

Serrés, debout

Selon les ingénieurs de la Société *TeraS-tor* qui mettent au point de tels dispositifs, la limite qu'impose l'effet superparamagnétique peut alors être dépassée, et les capacités peuvent atteindre 30 milliards de bits par centimètre carré.

Dans ces disques durs, un laser chauffe une petite zone qui devient ainsi aimantable. La densité d'information est alors considérable, parce que le faisceau laser est concentré sur un point d'un diamètre inférieur à un micromètre, grâce à une «lentille à immersion solide». Cette lentille, inventée à l'Université de Stanford, a une forme de sphère tronquée, et son principe ressemble à celui qui est utilisé dans la microscopie à immersion liquide : la lentille et l'objet à observer sont placés dans un liquide, souvent de l'huile, dont l'indice de réfraction, différent de celui de l'air, augmente l'agrandissement en focalisant les rayons lumineux. Grâce à ce principe, le faisceau laser est ici concentré. En outre, dans la technique de «champ proche» qui est utilisée, la distance qui sépare la tête de lecture et d'écriture du support de mémorisation est inférieure à la longueur d'onde du faisceau laser, ce qui réduit la dispersion de la lumière (voir la figure 3).

Le support d'enregistrement est une couche de matériau magnétique déposée sur un disque de plastique. Les bits d'information sont inscrits perpendiculairement à la surface du disque, et non plus horizontalement. Ainsi, les champs magnétiques des bits se renforcent mutuellement et ne sont pas soumis à l'effet superparamagnétique.

En outre, les zones chauffées par le faisceau laser pour l'enregistrement de chaque bit se chevauchent : ces derniers ont alors une forme de croissant ; cette méthode d'enregistrement double le nombre de bits écrits linéairement sur une piste. La lecture utilise l'effet Faraday : l'aimantation modifie la polarisation d'un faisceau laser réfléchi sur le disque ; selon cette aimantation, on obtient des directions de polarisation différentes, qui codent des 0 ou des 1.

Ces nouveaux disques durs seront commercialisés à la fin de l'an 2000. Toutefois, leur capacité sera seulement de 20 milliards d'octets, sur des supports amovibles de la taille d'un disque compact, alors que les disques durs actuels ont déjà des capacités supé-

rieures à 70 milliards d'octets. Les premiers modèles remplaceront peut-être, dans un premier temps, les actuels produits de sauvegarde d'informations pour lesquelles la vitesse d'accès est importante (à bandes et optiques).

Les ingénieurs qui travaillent à ce projet espèrent atteindre ensuite des capacités supérieures à 300 milliards d'octets. Ils sont optimistes, et certains estiment que les perfectionnements des matériaux, des techniques de fabrication et du traitement du signal permettront, d'ici à quelques années, de fabriquer des disques durs avec de telles densités de mémorisation. Leurs prévisions se fondent sur l'examen des progrès passés : l'introduction des têtes à couches minces a demandé près de dix ans, la mise au point des têtes magnétorésistives a nécessité six ans de plus, notamment pour mettre au point des éléments de lecture et d'écriture séparés pour la tête. Pourtant le passage aux disques GMR s'est fait en quelques mois.

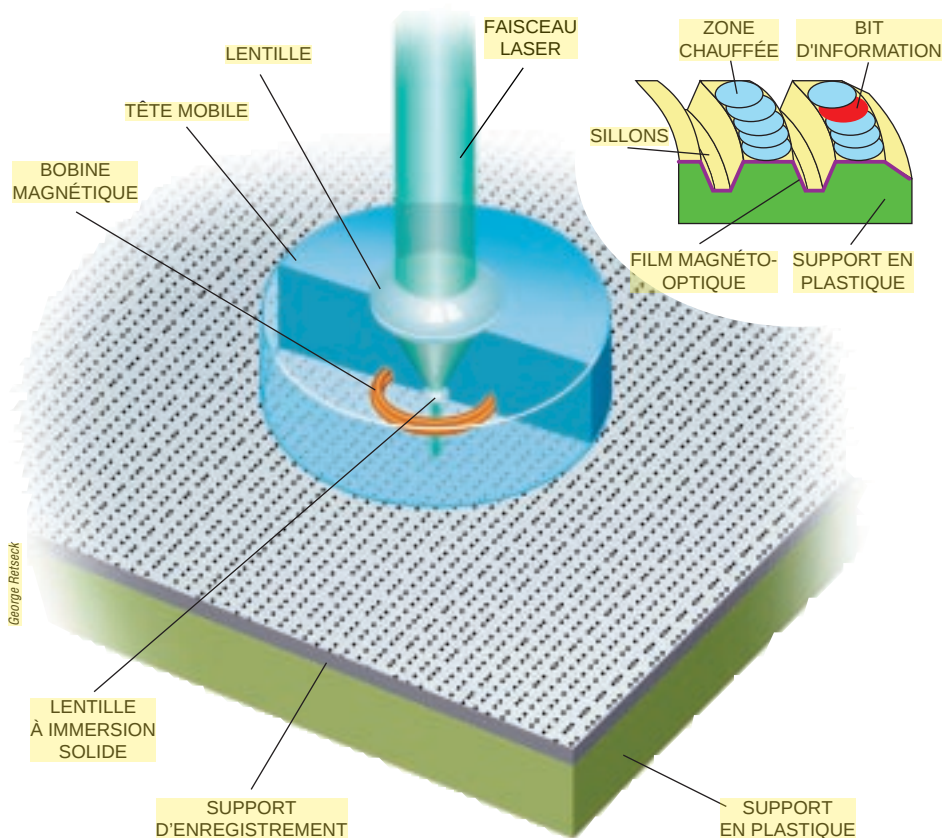
La transition a été rapide, car les têtes GMR n'imposaient que quelques

