

THESE

présentée à

Institut National Polytechnique de Grenoble

pour obtenir le grade de
DOCTEUR INGENIEUR

par

Mokhtar BOSHRA RIAD



**CONTRIBUTION A L'ETUDE DES ORGANISATIONS DES
MEMOIRES A BULLES MAGNETIQUES.**



Thèse soutenue le 30 Juin 1979 devant la commission d'examen.

L. BOLLIET **Président**

F. ANCEAU
M. BENNETT **Examineurs**
C. BOKSENBAUM
Ph. COEURE

RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE

Ce travail a été entrepris pour tenter de répondre à la question essentielle qui se pose lors de la conception des mémoires à bulles magnétiques et qui peut se résumer de la façon suivante:

Comment organiser la mémoire à bulles pour qu'elle soit à la fois performante (temps d'accès minimal et débit maximal) et aussi peu coûteuse que possible ?

L'approche que nous avons suivie est basée sur le désir d'exploiter au maximum les possibilités offertes par les bulles magnétiques. Jusqu'à présent, seules les organisations classiques (organisation série, organisation en registres mineurs/registre majeur, et organisation série-parallèle) ont fait l'objet de réalisations. Elles sont basées sur la technique d'accès par champ magnétique tournant. Ces mémoires conviennent à de nombreuses applications, mais pas à celles qui nécessitent un temps d'accès rapide et un débit élevé (remplacement des mémoires centrales par exemple).

La technique d'accès par courant permet une exploitation rapide des mémoires à bulles (1 MHz et plus), mais elle a été abandonnée parce qu'elle nécessite généralement des configurations compliquées de conducteurs de courant connectés en série, dont la largeur est inférieure au diamètre d'une bulle. Cette technique d'accès par courant a été remplacée par l'accès par champ qui utilise une structure beaucoup plus simple.

Nous avons essayé de combiner ces deux techniques afin d'obtenir des organisations nouvelles de mémoires à bulles qui seraient beaucoup plus performantes et dans lesquelles les inconvénients des organisations classiques seraient écartés. La solution que nous proposons combine des registres de stockage basés sur l'accès par champ et des chemins d'accès basés sur l'accès par courant. Ceux-ci sont incorporés, partiellement ou complètement, dans les registres de stockage, ce qui évite l'utilisation des portes de transfert de bulles entre les registres de stockage et les chemins d'accès.

Cette solution combine une structure simple pour le stockage des bulles (accès par champ) avec des chemins d'accès rapides (accès par courant). Les possibilités de l'arrêt/marche des bulles et la bidirectionnalité de décalage ont été exploitées dans cette nouvelle organisation. De plus, la géométrie de la combinaison (registres de stockage et chemins d'accès) a permis l'utilisation de plusieurs stations d'accès (lecture/écriture) dans la puce, sans risque d'encombrement. Toutes ces options ont contribué à obtenir un accès multiple sur des chemins d'accès rapides, ce qui diminuera le temps moyen d'accès à la mémoire et augmentera le débit.

Nous avons choisi de présenter nos travaux selon le plan suivant:

1. Généralités sur les mémoires à bulles (chapitres 1 à 3):

- le chapitre 1 présente une introduction générale sur les mémoires et passe en revue les mémoires 'rivaless' de la mémoire à bulles ;
- le chapitre 2 décrit les bulles magnétiques, leur origine, leurs caractéristiques et leurs fonctions logiques ;
- le chapitre 3 énumère les caractéristiques qui militent en faveur des mémoires à bulles, les réalisations envisagées et les différents domaines d'application possibles.

2. Présentation des résultats obtenus (chapitres 4 et 5):

- le chapitre 4 décrit et critique les organisations classiques de la mémoire à bulles et propose de nouvelles organisations ;
- le chapitre 5, ainsi que l'annexe, tentent d'établir une comparaison entre les performances de toutes les organisations présentées.

TABLE DES MATIÈRES

-0-0-

CHAPITRE 1 - INTRODUCTION SUR LES MÉMOIRES

1.1. Généralités	1
1.2. Classification des mémoires	3
1.3. Les technologies qui suppléent au défaut d'une catégorie de mémoires	7
1.3.1. La mémoire accessible par rayons d'électrons (EBAM)	7
1.3.2. La mémoire à couplage de charges (CCD)	9
1.3.2.1. Les appareils à transfert de charges (CTD)	9
1.3.2.2. Historique et état actuel des mémoires à couplage de charges	10
1.3.3. Mémoires à bulles magnétiques (MBM) et à propagation de domaines	13
1.3.3.1. La mémoire à bulles	13
1.3.3.2. La mémoire à propagation de domaines (DOT)	14
1.4. Conclusion	15

CHAPITRE 2 - LES BULLES MAGNÉTIQUES ET LEURS FONCTIONS LOGIQUES

2.1. Introduction	16
2.2. Les matériaux à bulles	17
2.3. Les bulles magnétiques et leurs paramètres	20
2.4. Manipulation des bulles magnétiques	22
2.5. Principales fonctions logiques	24
2.5.1. Propagation des bulles magnétiques	24
2.5.1.1. Propagation par courant	24
2.5.1.2. Propagation d'ange de mer "angel-fish propagation"	26
2.5.1.3. Propagation par champ magnétique tournant	26
2.5.2. Génération et duplication des bulles (écriture)	29
2.5.3. Détection des bulles (lecture)	33
2.5.3.1. Induction électromagnétique	33
2.5.3.2. Effet Hall	33
2.5.3.3. Détection optique directe	33
2.5.3.4. Magnétorésistance	34

