

INNOVATIVE

with

LE MAGAZINE QUI CONNECTE LES IDÉES D'AVENIR #01

NOVASENTIS
EFFLEURE
LE POTENTIEL
DE L'HAPTIQUE

P.10

ARJOWIGGINS,
VERS LE PAPIER 3.0

P.12

ISORG, PÉPITE
FRANÇAISE
DE L'ÉLECTRONIQUE
ORGANIQUE

P.15

UN ÉCOSYSTÈME
MOBILISÉ À L'ÉCHELLE
INTERNATIONALE

P.18

DOSSIER

POLYMÈRES ÉLECTROACTIFS : VERS UNE NOUVELLE ÉLECTRONIQUE

Rencontre avec Fabrice Domingues Dos Santos,
Responsable du développement de la gamme
Piezotech® chez Arkema

ARKEMA

SOMMAIRE

décryptage

p.02 Les polymères électroactifs : des matériaux intelligents

dossier

p.04 Vers une nouvelle électronique

focus

p.10 Novasentis effleure le potentiel de l'haptique

prospective

p.12 Arjowiggins, vers le papier 3.0

story

p.15 Isorg, pépite française de l'électronique organique

Innovative with...

p.18 Un écosystème mobilisé à l'échelle internationale

GLOSSAIRE : le lecteur trouvera en fin de document un recueil des termes techniques présentés dans ce magazine. (se reporter au glossaire pour la définition des mots soulignés.)

L'ATELIER 4.20 by Arkema



+ 4 minutes pour comprendre le principe des polymères électroactifs avec notre médiateur scientifique

Première ! Entre vos mains, le numéro pilote d'*Innovative with*. Un magazine dans lequel nous mettons en avant la formidable capacité d'Arkema à innover en partenariat avec les plus grands experts de leur domaine dans un monde où la demande en matériaux durables et performants s'accroît. À l'honneur, les polymères fluorés électroactifs. Développés au sein de notre segment d'activités Matériaux Avancés, ils s'intègrent dans les dispositifs de l'électronique organique et imprimée. Découvrez comment, grâce à leurs exceptionnelles propriétés, ils rendent possible l'invention d'applications technologiques grand public et industrielles d'avenir. Celles-ci vont révolutionner notre quotidien et apporter de réelles avancées dans les secteurs de l'électronique, de la médecine ou encore de l'automobile. Leader des Matériaux de Spécialités, Arkema s'inscrit au cœur d'un écosystème international visant à faire émerger ce marché prometteur. Industriels, universitaires, *start-up...*, dans *Innovative with*, ils nous parlent de leurs innovations et de la façon dont nous collaborons ensemble pour réussir.

BONNE LECTURE !

