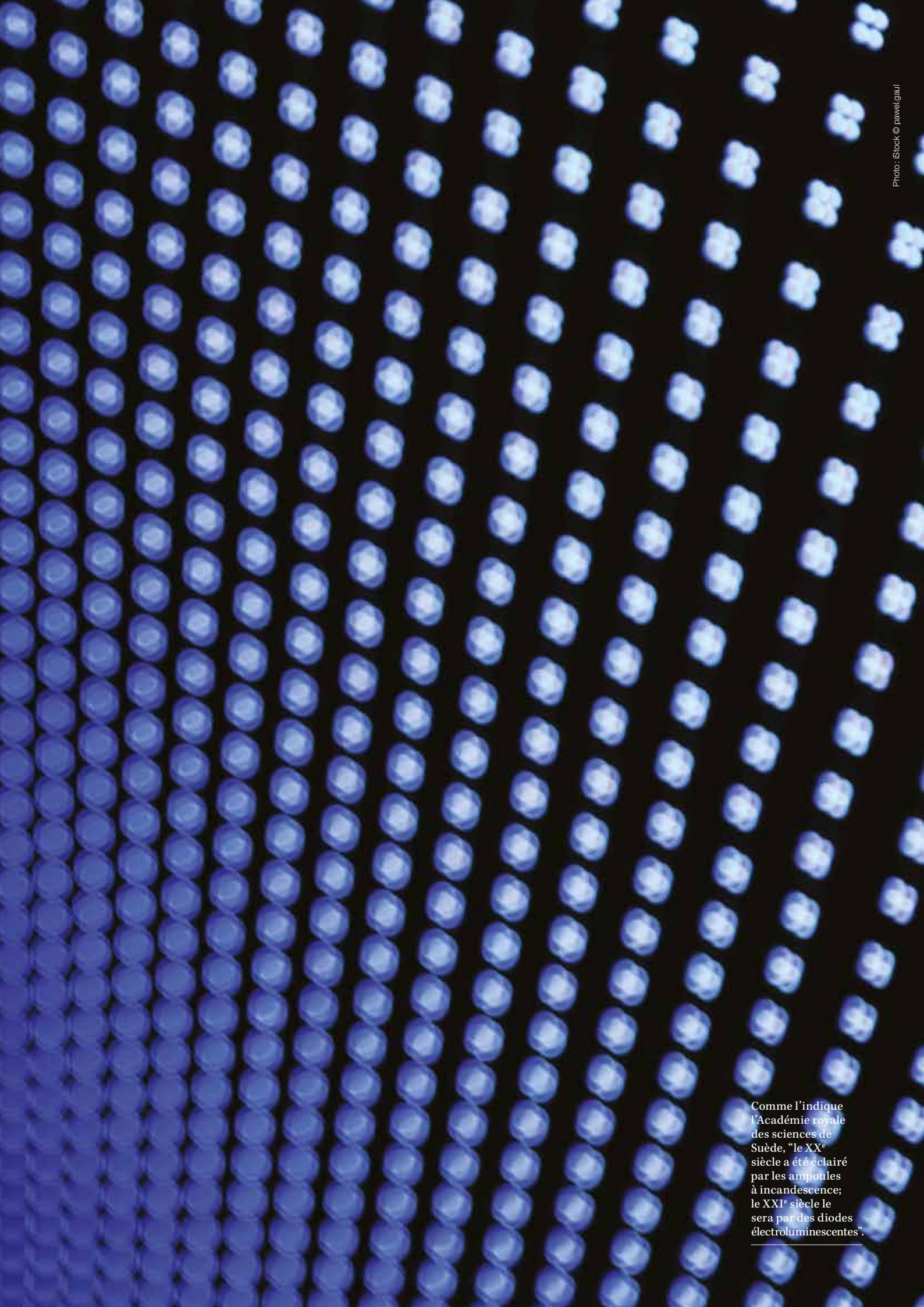
