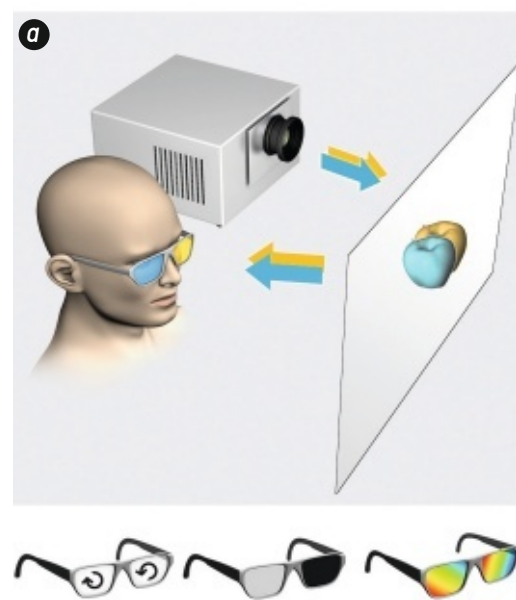


Lors de la projection, les vues droite et gauche doivent être orientées sur les yeux correspondants. Elles sont projetées alternativement au même endroit sur l'écran, et l'aiguillage se fait grâce à des lunettes (a). Aujourd'hui, trois types de lunettes existent (a, en bas) : de gauche à droite, les lunettes sont respectivement dotées de filtres polarisés (les vues droites et gauches doivent alors avoir la polarisation correspondante), d'obturateurs (lorsqu'une vue est projetée, le verre de l'œil auquel elle n'est pas destinée est obturé sur commande) et de filtres colorés (les images droite et gauche sont alors codées avec des longueurs d'onde différentes).

Un point donné apparaît au croisement des rayons lumineux qui vont de ses images droite et gauche aux yeux correspondants (b). Selon qu'ils se croisent devant, sur ou derrière le plan de l'écran (cas 1,2,3), le point apparaît aux positions correspondantes par rapport à ce plan. Plus les images droite et gauche du point sont

éloignées, plus l'effet de profondeur est important. Lorsque les rayons sont parallèles, le point apparaît situé à l'infini (cas 4). Les yeux droit et gauche se tournant respectivement vers les images droite et gauche du point, celles-ci ne doivent pas être trop écartées, sinon les yeux devraient diverger (cas 5). L'écart maximal correspond à la distance interoculaire moyenne d'un adulte, de l'ordre de 65 millimètres.

Il existe une distance de visualisation optimale, pour laquelle les objets sont perçus aux bonnes proportions. En deçà, ils semblent comprimés et au-delà, ils paraissent allongés : ainsi, plus on s'éloigne, plus la distance AB paraît longue (c). On parle d'effet Pinocchio. Le paramètre clé est le rapport entre la distance à l'écran et la largeur de celui-ci (égal au rapport entre la longueur focale de la caméra et la largeur du capteur). Au cinéma, où l'écran est large, ce rapport change peu, de sorte que l'effet Pinocchio est faible pour un déplacement de quelques rangées dans la salle.



L'inconvénient principal est l'obligation pour le propriétaire de la salle de remplacer son écran blanc standard par un écran argentique. Outre son coût élevé, ce type d'écran n'affiche pas la même luminosité selon le point de l'écran (les rebords sont plus sombres que le centre) et l'endroit de la salle d'où il est vu.

Les images peuvent aussi être polarisées par une technique alternative, développée par l'entreprise Technicolor. Cette technique, fondée sur un projecteur classique, épargne l'achat d'un projecteur numérique. Sur la pellicule, les images gauche et droite sont juxtaposées verticalement sur l'espace usuellement réservé à une seule image ; elles sont comprimées pour tenir dans l'espace disponible. On remplace alors l'objectif de projection classique par un double objectif, incorporant des éléments qui dotent les images gauche et droite de polarisations circulaires différentes ; elles sont ensuite projetées au même endroit sur l'écran.