changements des composants périphériques des disques durs. L'augmentation des capacités jusqu'à plus de 20 milliards de bits par centimètre carré sera peut-être une simple évolution plutôt qu'une révolution.

Le problème de la vitesse

La performance des disques durs tient également à la vitesse d'accès aux données. Or, si la capacité des disques durs augmente de 130 pour cent par an, les vitesses d'accès ne progressent que de 40 pour cent.

Classiquement, les ingénieurs ont augmenté la vitesse de rotation des disques. Toutefois, lorsqu'un disque tourne plus vite, les turbulences de l'air et les vibrations entraînent parfois des erreurs d'enregistrement sur les pistes. Parmi les améliorations possibles, des paliers fluides dans le moteur peuvent remplacer les roulements à billes en acier et en céramique, qui s'usent et deviennent bruyants lorsque les plateaux tournent à plus de 10 000 tours par minute.



3. DANS LES SYSTÈMES MAGNÉTO-OPTIQUES, un faisceau laser chauffe un point minuscule sur le disque, ce qui permet à la tête de modifier les propriétés magnétiques du point. Une première lentille concentre le faisceau sur une lentille à immersion solide, laquelle focalise la lumière en un point d'un diamètre inférieur à un micromètre. Dans ce procédé, les zones chauffées se chevauchent : chaque bit, inscrit verticalement, a une forme de croissant (en haut à droite) ; la densité d'information est ainsi augmentée.

Apparemment, l'industrie du stockage des données envisage la production de disques durs de deux types : pour certains, la capacité sera privilégiée ; pour d'autres, ce sera la vitesse. Les premiers seront adaptés au stockage de masse, telles les sauvegardes des fichiers d'archives, les seconds à des applications pour lesquelles l'accès rapide aux données est primordial.

Naguère, les utilisateurs préféraient des disques plus volumineux aussi peu coûteux que possible, même quand l'accès aux données était ralenti. Toutefois, les nouvelles applications requièrent des disques rapides. Par exemple, le commerce électronique, via le réseau Internet, impose aux sociétés de stocker et de manipuler rapidement des volumes importants d'informations relatives aux clients.

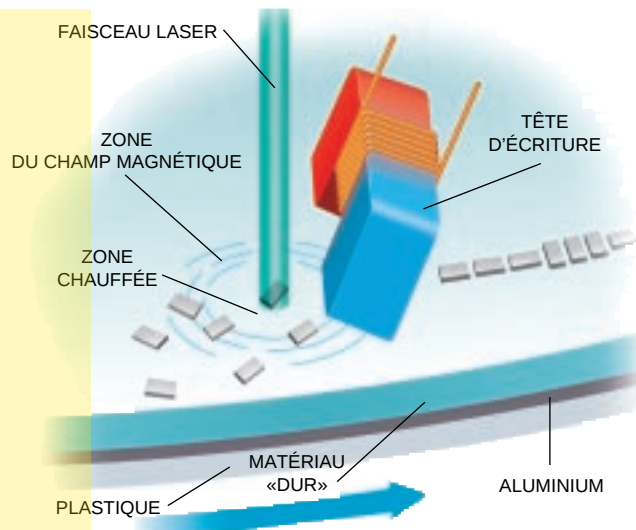
Le dilemme de la capacité et des performances s'aggravera probablement avec la mise en œuvre des solutions au problème de l'effet superparamagnétique. Certaines des solutions proposées s'enorgueillissent de grosses capacités de mémoire, mais leurs vitesses médiocres les confineront à certaines applications. Pour atteindre des densités de mémorisation supérieures à 20 milliards de bits par centimètre carré, les experts concluent qu'on devra utiliser des matériaux radicalement différents pour les supports de mémoire.