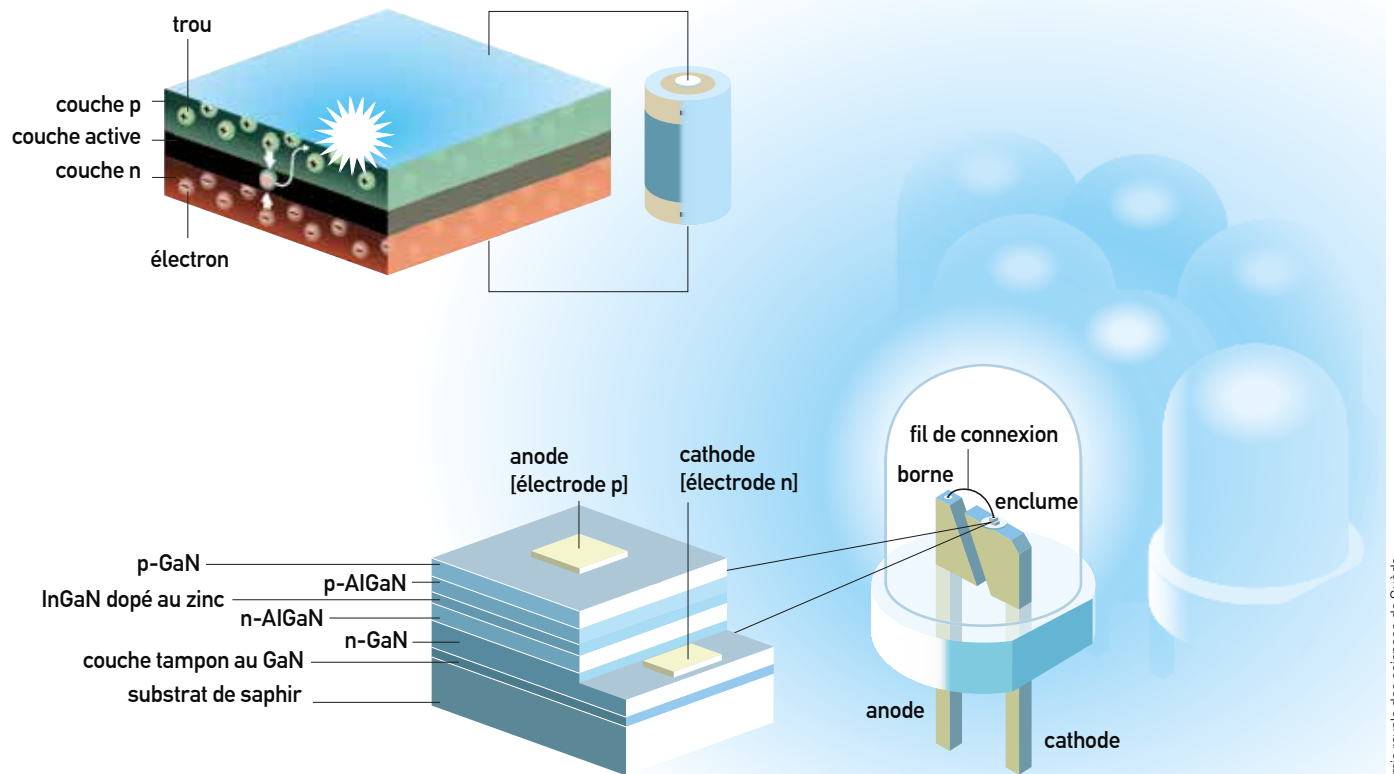