2.5.4. Annihilation des bulles (effacement)	36
2.5.4.1. Effacement total du module mémoire	36
2.5.4.1. Effacement bit par bit	36
2.5.5. Transfert et aiguillage des bulles	37
2.5.5.1. Porte de transfert simple	37
2.5.5.2. Porte de transfert par duplication	37
2.6. Fonctions logiques supplémentaires	41
2.7. Conclusion	46

CHAPITRE 3 - RÉALISATIONS ET APPLICATIONS DES MÉMOIRES À BULLES MAGNÉTIQUES

3.1. Caractéristiques qui militent en faveur de l'utilisation des mémoires à bulles	47
3.2. Réalisations et applications annoncées pour les mémoires à bulles magnétiques (MBM)	49
3.2.1. Bell Laboratories	49
3.2.2. Texas Instruments (TI)	50
3.2.3. Rockwell International	51
3.2.4. La NASA	52
3.2.5. Laboratoire d'Electronique et de Technologie de l'Informatique (LETI du CEN Grenoble)	53
3.2.6. Plessey Memories	54
3.2.7. Hitachi	54
3.2.8. Nippon Telegraph and Telephone	54
3.2.9. IBM	55
3.2.10. Autres approches	57
3.3. Applications envisageables des mémoires à bulles magnétiques	58
3.3.1. Applications dans un domaine où la fiabilité est très importante	58
3.3.2. Domaine qui nécessite des grandes mémoires peu coûteuses, sûres et toujours disponibles	59
3.3.3. Domaine où une petite mémoire secondaire est suffisante	60
3.3.4. Les mémoires à bulles dans les grands systèmes informatiques	61
3.3.5. Nouveaux domaines d'application	62

3.4. La mémoire à bulles et les autres mémoires	63
3.5. Comparaisons prix au bit et capacité de stockage	66
3.6. Conclusion	70

CHAPITRE 4 - LES ORGANISATIONS DE LA MÉMOIRE À BULLES MAGNÉTIQUES

4.1. Introduction	73
4.2. Evolution des circuits d'accès par courant	76
4.3. Critères de choix d'une organisation de la mémoire à bulles	77
4.4. Les organisations classiques	78
4.4.1. Organisation en registre bouclé simple (organisation série)	78
4.4.2. Organisation en registres mineurs/registre majeur	80
4.4.3. Organisation série parallèle	84
4.4.4. Organisation en registres multiples	87
4.5. Techniques pour augmenter les performances et les possibilités d'exploitation de la mémoire à bulles	91
4.5.1. Technique de réarrangement dynamique des données	91
4.5.2. L'échelle de bulles "bubble ladder"	94
4.6. Les nouvelles organisations	95
4.6.1. Notations	95
4.6.2. Organisation avec pont d'accès	97
4.6.2.1. Objectifs	97
4.6.2.2. Description de l'organisation	97
4.6.3. Organisation en blocs jumeaux	103
4.6.3.1. Description	103
4.6.3.2. Avantages de l'organisation	107
4.6.3.3. Organisation du module mémoire	111
4.6.4. Organisation avec contours d'accès incorporés en haut et en bas	115
4.6.4.1. Description	115
4.6.4.2. Permutation fautive	120
4.6.5. Organisation avec contours multiples d'accès incorporés à l'intérieur de la classe	122
4.7. Logique d'accès à la mémoire à bulles	124
4.7.1. Logique d'accès dans les organisations avec contours d'accès incorporés	124

4.7.1.1. L'accès sur les contours d'accès	124
4.7.1.2. Règles de chargement de la mémoire	129
4.7.1.3. Règles d'accès à la mémoire en lecture et en écriture	130
4.7.2. Dispositif indicateur d'ordonnée privilégiées	132
4.8. Complexité du contrôleur de la mémoire à bulles	138
4.9. Réalité technologique des mémoires à bulles	139
4.10. Conclusion	141
 CHAPITRE 5 - COMPARAISON DES PERFORMANCES DES DIFFÉRENTES ORGANISATIONS DE MÉMOIRES À BULLES MAGNÉTIQUES	
5.1. Introduction	143
5.2. Mesures de performance des mémoires à bulles	143
5.3. Paramètres des différentes organisations de mémoires à bulles	146
5.4. Formules de calcul du décalage moyen par référence à la mémoire	147
5.5. Avantages en performance et en coût des organisations avec contours d'accès incorporés	151
5.6. Anomalies de performances des organisations 7 et 8	153
5.6.1. Sources et influences des anomalies	153
5.6.2. Organisation 7	154
5.6.3. Organisation 8	156
5.7. Influences des différents paramètres sur la performance des organisations de mémoires à bulles	158
5.7.1. Décalage transversal moyen (DTM) contre capacité de la page privilégiée (B)	165
5.7.2. Influences de B, L et C sur les DLM et DTM dans les organisations 7 et 8	165
5.7.3. Influence du nombre de contours d'accès (NCA) sur DLM et DTM pour l'organisation 8	168
5.7.4. Influence des valeurs de B et W sur le DTM	174
5.8. Accès aux blocs	176
5.8.1. Accès aléatoires aux blocs (bloc=page)	176
5.8.2. Accès séquentiels aux blocs (bloc=page)	176
5.8.3. Accès aléatoires aux blocs plus petits que la page privilégiée	177

5.9. Les mémoires à bulles en tant que mémoires centrales	180
5.10. Conclusion	181
CONCLUSION GÉNÉRALE	182
ANNEXE	184
BIBLIOGRAPHIE	208