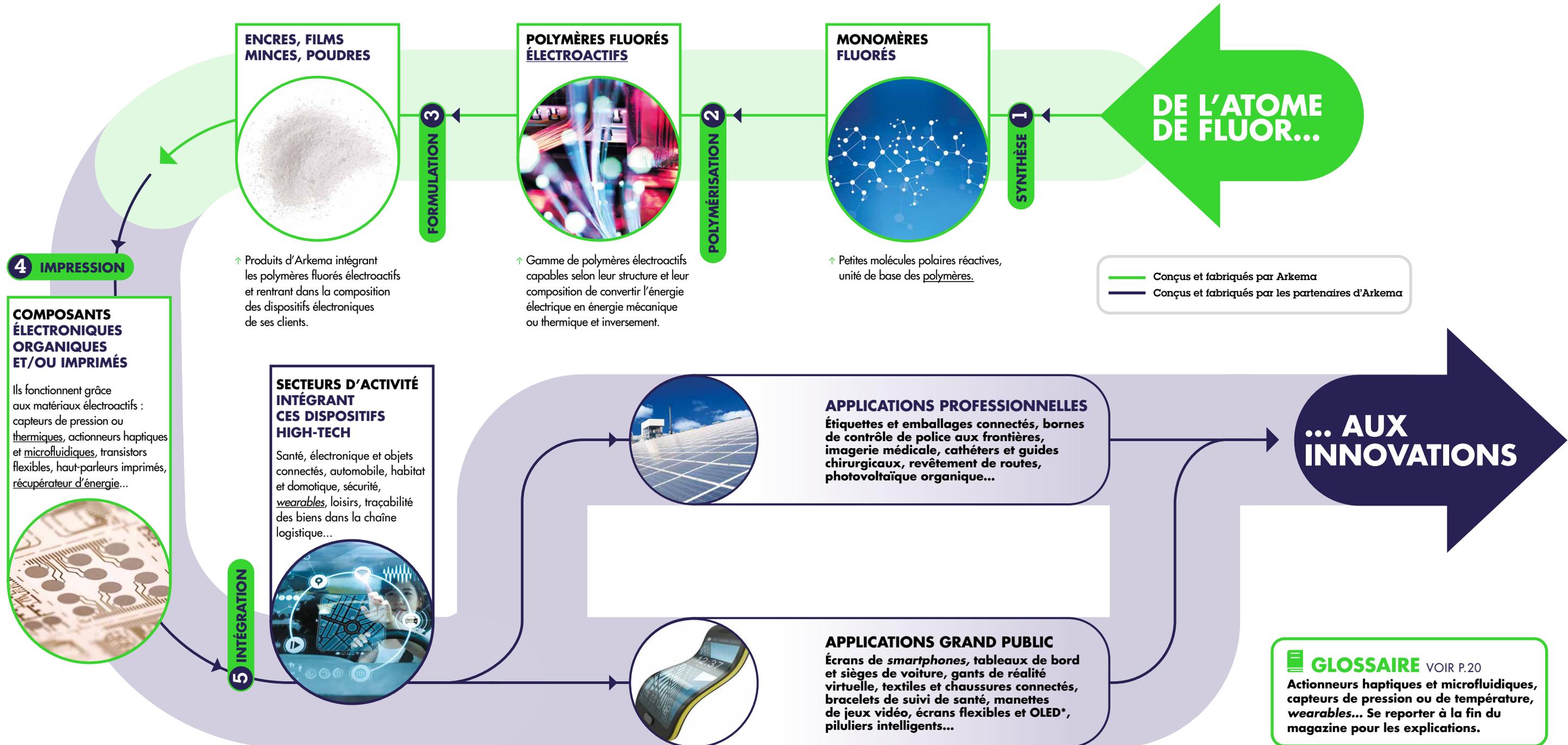


ARMAND ADJARI

Directeur R&D d'Arkema

LES POLYMÈRES ÉLECTROACTIFS : *des matériaux intelligents*

Arkema, avec sa gamme Piezotech®, conçoit, produit et commercialise des polymères fluorés électroactifs aux propriétés uniques. Mais de quoi s'agit-il exactement et quelles voies ouvrent l'exploration de ces matériaux aux propriétés exceptionnelles ? De la science des matériaux aux applications concrètes, cinq étapes pour comprendre tout le potentiel d'un champ de recherche prometteur.



VERS UNE NOUVELLE

électronique



Fabrice Domingues Dos Santos,
Responsable du développement
de la gamme Piezotech®

RENCONTRE AVEC...

FABRICE DOMINGUES DOS SANTOS

Leader mondial des polymères fluorés, Arkema croit au potentiel de développement d'applications fonctionnant avec des polymères électroactifs.

Fabrice Domingues Dos Santos, Responsable du développement de la gamme Piezotech®, fait le point sur l'existant.

« Fins, légers et flexibles, les polymères électroactifs peuvent être mis en œuvre par des procédés simples. Peu coûteux en énergie, ils offrent une infinité de possibilités. »

Y a-t-il un marché pour les matériaux électroactifs ?

Fabrice Domingues Dos Santos – Bien sûr ! Les matériaux électroactifs, en particulier les matériaux piezoélectriques céramiques, sont partout autour de nous. Connus depuis la fin du XIX^e siècle (voir frise ci-dessous), on peut les retrouver dans nos montres et nos briquets, nos voitures, nos imprimantes (injecteurs), dans nos téléphones (capteurs, accéléromètres), dans le matériel utilisé par les hôpitaux (sondes échographiques) et dans les instruments de navigation des bateaux (sonars)...

En quoi les polymères électroactifs sont-ils particulièrement intéressants ?

F. D. D. S. – Les céramiques piezoélectriques sont des matériaux durs, parfois toxiques, énergivores lors de leur fabrication et ils permettent de réaliser uniquement de petits dispositifs. Les polymères électroactifs imprimables offrent quant à eux la possibilité de réaliser des dispositifs fins, flexibles, légers, de grandes surfaces et recyclables, cela au moyen de méthodes douces pour l'environnement. Arkema les fournit à ses clients sous forme de poudres, de films minces ou d'encre qui entrent dans la composition de leurs produits.

À quoi ressemblent ces produits ?