LE COMITÉ NOBEL  
ÉBLOUI PAR  
LES PIONNIERS  
DE LA LED BLEUE

*Catherine Jewell,  
Division des communications,  
OMPI*



Comme l'indique  
l'Académie royale  
des sciences de  
Suède, "le XX<sup>e</sup>  
siècle a été éclairé  
par les ampoules  
à incandescence;  
le XXI<sup>e</sup> siècle le  
sera par des diodes  
électroluminescentes".



Photos: © Académie royale des sciences de Suède

Une diode électroluminescente se compose de plusieurs couches: une couche de type n contenant un excédent d'électrons négatifs et une couche de type p contenant des électrons en nombre insuffisant, également connue sous le nom de couche à excédent de trous positifs. Entre elles se trouve une couche active vers laquelle sont attirés les électrons négatifs et les trous positifs une fois la tension électrique appliquée au semi-conducteur. Au moment où les électrons rencontrent les trous, ils se recombinent, produisant une source de lumière. La longueur d'ondes de cette lumière dépend du semi-conducteur: du bleu apparaît dans la partie du spectre à ondes courtes qui ne peut être produit qu'à l'aide de certains matériaux.

Les diodes électroluminescentes bleues ("light emitting diodes" ou LED) font partie intégrante de notre quotidien. Elles permettent le rétroéclairage de nos téléphones portables, de nos téléviseurs et de nos ordinateurs, elles éclairent nos salons, nos rues et nos voitures, et sont utilisées dans toutes sortes de dispositifs allant des disques Blu-ray et des feux de signalisation aux systèmes de communication numérique ou à l'odontologie. Cette source de lumière de grande qualité offre d'énormes avantages sur les plans économique, social et environnemental. D'aucuns comparent l'incidence des LED bleues à celle des mutations engendrées par l'invention de l'ampoule classique (à incandescence) au début du XIX<sup>e</sup> siècle. D'autres voient en elles "le matériau semi-conducteur le plus performant du XXI<sup>e</sup> siècle". Il semble donc logique que le prix Nobel de physique 2014, qui récompense une invention d'un très grand bénéfice pour l'humanité, ait été décerné à ses inventeurs, Isamu Akasaki, professeur à l'Université de Meijo et à l'Université de Nagoya (Japon), Hiroshi Amano, professeur à l'Université de Nagoya, et Shuji Nakamura, professeur à l'Université de Californie, Santa Barbara (États-Unis d'Amérique).

Les travaux précurseurs qu'ils menèrent dans le milieu des années 80 entraînent une intensification des activités de recherche-développement dans le domaine ainsi qu'une hausse fulgurante du nombre de demandes de brevet, accompagnée d'une évolution rapide de la technologie concernée, de l'apparition d'une industrie pesant plusieurs milliards de dollars É.-U. à l'international et de très importantes retombées sociales et environnementales.

#### DES PERCÉES À L'ORIGINE D'UNE LUTTE COMMERCIALE SANS MERCI

Les premières années, les deux sociétés chargées de la commercialisation initiale de la technologie – Toyoda Gosei (avec qui Isamu Akasaki et Hiroshi Amano étaient associés) et Nichia (chez qui travaillait à l'époque Shuji Nakamura) – dominaient le lucratif marché des LED bleues. Toutes deux se livrèrent alors une bataille acharnée pour rester en tête du marché. En dépit de multiples contentieux relatifs aux droits de

brevet (qui se soldèrent en fin de compte par un accord global de concession réciproque de licences), leur détermination à conserver une position dominante permit de très rapides progrès technologiques, chacune des deux sociétés s'employant à devancer sa rivale en fabriquant des LED bleues de meilleure qualité et d'une plus grande luminosité.

Ces percées dans le domaine de la technologie et de la commercialisation des LED coïncidèrent avec la popularité croissante et l'explosion de la demande relative aux téléphones portables et des écrans à cristaux liquides. Les chiffres d'affaires colossaux et les bénéfices non moins conséquents des deux sociétés marquèrent un tournant dans leur destin et celui de l'Université de Nagoya. De fait, suite à l'adoption par le Japon d'une loi semblable à la loi Bayh-Dole en vigueur aux États-Unis d'Amérique, en vertu de laquelle les universités se voyaient transférer la titularité des brevets découlant de recherches financées par des fonds publics, l'Université de Nagoya fut en mesure de tirer des recettes substantielles de la concession de licences de brevets sur les LED bleues dont elle était titulaire. L'arrivée sur le marché de nouveaux acteurs désireux d'exploiter le gigantesque potentiel commercial de cette technologie, dont des fabricants d'appareils électroniques grand public (comme Philips ou Samsung) ou des entreprises proposant des solutions d'éclairage innovantes (à l'image de Cree ou d'Osram), imprima un nouvel élan qui déboucha sur de multiples évolutions en termes de performance et sur un élargissement de la gamme d'applications, laquelle dépasse désormais largement le simple cadre des sources de lumière classiques.

## LA TECHNOLOGIE LED EN QUELQUES MOTS

La LED est une solution d'éclairage par semi-conducteurs. Contrairement aux ampoules traditionnelles, qui produisent de la lumière grâce à un filament porté à incandescence, une LED se compose de plusieurs couches de matériaux semi-conducteurs (artificiels) qui, grâce au phénomène d'électroluminescence, transforme l'électricité en particules de lumières (les photons). La longueur d'ondes de la lumière produite par une LED, c'est-à-dire sa couleur, dépend du type de matériau semi-conducteur utilisé; seule la combinaison de certains matériaux permet de produire la lumière bleue, nécessaire à la création de la lumière blanche, qui apparaît dans la partie du spectre à ondes courtes.