De nouveaux supports

Depuis près de 40 ans, la mémoire holographique est un Graal de l'industrie micro-électronique : on prévoit de stocker des billions d'octets (soit l'équivalent de millions de livres) dans un dé de matériau cristallin gros comme un morceau de sucre. En outre, la vitesse de recherche des données mémorisées serait bien supérieure à celle des méthodes magnétiques.

Seuls ou réunis en consortiums financés par des fonds publics, les principaux groupes informatiques s'efforcent de mettre au point un système à mémoire holographique pratique, commercialisable en 2010.

Comment fonctionnerait un tel système ? La mise en mémoire s'effectuerait par des méthodes optiques, dans



4. DANS LES DISQUES EN MATÉRIEAUX «DURS», on chauffe les points successifs des pistes à l'aide d'un laser, de sorte qu'une tête oriente ensuite spécifiquement les cristaux magnétiques éclairés.

des cristaux photosensibles. Les informations seraient stockées et extraites par pages entières de données. Chaque page contiendrait des milliers, voire des millions de bits. Les pages seraient inscrites successivement, à l'aide de deux faisceaux laser. À sa traversée d'un écran à cristaux liquides, nommé modulateur de lumière spatiale, l'un de ces deux faisceaux, nommé faisceau objet, formerait avec la page de données à mémoriser un motif de carrés clairs et opaques, analogue à une grille de mots croisés, qui s'afficherait sur un écran.

Un hologramme de cette page serait créé par l'interférence de ce faisceau objet et d'un second faisceau, nommé faisceau de référence, dans le matériau d'enregistrement photosensible. Selon la nature de ce matériau, le motif d'interférence optique serait inscrit par les changements physiques ou chimiques, telles des variations de l'indice de réfraction, des propriétés d'absorption de la lumière ou de l'épaisseur du matériau photosensible (voir la figure 6).

Une fois ce motif d'interférence mémorisé, son éclaircissement par l'un des deux faisceaux d'origine conduirait à une diffraction de la lumière qui reconstituerait l'autre faisceau. Ainsi, en éclairant le cristal par le faisceau de référence, on recréerait le faisceau objet, avec sa page de données. On détecterait ensuite le motif des données à l'aide d'une puce du type de celles qui sont utilisées dans les caméras numériques ; les données de la puce seraient alors transmises à l'ordinateur.

Le même cristal pourrait contenir de nombreux motifs d'interférence cor-

respondant chacun à une page de données. Pour sélectionner les pages, on modifierait la longueur d'onde du laser ou l'angle entre le faisceau objet et le faisceau de référence.

En 1999, un groupe de recherche composé de plusieurs sociétés a présenté une mémoire holographique d'où des données ont été extraites à une vitesse d'un milliard de bits par seconde : le support est un disque en polymère d'une taille voisine de celle d'un disque compact, capable de mémoriser des volumes de données très importants. De plus, les composants et les matériaux utilisés sont facilement

intégrables dans de futurs produits.

Simultanément, d'autres membres du même consortium ont présenté un autre dispositif pour lequel l'accès rapide a été privilégié, plutôt que les capacités de mémorisation. Doté d'un système de positionnement à très haute vitesse pour diriger son laser à travers un cristal de niobate de lithium, il accédait à une donnée choisie au hasard en moins de 100 millièmes de seconde. Cette vitesse est supérieure de plusieurs ordres de grandeur à celles des disques magnétiques (il faut plusieurs millisecondes pour rechercher une information stockée). Un temps d'accès aussi faible est possible grâce aux faisceaux laser, que l'on peut déplacer rapidement, sans inertie.

Bien qu'encourageants, ces résultats sont encore à compléter par d'autres innovations avant que la mémoire holographique ne soit commercialisable. Par exemple, l'image de la page de données sur la puce doit être parfaite pour que la mémorisation et la récupération des informations fonctionnent convenablement.

Trouver le bon matériau pour le support de mémoire est également une difficulté : les cubes de niobate de lithium et d'autres substances inorganiques, ainsi que des polymères sont à l'étude par diverses entreprises telles Bayer, IBM, Lucent ou Imation. Pourtant, aucun d'eux ne semble être l'idéal pour un système de mémorisation.

Alors que plusieurs groupes perfectionnent leurs prototypes, quelques équipes explorent les propriétés de tels systèmes. L'«associativité», c'est-à-dire