F. D. D. S. – Ce sont des dispositifs électroniques tels que des capteurs, des actionneurs, des transistors, qui rendent intelligents des

>>>



+ de **20**
milliards d'euros

Chiffre d'affaires mondial
des matériaux céramiques
piezoélectriques en 2020

MATÉRIAUX ÉLECTROACTIFS : DES ORIGINES FRANÇAISES

1880

Découverte de la piezoélectricité sur des cristaux de sel de Rochelle par les frères Pierre et Jacques Curie

1915-1918

Mise au point de l'ancêtre du sonar par le physicien français Paul Langevin, en utilisant des transducteurs piezoélectriques

1939-1945

Mise au point finale et utilisation du sonar actif durant la Seconde Guerre mondiale

1949

Découverte par le chimiste Aharon Katchalsky, de la piezoélectricité dans des polymères naturels (cellulose, collagène)

1969

Le professeur Kawai démontre au Japon que des polymères fluorés – PVDF en particulier – peuvent avoir des propriétés électroactives (piezoélectriques et pyroélectriques), sous certaines conditions.

1977

Le chimiste japonais Hideki Shirakawa découvre les premiers polymères conducteurs.

Années 1980

Mise au point de nombreux polymères aux propriétés conductrices ou piezoélectriques

Années 2000

Mise au point de polymères fluorés relaxeurs ferroélectriques

surfaces, des objets, des bâtiments... Prenons un exemple : Arkema vend à l'entreprise Novasentis des polymères électroactifs qui entrent au cœur de ses actionneurs. Ces pièces électroniques communiquent des informations à l'utilisateur via le sens du toucher. Par la suite, un fabricant de jeux vidéo va acheter à Novasentis ces actionneurs pour les intégrer dans ses manettes. L'objectif est d'améliorer le réalisme sensoriel dans l'expérience de jeu de l'utilisateur final.

D'autres exemples d'applications finales pour le grand public ?

F. D. D. S. – L'imagination est notre seule limite. Nous avons déjà des succès dans les *smartphones*, les instruments de musique et la défense. Dans l'automobile, nous travaillons par exemple sur des capteurs ou des actionneurs intégrés à la surface des planches de bord. Dans le secteur de l'habitat, nous développons des sols et des lits intelligents qui détectent les mouvements, le rythme cardiaque ou encore les chutes des personnes. Citons également les textiles connectés qui mesurent et transmettent les informations biomédicales des personnes qui les portent. Et toujours dans le secteur de la santé, les cathéters ou guides chirurgicaux orientables au dixième de millimètre près, des bracelets de suivi de l'état de santé, etc. Les polymères électroactifs se retrouveront aussi dans des applications de réalité virtuelle qui vont être amenées à se développer dans de nombreux domaines.

Où réside l'innovation dans les exemples cités ? Cela n'existe-t-il pas déjà ?

F. D. D. S. – En jouant sur leur composition chimique, nos matériaux offrent une large et unique diversité de propriétés : extrême sensibilité aux déformations, vibrations, chaleur, création de sensations, d'énergie ou même de froid. L'une des innovations majeures est qu'ils génèrent eux-mêmes leur propre énergie à partir des vibrations ou de la chaleur ambiante. Imaginez le bracelet précité qui se recharge uniquement

grâce aux mouvements du corps, ou encore des capteurs sans fils ni batteries insérés dans les sols, les avions, les éoliennes. Ces polymères apportent aussi de la subtilité dans certaines applications : par exemple les *actionneurs* haptiques dans les gants connectés, donnent à l'utilisateur l'illusion de toucher de la pierre ou du velours. Le progrès est majeur par rapport aux actionneurs traditionnels qui vibrent comme des bourdons.

Quel rôle joue Arkema dans ce marché ?

F. D. D. S. – Arkema joue un rôle moteur : en tant que *designer* et fournisseur de matériaux polymères à forte valeur ajoutée, nous sommes à la base de la chaîne de création d'innovations de ce marché. Étant donné le nombre important de secteurs en demande d'électronique organique et imprimée – téléphonie, automobile, impression, médecine, domotique – le spectre des applications dans lesquelles se retrouvent nos produits est très large. On parle ici de marchés très prometteurs, tels que les objets connectés, les capteurs imprimés, les *wearables*, évalués à près de 52 milliards d'euros à l'horizon 2025. >>>

1 331 milliards
d'euros d'ici à 2025⁽¹⁾

Évaluation du chiffre d'affaires mondial du marché des objets connectés

(1) Sullivan 2017

Source : <https://www.ictjournal.ch/etudes/2018-11-22/le-marche-des-objets-connectes-va-croitre-de-35-par-an-jusqu'en-2025>