Pour obtenir une LED blanche, on peut soit associer plusieurs LED de couleurs différentes, soit utiliser un type de phosphore permettant de créer une lumière d'apparence blanche. Actuellement, une ampoule LED blanche transforme près de 50% de l'énergie qu'elle consomme en lumière, contre à peine 5% pour une ampoule à incandescence, ce qui en fait une source de lumière à la fois de qualité, économique et écologique de plus en plus prisée.

## BREF HISTORIQUE DES LED

Inventées dans les années 50 et 60, les LED rouges et vertes furent créées à l'aide d'arséniure de gallium, un matériau qui se révéla inadapté pour créer des LED bleues. Conscients du formidable potentiel commercial et technologique des LED bleues (qui permettraient de compléter la palette de couleurs



Les inventions des lauréats du prix Nobel de physique 2014 ont révolutionné les techniques d'éclairage. Les LED sont des sources de lumière extrêmement souples capables de produire toute une palette de couleurs, selon l'intensité, pour répondre à tout un éventail de besoins.

nécessaire pour produire la couleur blanche, à savoir le rouge, le vert et le bleu), de grands laboratoires de recherche industriels consacraient énormément de temps et de ressources à leur mise au point. En vain. Exploiter les propriétés de l'arséniure de gallium (GaN), le composant de base permettant d'obtenir et de produire en grandes quantités les cristaux nécessaires à la fabrication de LED bleues de qualité, se révéla une opération particulièrement complexe. Il fallut pas moins de 30 ans pour trouver la solution. Les chercheurs étaient confrontés à trois grandes difficultés: comment créer des cristaux de qualité à l'aide d'arséniure de gallium, comment modifier leur conductivité et comment stimuler leurs propriétés d'émission lumineuse?

Face à l'absence de progrès dans l'utilisation de ce matériau semi-conducteur, nombreux sont ceux qui renoncèrent à poursuivre les recherches liées au GaN pour se tourner vers d'autres matériaux aux propriétés apparemment plus prometteuses. Isamu Akasaki, Hiroshi Amano et Shuji Nakamura, eux, restèrent convaincus que l'arséniure de gallium finirait par produire les résultats escomptés. Leur détermination à toute épreuve fut finalement récompensée et leur permit de réussir là où d'autres avaient échoué.

## LA GENÈSE D'UNE NOUVELLE LED

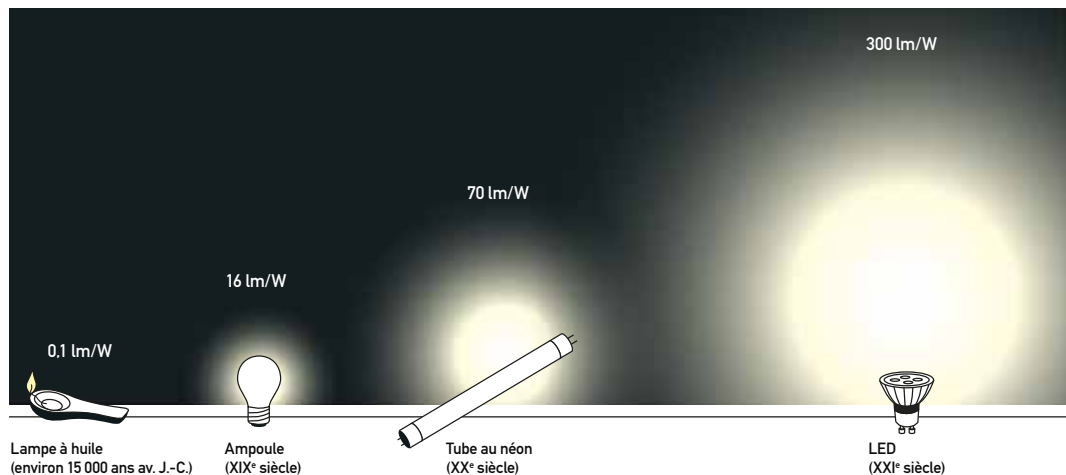
En 1986, Isamu Akasaki et son jeune doctorant d'alors, Hiroshi Amano, furent les premiers à concevoir et à faire breveter des LED bleues de qualité (brevet des États-Unis d'Amérique n° 4855249). L'année suivante, ils s'associèrent à la société Toyota Gosei dans le cadre d'un projet financé par l'Agence japonaise pour la science et la technologie visant à poursuivre le développement des LED bleues à base de GaN. La production commerciale des LED bleues de Toyota Gosei commença en 1995.