Le deuxième procédé très utilisé, notamment en France, exploite des lunettes actives : chaque verre de lunettes est constitué d'un écran à cristaux liquides, qui peut être rendu opaque ou transparent sur commande. Les images droite et gauche sont envoyées alternativement sur l'écran, mais elles ne sont pas polarisées. Pour que chaque œil voit la bonne image, un émetteur infrarouge ou radio envoie des impulsions invisibles aux lunettes, afin de com-

mander l'obturation d'un des verres. Grâce à la rapidité des commutations, l'utilisateur ne perçoit pas de papillotement.

À l'inverse du précédent, ce procédé fonctionne avec un écran blanc standard. Celui-ci peut donc servir aussi bien pour des films 2D que pour des films 3D, sans que la luminosité perçue dans la salle ne soit hétérogène. En revanche, les lunettes actives présentent plusieurs inconvénients : coût élevé, nécessité de les récupérer en fin de séance et de s'assurer que les piles ou les batteries sont chargées... En outre, elles sont plus lourdes et moins confortables que les lunettes passives. C'est pourquoi certains cinémas, qui avaient d'abord opté pour les lunettes actives, y ont renoncé.

On a alors mis au point un système combinant les avantages des précédents, et évitant leurs inconvénients. Ce système, dit multispectral, est fondé sur le principe de métamérisme, selon lequel on peut créer une même couleur apparente pour l'œil humain à partir de différents spectres lumineux, autrement dit par des mélanges de couleurs différents. Ainsi, les images gauche et droite sont décomposées en composantes primaires distinctes : les images gauches, par exemple, sont toujours obtenues avec le même jeu de longueurs d'onde, dont on module les amplitudes pour créer les images gauches successives. Les lunettes sont passives, composées de deux filtres colorés différents. Le verre d'un œil ne laisse alors passer que les

longueurs d'onde avec lesquelles l'image destinée à cet œil est codée.

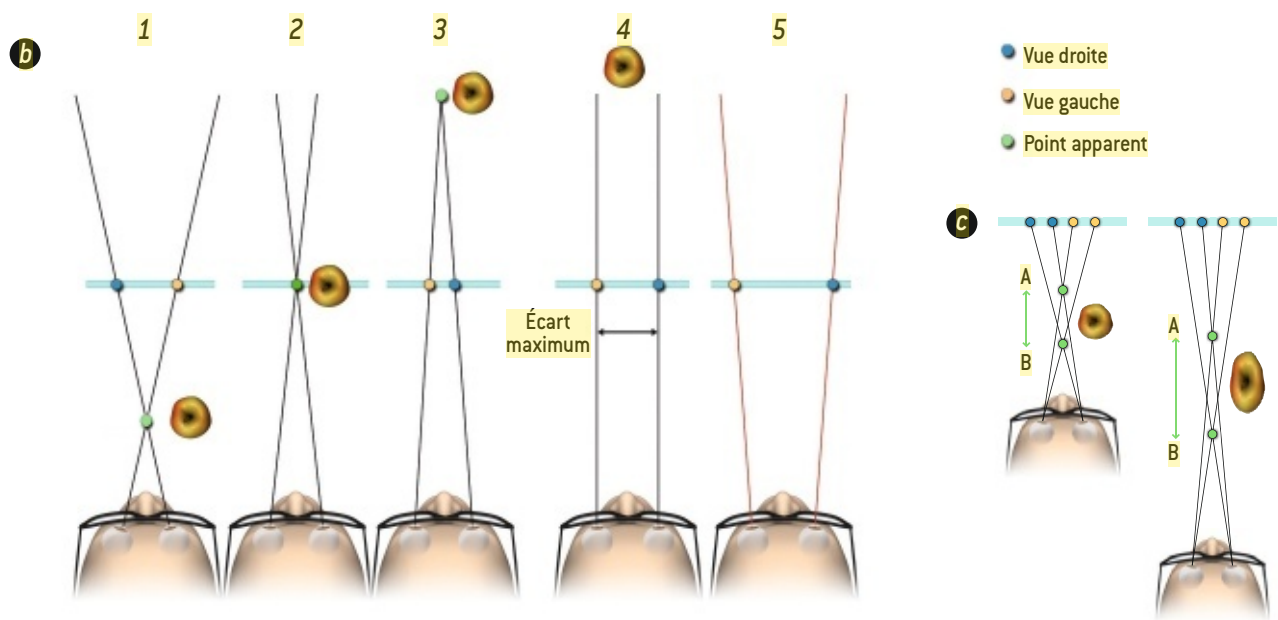
Ce système est le moins répandu, sans doute parce qu'il nécessite un changement coûteux de projecteur numérique. C'est pourtant le seul qui utilise à la fois un écran blanc et des lunettes passives. Les lunettes sont confortables et meilleur marché que des lunettes actives, mais, du fait de leurs filtres colorés très sélectifs et élaborés, elles sont plus chères que celles des systèmes RealD et Technicolor.