8 milliards
d'euros d'ici à 2025⁽¹⁾

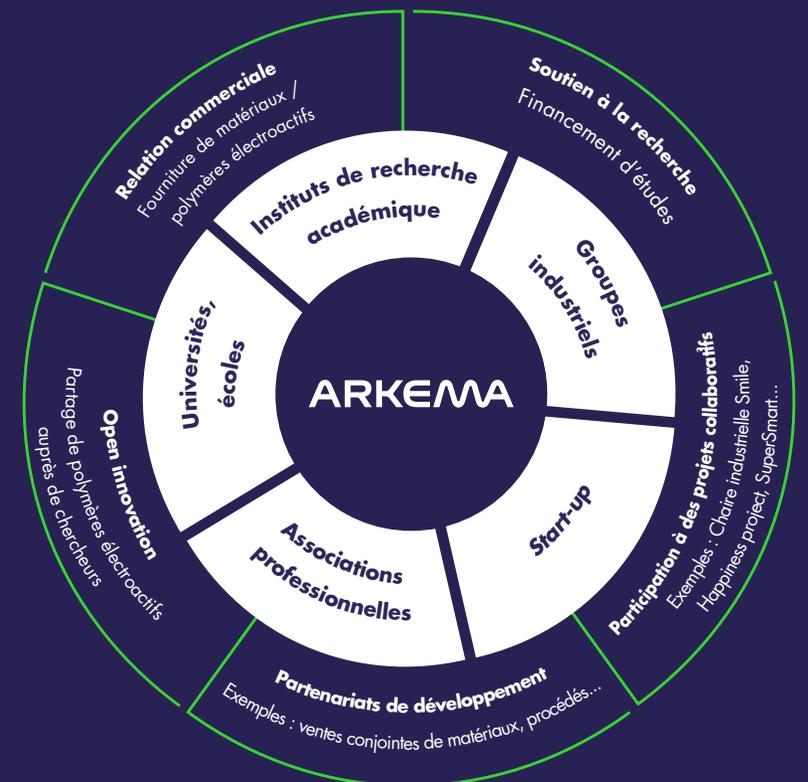
Évaluation du chiffre d'affaires mondial des capteurs imprimés

(1) Chansin, IDTECHEX 2015

ZOOM

Les acteurs qui font émerger les polymères électroactifs

Arkema est un acteur moteur au sein d'un écosystème structuré mêlant industriels, universités, écoles, instituts de recherche et associations professionnelles en France, dans l'Union européenne et dans le monde. Une force de frappe essentielle pour passer les étapes difficiles entre l'invention et le développement d'applications en électronique organique et imprimée.



« Nos partenariats avec les industriels, les structures académiques et les associations de notre secteur sont essentiels à l'émergence de la filière de l'électronique organique et imprimée. »

Quels moyens sont mis en place au sein d'Arkema pour développer cette filière ?

F. D. D. S. – Arkema se distingue déjà par sa maîtrise unique de l'élaboration des polymères fluorés électroactifs, de leur conception à leur fabrication. Nous avons également acquis en 2010 la *start-up* Piezotech, spécialisée dans le développement de capteurs et de matériaux électroactifs, et l'avons intégrée à notre incubateur de recherche pour les matériaux avancés. Un effet démultiplicateur pour une structure agile, soutenue par un groupe mondial, que ce soit à travers nos réseaux de vente, nos centres de recherche et nos partenariats.

En parlant des partenaires, avec quels acteurs Arkema collabore-t-il pour développer ce marché ?

F. D. D. S. – Avant de les citer, il est important de les qualifier : ils sont indispensables ! L'électronique imprimée et organique est émergente. Or ce stade entre l'invention et l'innovation, où le produit devient viable commercialement, est particulièrement délicat. Pour réussir dans cette phase de recherche et développement, l'écosystème des partenariats

« Recyclables, générant eux-mêmes leur propre énergie, nos polymères ouvrent la voie vers une nouvelle électronique plus durable et responsable. »

doit être structuré, ciblé et solide, afin de faire aboutir ce marché. Cet écosystème rassemble ainsi l'ensemble des acteurs de la chaîne d'innovation : les industriels, le monde académique, les instituts de recherche, les associations professionnelles et les *start-up*.

Le mot de la fin ?

F. D. D. S. – Il est passionnant de participer à cette aventure où enthousiasme, créativité et partenariat sont les maîtres mots. Arkema la mène avec des industriels et instituts de recherche académiques qui unissent leurs efforts pour développer des matériaux plus intelligents et responsables. ■

52 milliards d'euros d'ici à 2025

Évaluation du chiffre d'affaires mondial du marché des wearables

Source : www.prnewswire.com/news-releases/world-market-for-wearable-devices-set-to-reach-62-82-billion-by-2025---increasing-penetration-of-iot-related-devices-drives-market-growth-300974593.html



UN MONDE D'APPLICATIONS

On trouvera bientôt nos polymères électroactifs tout autour de nous. Dans les habitations, les appareils connectés, dans nos voitures... Cette technologie ouvre des champs d'applications nouveaux pour l'électronique et offre une expérience de l'interface homme-machine totalement revisitée. En voici quelques exemples, pas si futuristes que ça !