Indépendamment des chercheurs de l'Université de Nagoya, Shuji Nakamura (alors employé de la société Nichia) entreprit de mettre au point ses propres LED bleues (brevet des États-Unis d'Amérique n° 5290393) ainsi que les techniques et procédés nécessaires à leur production à grande échelle. En novembre 1993, Nichia devint la première entreprise à fabriquer des LED bleues de qualité à des fins commerciales.

Un an plus tard, tirant parti de ses connaissances en chimie, Nichia conçut les toutes premières LED blanches au monde en associant des LED bleues à du phosphore de grenat d'yttrium-aluminium (brevet des États-Unis d'Amérique n° 5998925). Ces nouvelles percées décisives favorisèrent l'essor d'une industrie mondiale de plusieurs milliards de dollars É.-U. et provoquèrent un véritable séisme dans le secteur de l'éclairage traditionnel.



Pour émettre de la lumière, les LED ont besoin de moins d'énergie que les sources lumineuses classiques. L'éclairage représentant environ 25% de la consommation électrique mondiale, les éclairages LED, compte tenu de leur faible consommation d'énergie, peuvent contribuer à la lutte contre le changement climatique.



## UNE TECHNOLOGIE AUX AVANTAGES MULTIPLES ET AU CHAMP D'APPLICATION INFINI

Les ampoules LED de couleur blanche constituent une source de lumière de qualité, respectueuse de l'environnement et à haut rendement énergétique. Elles offrent une efficacité énergétique 20 fois supérieure à celle des ampoules classiques et produisent près de 300 lumens/watt (sachant qu'une ampoule à incandescence de 40 watts produit à peine 450 lumens); leur durée de vie est proche de 100 000 heures, contre 1200 heures environ pour une ampoule traditionnelle. Elles peuvent aussi fonctionner grâce à l'énergie solaire, peu onéreuse au niveau local, ce qui signifie qu'elles pourraient apporter la lumière à plus de 1,5 milliard de personnes actuellement dépourvues de tout accès à un réseau électrique.

L'éclairage représentant environ 25% de la consommation électrique mondiale (près de 6% des émissions de gaz à effet de serre), l'adoption généralisée des ampoules LED devrait entraîner une très forte diminution de ce chiffre. Aux seuls États-Unis d'Amérique par exemple, un récent rapport publié par PricewaterhouseCoopers (<http://tinyurl.com/optdh6k>) montre qu'une réduction de 40% de la part d'énergie consacrée à l'éclairage grâce à l'emploi de LED pourrait se traduire par une économie annuelle de 53 milliards de dollars É.-U. en dépenses énergétiques ([www.pwc.com/en\\_US/us/technology/publications/cleantech-perspectives/pdfs/pwc-cleantech-led-growth.pdf](http://www.pwc.com/en_US/us/technology/publications/cleantech-perspectives/pdfs/pwc-cleantech-led-growth.pdf)).

La technologie LED est également utile dans le secteur de la santé où elle contribue à faire diminuer les dépenses énergétiques et à freiner la propagation des maladies nosocomiales. Son utilisation dans le traitement de la douleur, de l'insomnie et de différents troubles comportementaux et autres pathologies, dont la maladie d'Alzheimer, est également à l'étude.

Elle pourrait également jouer un rôle dans la résolution du problème de saturation des capacités dans le domaine du haut débit provoquée par le transfert de données en masse. Ainsi, comme l'indique un rapport du cabinet de consultants iRunway (<http://tinyurl.com/muz9crg>), le LiFi ("Light Fidelity"), la technique la plus en pointe dans le secteur de la communication optique sans fil, "vise à établir des liens de communication par le biais de réseaux d'éclairage LED," ([www.i-runway.com/images/pdf/iRunway%20-%20LED%20Patent%20Landscape.pdfWeblink](http://www.i-runway.com/images/pdf/iRunway%20-%20LED%20Patent%20Landscape.pdfWeblink)).