Tous ces systèmes réduisent notablement la luminosité des images par rapport à un projecteur 2D. En moyenne, les images semblent environ cinq fois moins lumineuses que des images bidimensionnelles. En outre, il arrive qu'une fraction de l'image dédiée à l'œil droit se retrouve sur l'œil gauche et réciproquement, pour diverses raisons : polariseurs imparfaits pour les lunettes passives, temps de commutation trop lent pour les lunettes actives... Un double fantomatique se superpose alors à l'image perçue ; on parle de *ghosting*.

L'arrivée de la télé 3D

Outre les cinémas, la 3D conquiert peu à peu les foyers. En 2011, 24 millions de téléviseurs 3D ont été vendus dans le monde, soit 11 pour cent du total. Cependant, plusieurs défis restent à relever.

Aujourd'hui, la plupart des téléviseurs 3D fonctionnent avec des lunettes actives,



Bruno Bourgeois

dont le prix est élevé. Au coût élevé et à la difficulté de gestion des batteries s'ajoute un effet désagréable de papillotement lorsqu'on regarde un programme sous éclairage artificiel, car les images gauche et droite sont projetées à une fréquence voisine de celle de l'éclairage (50 ou 60 hertz).

Les téléviseurs à lunettes actives disparaîtront probablement d'ici 2015. Ceux à lunettes passives polarisées commencent à s'imposer, notamment aux États-Unis. Ces lunettes sont bon marché et identiques à celles de type *RealD* au cinéma ; elles fonctionnent bien quel que soit le niveau d'éclairage. Cependant, elles ont deux inconvénients principaux. Premièrement, la résolution verticale est divisée par deux (les lignes de pixels impaires et paires du téléviseur affichent respectivement les images polarisées gauche et droite). Deuxièmement, le spectateur doit être parfaitement face à l'écran, sous peine de voir des images dédoublées.

Un nouvel écran, fonctionnant avec des lunettes passives polarisées, est en cours de développement. Les images seront affichées alternativement à haute fréquence (de 240 à 480 hertz), et un dispositif commutera leur polarisation. La résolution de l'image ne sera pas divisée. Aucun effet de papillotement ou de « ghosting » n'apparaîtra. Cet écran devrait être commercialisé en 2012 ou 2013, mais il est difficile à produire en série. La sortie commerciale a déjà été repoussée à plusieurs reprises.

Autre frein : trop peu de contenu est disponible. On ne trouve qu'une centaine de films en *Blu-ray* 3D, le format 3D le plus répandu. Quelques chaînes et opérateurs de télévision par satellite ou ADSL diffusent des films et des retransmissions sportives en 3D, mais cela reste limité.

À quand la 3D sans lunettes ?

Même si les lunettes futures des téléviseurs 3D seront moins chères, il reste à prouver que le public est prêt à les acheter et à les porter régulièrement. La 3D prendra un nouvel élan le jour où une technologie sans lunettes performante sera accessible au grand public pour toute taille d'écran (de 3 à 60 pouces). De tels systèmes existent déjà sur les petits écrans des téléphones portables, des tablettes et des caméscopes 3D. Ces derniers utilisent principalement des techniques dites à barrières de parallaxe : un pixel sur deux contient l'information destinée à l'œil droit (ou gauche), et les rayons lumineux issus de ce pixel sont masqués à l'œil auquel ils ne sont pas destinés, grâce à des panneaux placés un peu en avant du pixel (voir la figure page 61, en bas).

