

Avant-propos

L'œil est l'instrument de la vue. Il voit les objets qui nous entourent à la seule condition qu'ils émettent de la lumière, soit directement, soit par réflexion, soit par diffusion : par exemple, on voit le Soleil directement, la Lune parce qu'elle réfléchit le rayonnement solaire, le bleu du ciel parce que le rayonnement solaire est diffusé par l'atmosphère. Cette lumière véhicule trois informations : les trois dimensions (l'espace), le mouvement (le temps) et la *couleur*. Ainsi, à la lumière du soleil ou des éclairages classiques, l'œil est parfaitement adapté à nous diriger dans nos activités de la vie quotidienne. Hélas, il ne l'est absolument plus quand ces activités s'intéressent à des événements à l'échelle de l'infiniment petit ou de l'infiniment grand. Considérons tout d'abord la couleur. Le rayonnement lumineux est considéré soit comme un ensemble de grains de lumière (les photons), soit comme une juxtaposition de vibrations ayant chacune une fréquence propre (la couleur) dont la durée s'appelle *longueur d'onde*. Les couleurs vues par l'œil sont celles de l'arc-en-ciel ; elles varient, en longueurs

d'onde, de 4 à 7 dixièmes de milliardième de mètre. L'ensemble du rayonnement, quant à lui, va de quelques dizaines de milliardièmes de mètre (le rayonnement X dur) au mètre (les ondes radar).

Qu'en est-il des dimensions ? L'œil apprécie des dimensions qui vont du millimètre à quelques kilomètres, alors que celles du monde qui nous entoure se situent entre le centième de milliardième de mètre (dans l'atome) et des millions de milliards de kilomètres (les galaxies lointaines).

Il en est de même pour le mouvement. Le mouvement perceptible à l'œil nu va de l'ordre du dixième de seconde à quelques heures, alors que la durée des événements de l'univers est comprise entre le milliardième de milliardième de seconde (le temps d'établissement d'une liaison chimique) et environ 13,7 milliards d'années (le début de l'Univers).

Pour *voir l'invisible*, la curiosité et la soif de connaissance conduisent donc l'être humain à utiliser ou à inventer des sources autres que celles qui émettent les couleurs de l'arc-en-ciel : les sources à rayons X, les infrarouges,

les synchrotrons, les radars, etc. Il invente aussi des systèmes d'imagerie de diverses natures pour dépasser les limites imposées par son œil : les microscopes pour voir le tout petit, les spectromètres pour voir et analyser les couleurs, les télescopes pour voir très loin, etc. À cette fin, ces systèmes d'imagerie sont sensibles au rayonnement et traitent les informations recueillies sous forme d'images visibles à l'œil nu.

Dans le domaine de l'infiniment petit, le noyau ou les nucléons de l'atome sont sondés par des accélérateurs de particules qui jouent le rôle de gigantesques microscopes de plusieurs kilomètres de diamètre. Un rêve de chimiste est même devenu accessible : on voit en temps réel la formation d'une liaison entre atomes grâce à des mesures temporelles qui ont une résolution de l'ordre du milliardième de milliardième de seconde (la *femtoseconde*). On vise pour bientôt le milliardième de milliardième de seconde (l'*attoseconde*). Dans des mesures sur le noyau, on est même descendu au-dessous du centième de milliardième de milliardième de seconde.

En médecine, les nouvelles technologies d'imagerie procurent des informations sur l'ensemble des organes du corps humain dont la précision n'a rien à voir avec celle obtenue dans le passé avec les premières radiographies par rayons X. Ces informations nous permettent, très souvent, de diagnostiquer, de suivre l'évolution d'une maladie et de déterminer les effets des médicaments ; elles peuvent guider aussi les gestes du praticien lors d'une intervention chirurgicale en *réalité augmentée*.

Qu'en est-il lorsqu'un laboratoire parvient à *voir* le photon, que l'on peut considérer comme la particule élémentaire de la lumière ? Et plus encore, lorsqu'une optique adaptative nous donne une vision presque parfaite de la mosaïque de photorécepteurs qui tapisse la rétine de l'œil ? Ironie ou caprice de la nature, l'invisible est l'organe de la vue même !

En physique des matériaux, pour la première fois, on a accès aux constituants élémentaires. On voit non seulement les atomes et les molécules individuellement, mais on les manipule,

on les déplace, on teste même leur résistance pour les rendre plus pérennes. On apprend aussi que les matériaux qui nous entourent s'organisent en rangées d'atomes présentant des motifs réguliers et que les défauts qui perturbent cette belle régularité sont bien souvent au cœur même de leurs propriétés remarquables...

En informatique, la puissance de calcul des ordinateurs en parallèle nous projette dans des mondes virtuels. Ainsi en est-il de la fouille d'une grotte préhistorique, de la reconstitution d'une cité romaine ou des courants des océans, ou encore du contrôle d'un réseau de neurones artificiels dans le cerveau d'un robot qui nous permet de mieux comprendre nos propres mécanismes cognitifs !

Enfin, dans le domaine de l'infiniment grand, des télescopes immenses, de plus en plus sophistiqués, des satellites de plus en plus performants et des forces de calcul considérables permettent de voir de plus en plus loin dans l'espace, et par conséquent de remonter le temps en examinant notre

Univers tel qu'il était il y a des milliards d'années. On voit l'importance de la matière invisible de l'Univers, la vibration des planètes ou l'environnement proche des trous noirs, mais aussi notre bonne vieille Terre avec ses problèmes de réchauffement et de pollution, et tout ce qui fait que la vie y est possible.

Ces mondes invisibles sont passionnants et nous concernent tous. Ils reflètent la richesse de la vie. Sans plus tarder, nous vous souhaitons à tous une excellente lecture.

Jean-Pierre Gex
Directeur du domaine Optoélectronique
Écrin