## UN MILIEU FERTILE POUR LES BREVETS

Les travaux avant-gardistes des scientifiques japonais suscitèrent un nouveau regain d'intérêt mondial envers les LED bleues et un essor de l'activité en matière de brevets. De fait, les brevets demeurent un instrument crucial pour les sociétés actives dans le secteur de la conception et de la production de LED désireuses de protéger leurs droits de propriété intellectuelle et de préserver leur position sur le marché. "Les brevets sont essentiels car ils procurent aux entreprises un avantage concurrentiel sur le marché," indique M. Nakamura.

Une récente étude menée par iRunway montre que depuis les années 90, rien qu'aux États-Unis d'Amérique, pas moins de 22 662 brevets ont été délivrés en lien avec les LED, dont 17 869 se rapportant à la technologie LED et 4793 ayant trait à l'application de cette technologie. Comme l'explique l'étude, "la variété et la complexité des techniques et des applications relatives aux LED, et l'innovation nécessaire pour les rassembler, se sont traduites par une stratégie offensive en matière de brevets".

## DE PERPÉTUELLES ACTIONS EN JUSTICE

Les actions en justice en matière de brevets sont monnaie courante dans le domaine des LED. Dès le début, les sociétés Nichia et Toyoda Gosei donnèrent le ton en s'intentant l'une l'autre procès sur procès, six années durant, dans le cadre de poursuites pour atteinte portant sur 10 brevets relatifs à la technologie LED. D'après un article d'Amy J. C. Trappey *et al.* publié en 2013 dans *l'International Journal of Automation and Smart Technology* ([www.ausmt.org](http://www.ausmt.org)), 168 procédures en contrefaçon de brevets sur des LED furent engagées dans le monde de 1996 à 2010. Le secteur des LED reste donc fortement en mode contentieux, les plus grands acteurs comptant "près de trois litiges en cours par entreprise" selon iRunway.

## LES ACCORDS DE CONCESSION DE LICENCES

Les accords de concession de licences et de licences réciproques restent l'instrument privilégié pour régler les litiges en matière de brevets entre entreprises. "Les concessions de licences ont été l'un des principaux moteurs du transfert international de technologie", précise l'article d'Amy Trappey *et al.*

Sur un marché fortement concurrentiel, la concession sous licence de brevets permet également aux sociétés d'éviter des atteintes et des procédures coûteuses. Toyoda Gosei, par exemple, a d'emblée été favorable à l'idée de conclure avec d'autres entreprises des accords de licence portant sur les technologies qu'elle avait mises au point. Selon un récent rapport de *LEDinside* ([www.ledinside.com](http://www.ledinside.com)), en collaboration avec ses partenaires internationaux, la société octroie actuellement des licences sur un brevet relatif à une technologie permettant de produire une lumière blanche à partir de LED bleues et de phosphore de silicate à plus de 30 fabricants de LED.

Si les brevets les plus élémentaires portant sur les LED sont actuellement aux mains des principaux acteurs du secteur – Philips, Nichia, Osram, Toyoda Gosei et Cree – ce qui leur permet de “maîtriser la chaîne d’approvisionnement” et de freiner l’arrivée de nouveaux intervenants, plusieurs de ces brevets arriveront à échéance dans les prochaines années (dont le brevet des États-Unis d’Amérique n° 5998925 relatif à la fabrication des LED blanches), ce qui laisse augurer de possibles changements en ce qui concerne la structure et la dynamique du marché.

