire. Les oscilloscopes

n'étaient pas très performants pour des signaux éminemment variables et nous ne possédions pas d'oscillos à mémoire, aussi pour visualiser ce qui se passait sur la bande magnétique on « révélait » avec un fluide ferromagnétique et cette méthode permit d'avancer rapidement. Au moins un prototype complet fut construit et on commença à tester les fonctionnalités avec une opératrice Mme Croupat.

## **La K212.**

On devait arriver au printemps 1971 quand sans avoir vu venir quelque chose, IBM annonce la sortie d'une nouvelle perforatrice/ vérificatrice de cartes, l'IBM 129 introduite avec le gros système IBM370. Elle succède à l'IBM 029 que concurrençait la P112 :

<https://en.wikipedia.org/wiki/Keypunch>

Après un rapide branle bas de combat le Product Planning décide qu'il fallait introduire au plus vite une machine concurrente dont la spécification fut rapidement écrite : fonctionnement identique à la 129 de façon à ce qu'une opératrice passe de l'une à l'autre sans formation. JP Claverie se procura rapidement par des voies détournées une documentation et toute l'équipe renforcée allait œuvrer pour développer ce qu'on appela la K212. Quelques semaines ensuite on pu se procurer par l'intermédiaire d'une officine aux US une 129 qu'on installa au labo et qu'officiellement le field d'IBM mise en route et maintenait.

Ce fut la surprise de voir la technologie d'IBM. L'électronique était à base de circuits SLT (circuit hybride sur céramique encapsulé dans un boîtier métallique) :

<http://www.computerhistory.org/siliconengine/hybrid-microcircuits-reach-peak-production-volumes/>

consommant très peu puisqu'aucun ventilateur n'était présent. Les cartes d'assez grandes dimensions étaient en circuit multicouche avec des runs espacés de 0.6 mm alors qu'on se maintenait quasiment à 2.54 mm. On avait tout le détail et il ne restait plus qu'à M. Burel de nous approvisionner en flow chart et lignes de programme.

## **La mécanique**

Bien sur l'idée était de récupérer le mécanisme de la P112 et d'adapter un poste de lecture optique pour assurer la fonction de vérificatrice. Les mouvements mécaniques provenaient d'un moteur unique (sauf l'impression) toujours en rotation et des électro-embayages (clutch) actionnaient les différents postes du magasin de cartes (hopper) à droite jusqu'au tiroir de rangement (stacker) à gauche. La perforation de la carte était en batch, une fois les 80 colonnes saisies la carte avançait en pas à pas devant la colonne des 12 poinçons éventuellement imprimée au dessus et ensuite extraite jusqu'au stacker. Le poste de poinçonnage à l'identique de la P112 armait par des électros un levier correspondant au trou à perforer et une came en direct sur le moteur central actionnait les poinçons en carbure. Si l'on voulait imprimer il fallait que le moteur Papst du poste d'impression soit en route entraînant une roue porte caractères de 60 mm environ. Un codeur optique à fente donnait la position des caractères initiée par une

autre fente. C'était le challenge du firmware de suivre ce codeur (de mémoire cycle de 200ms) et de commander l'électroaimant de frappe à l'arrière de la carte pendant l'arrêt de poinçonnage. La roue était encrée par contact avec une roue imbibée d'encre. Dans cette version du A1, l'interruption prioritaire n'existait pas et c'est la fréquence de scanning qui permettait la performance. Il fallait aussi en même temps surveiller le clavier, rafraichir le display de 2 caractères indiquant la colonne de frappe et gérer tout le cadencement du défilement.

Les électros aimants fonctionnaient en 48V. Une carte extérieure au backpanel appelée DOE (Device Oriented Electronic selon la terminologie GE) alimentaient ces électros par un transistor chacun qui comportait un anti surtension diode+zener pour ne pas maintenir le courant trop longtemps à la coupure.

Le poste de lecture fut repris de la V126. Les récepteurs étaient 12 photopiles et au lieu de 12 lampes Midget on utilisa une seule lampe très basse tension pour avoir un filament de gros diamètre et un faisceau de fibre optique fabriqué à Belfort amenait la lumière sur les 12 positions. La lampe étant de durée de vie limitée une deuxième pouvait être poussée par l'opératrice en attendant le remplacement de la première.

## **Le clavier.**

La division Microswitch d'Honeywell avait des opérations à coté de Frankfort. J'y passais quelque fois et heureusement de 12 années d'allemand et quelques stages on put développer un prototype de clavier à touche à effet Hall avec un ingénieur allemand en utilisant un encodeur MOS et notre interface du GE KS. Puis pour la version définitive je retrouvais à l'été de 1971 le même ingénieur chez Microswitch mais dans un petit village à coté de Londres. Mon anglais était quasiment nul mais tout se passait techniquement en allemand. La négociation commerciale avait été initiée par Bob Rutherford patron des achats qui n'avait pas rejoint GE. Il me suivait très gentiment à distance, c'était un boy sympa. Je ramenaient des photos prises dans un studio du village pour commencer à constituer la doc commerciale. Quelques temps après on reçut les premiers claviers et on était capable de livrer des tas de variantes Azerty, Qwerty, Qwertz bien sur et des alphabets cyrilliques, grecs, farsi voir japonais. L'encodeur MOS fit prendre conscience à la fabrication de l'importance de l'électricité statique dans les postes de travail. A certaine période de bise belfortaine les claviers rendaient l'âme à la soudure jusqu'à ce qu'on installe les postes de soudures sur des tapis conducteurs et les opératrices avec des bracelets connectés à la masse. On plaisantait sur la matière de leur dessous !!!!De mémoire le clavier était acheté environ 100\$.

## **L'électronique.**

Déjà mentionné une grande carte à l'arrière DOE en liaison avec principalement des registres d'entrée sortie du microprocesseur et de gestion des timings situés sur des cartes dans le backpanel appelé DA (Device Adapter). Un afficheur de deux caractères récemment disponible en LED rouge du fournisseur Monsanto qui comportait également le décodeur binaire/7segments. Certains caractères spéciaux disponibles indiquaient des états dans des opérations de maintenance. La commande du moteur

Papst d'impression posa un problème évident de parasites aussi on conçut une commande à Zéro de l'alternance 220V à l'aide de deux thyristors et d'un petit transfo. Les switches commande à zéro et les triacs n'existaient pas. Un gros problème fut l'alimentation de par sa puissance et le nombre de tension souhaitée. On reprit le transfo ferrorésonnant et générait 5 V 50 Ampères, 48V, +et-12V pour des amplis op et surtout une ventilation très bruyante. La distribution de telle puissance dans la machine était soignée. De plus il fallait assurer toutes les variantes 50 Hz, 60Hz à 108 V, 240V pour les anglais et être conforme aux standards UL pour les US, CSA pour le Canada. Je dois rappeler que les labos et atelier disposaient de prises 108V 60Hz et même un réseau 48V

Un jour Sylvania nous lâcha avec les registres SHUL. Après une tentative de reprise par la Radiotechnique et devant l'arrêt de la production on décida de réimplanter en catastrophe les cartes du A1. Après quelques jours et nuits la fab reprenait. On chercha aussi pendant des jours et des nuits à piéger un parasite aléatoire sur le mouvement moteur, je ne me souviens plus comment mais on réussit à traiter le problème.

Gérard Lepaul