Des téléviseurs de 12 et 20 pouces ne nécessitant pas de lunettes ont été lancés au Japon en décembre 2011 : ils diffusent neuf vues différentes de façon directionnelle, grâce à des réseaux de microlentilles placés devant les pixels ; en théorie,

neuf caméras sont donc nécessaires, mais des techniques de traitement numérique devraient permettre à terme de créer des vues intermédiaires à partir de deux vues originales stéréoscopiques. Lorsque le spectateur se trouve au bon endroit, chaque œil reçoit deux vues différentes sans l'aide de lunettes. En outre, on peut tourner autour des objets comme dans la vie réelle, même si l'angle de visualisation reste un angle limité (10 à 15 degrés). En dehors de cette zone autorisée, les yeux reçoivent des informations incohérentes et l'effet 3D n'est plus perceptible.

Pour assurer le déploiement de cette approche, on devra augmenter la taille de la zone de visualisation, en multipliant le nombre de vues. Il faudra, d'une part, fabriquer des écrans plats avec une résolution très supérieure à ce qui existe aujourd'hui (de l'ordre de 4 à 16 fois la résolution HD), et, d'autre part, atteindre des prix compatibles avec le marché de masse des téléviseurs. Selon les estimations, on y parviendra en cinq à dix ans.

Au cinéma, la 3D sans lunettes nécessitera d'augmenter le nombre de projecteurs et de remplacer l'écran classique par un écran aiguillant les différentes vues dans des directions distinctes. Cela représente des investissements coûteux, voire rédhibitoires. Même si des prototypes de petite taille ont été réalisés en laboratoire, la 3D sans lunettes sera bien plus longue à mettre en place au cinéma... ■

Le DÉPISTAGE du cancer de la prostate

Marc Garnick

Faut-il dépister systématiquement le cancer de la prostate chez l'homme âgé de plus de 50 ans ? Aujourd'hui, beaucoup de médecins pensent que non, parce que les risques semblent l'emporter sur les bénéfices pour certains malades.

À l'automne 2011, un comité consultatif américain composé de médecins et d'épidémiologistes a fait sensation en déclarant que les hommes en bonne santé ne doivent plus faire de façon systématique le test sanguin de dépistage du cancer de la prostate. Le comité a déclaré que l'analyse des données disponibles n'avait mis en évidence qu'un bénéfice faible, si ce n'est nul à long terme, du dosage de l'antigène spécifique de la prostate, PSA, chez la majorité des hommes ne présentant aucun symptôme de la maladie. Non seulement le dépistage systématique n'épargne pas de vies, mais il expose inutilement de nombreux

hommes, pour lesquels le test de dépistage était positif, aux complications liées à l'intervention chirurgicale ou au traitement : l'impuissance et l'incontinence urinaire dues à l'ablation chirurgicale de la prostate, ou des saignements rectaux après une radiothérapie. Le comité américain a estimé qu'aux États-Unis plus d'un million d'hommes avaient été traités depuis 1985 après un test de dépistage positif. Au moins 5000 d'entre eux sont décédés peu de temps après le traitement et 300000 ont souffert d'impuissance ou d'incontinence ou des deux à la fois. L'annonce du comité consultatif, dont la volonté est d'éviter ces effets secondaires au maximum

de patients, suscita rapidement un contre-feu de la part de plusieurs organisations de professionnels, notamment de l'Association américaine d'urologie.

La controverse n'est pas récente. Des experts débattent depuis longtemps de l'intérêt du dosage du PSA, mais jusqu'ici, aux États-Unis, la majorité se déclarait en faveur du maintien du test. En tant qu'oncologue spécialiste du cancer de la prostate, j'adhère à la prise de position récente du comité consultatif. S'il faut insister sur le fait que le dosage de l'antigène PSA fournit de précieuses informations chez un homme qui a un cancer de la prostate, il faut aussi reconnaître que les preuves en faveur du dosage systématique du PSA sont fragiles. Soulignons qu'en France également, la Haute autorité de santé a récemment émis un avis identique à celui du comité américain.

Le débat ne porte pas uniquement sur le dosage du PSA. Se pose la question de savoir s'il faut traiter un patient dont le