### LE TRANSFERT DE TECHNOLOGIE

Les brevets continuent de jouer un rôle clé dans le transfert de technologie à l’intérieur d’un secteur donné et d’un secteur à l’autre au moyen d’accords de concession de licences et de licences réciproques. Ils permettent également le transfert de technologie entre les laboratoires de recherche universitaires et l’industrie. Ainsi, en tant que titulaires de brevets relatifs à leur technologie novatrice de LED bleue, Isamu Akasaki et Hiroshi Amano, depuis l’Université de Nagoya, furent en mesure de concéder des licences sur cette technologie à leur partenaire industriel, la société Toyoda Gosei. En 2006, les revenus de l’Université de Nagoya au titre des droits de licences rattachés aux LED bleues à base de GaN se montèrent à près de 5,6 milliards de yens japonais (près de 48 millions de dollars É.-U. d’aujourd’hui), soit l’équivalent à l’époque de 90% des redevances perçues par le Gouvernement au titre de ses brevets. Ces revenus ont servi à la construction au sein de l’université d’un laboratoire de recherche de pointe sur les semi-conducteurs. “Le mécanisme des brevets [...] permet aux universités de transférer au marché, par l’intermédiaire de partenaires commerciaux compétents, les techniques qu’elles mettent au point. D’importantes innovations provenant de laboratoires universitaires peuvent ainsi être transformées en produits qui bénéficieront à l’ensemble de la société. Sans l’avantage concurrentiel que procurent les brevets, les sociétés seraient moins enclines à commercialiser ces produits”, explique M. Nakamura.

“Par le biais du système des brevets, les inventeurs et les entreprises peuvent conserver les droits exclusifs attachés à leurs inventions pendant un certain temps, ce qui leur permet de présenter ces innovations au monde dans le cadre de congrès universitaires et de revues scientifiques. Si le système des brevets n’existait pas, je crois qu’il n’y aurait pas d’émulation entre inventeurs et que le progrès de la science et de la technologie serait freiné”, explique M. Yasumasa Iwatani, proche collaborateur de M. Akasaki à l’Université de Meijo.

### LES LED BLEUES ET LE PCT

Un très grand nombre de demandes de brevet portant sur des LED à base de GaN, ainsi que plusieurs demandes relatives à de grands brevets innovants émanant des lauréats du prix Nobel 2014, ont été déposées selon le Traité de coopération en matière de brevets de l’OMPI (PCT). Ce mécanisme financièrement avantageux permet aux déposants (qu’il s’agisse de particuliers, d’entreprises ou d’universités) d’obtenir une protection par brevet dans plusieurs pays. “L’avantage du PCT, c’est qu’il facilite l’extension des droits de brevet à d’autres pays dans le but de protéger le droit de l’inventeur”, explique Hiroshi Amano, de l’Université de Nagoya.

“En règle générale, les techniques mises au point dans les laboratoires universitaires sont à un stade précoce de développement. Or le PCT joue un rôle déterminant vis-à-vis de ces techniques car il nous donne la possibilité de protéger nos brevets à l’échelle mondiale tout en permettant au marché et à la technique de gagner en maturité avant de définir quels pays seraient les plus intéressants pour nos partenaires commerciaux”, précise M. Nakamura.

En effectuant une recherche sur les demandes de brevet se rapportant à des LED bleues à base de GaN dans PATENTS-COPE (la base de données publique de l’OMPI qui permet d’accéder gratuitement à plus de 43 millions de demandes de brevet), il apparaît que plus de 8250 demandes internationales ont été déposées sur la période allant de 2004 à 2013. Il ressort d’une autre recherche similaire qu’au fil des ans MM. Nakamura, Akasaki et Amano ont déposé respectivement 207, 65 et 53 demandes de brevet.

Les découvertes avant-gardistes de MM. Akasaki, Amano et Nakamura métamorphosent le secteur de l’éclairage mondial et donnent naissance à un très large éventail d’applications dans d’autres domaines, notamment l’électronique grand public. Comme l’indique l’Académie royale des sciences de Suède, “le XX<sup>e</sup> siècle a été éclairé par les ampoules à incandescence; le XXI<sup>e</sup> siècle le sera par des diodes électroluminescentes”. Les LED sont en passe de devenir la référence en matière d’éclairage. En 2020, elles devraient occuper près de 70% du marché de l’éclairage, dont la valeur devrait atteindre 83 milliards d’euros (McKinsey 2012). Les découvertes des trois lauréats du prix Nobel de physique 2014 auront des répercussions aussi considérables que spectaculaires car, en plus d’économies substantielles d’énergie et d’argent, elles devraient présenter des avantages significatifs du point de vue de l’environnement. À en juger par le dynamisme technologique et commercial du secteur, la partie est loin d’être terminée. Bien au contraire, il se pourrait qu’elle vienne juste de commencer. ♦