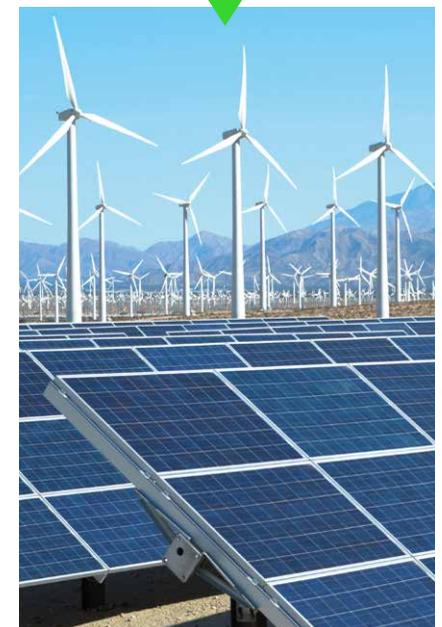
DES SOLS INTELLIGENTS

Demain, les sols connectés guideront nos pas : pas besoin de caméras indiscretes pour rendre nos bâtiments intelligents. Dans les bureaux, les centres commerciaux, les maisons, des capteurs piezoélectriques, fins, flexibles et autonomes, intégrés dans les moquettes, les dalles ou les parquets, compteront les personnes et détecteront leurs mouvements pour ajuster l'éclairage, la climatisation ou le chauffage. Dans les hôpitaux ou chez les personnes fragiles, ils préviendront les secours en cas de chute ou de mouvements anormaux.



DES CAPTEURS POUR UNE ÉNERGIE DURABLE

Des batteries pour les véhicules électriques aux éoliennes et panneaux photovoltaïques en passant par les réservoirs d'hydrogène, la révolution des énergies nouvelles et durables est en marche. Les polymères électroactifs intégrés aux matériaux permettront de surveiller leur vieillissement et leurs défauts, détecter les impacts, mesurer leurs températures ou gonflements afin de les remplacer au bon moment et assurer ainsi une plus longue durée de vie de ces énergies renouvelables et surtout notre sécurité !



DES CAPTEURS POUR SURVEILLER SA SANTÉ

Pour prendre le pouls, mesurer la tension ou la fièvre, ces matériaux s'intègrent dans les montres, les bracelets, les oreillers, les draps, les vêtements.



UN GANT CONNECTÉ POUR RESENTIR CE QUE L'ON VOIT

Les progrès dans la réalité augmentée et virtuelle laissent entrevoir aux adeptes des jeux vidéo de nouvelles sensations tactiles ultraréalistes. Équipés de casques d'immersion et de gants connectés dans lesquels les polymères électroactifs sont intégrés aux textiles, ils pourront ressentir les mouvements, les vibrations, le poids, la texture des objets utilisés dans leurs jeux. Pour une immersion plus vraie que la réalité !



ACTIONNEURS INTÉGRÉS À LA SURFACE DES TABLEAUX DE BORD

Finis les commandes ou boutons manuels sur les tableaux de bords... Bientôt, ces derniers seront des surfaces lisses, entièrement intelligentes, ultrasensibles, où capteurs et actionneurs fins et légers seront directement intégrés dans le matériau. Pour allumer la radio, la climatisation ou les phares, il suffira d'effleurer le tableau de bord qui renverra alors à l'utilisateur le retour haptique, c'est-à-dire une vibration à l'endroit précis touché par le doigt, pour qu'il sache que tout va bien, sans quitter la route des yeux.

NOVASENTIS EFFLEURE LE POTENTIEL *de l'haptique*

La **start-up californienne Novasentis est spécialisée dans la technologie des actionneurs haptiques qui apportent un subtil sens du toucher aux dispositifs électroniques, du smartphone aux manettes de jeu. Une performance à laquelle Arkema n'est pas étrangère. Explications avec François Jeanneau, Président de Novasentis, et projections sur les bénéfices attendus dans de nombreuses applications.**

Entre Novasentis et Arkema, c'est une longue histoire. Pourquoi ?

François Jeanneau – En effet, nous collaborons étroitement depuis le début de notre aventure, pour développer nos actionneurs, jusqu'à ce qu'ils soient viables techniquement et commercialement. C'est grâce aux polymères aux propriétés électrostrictives spécialement développés pour nous par Arkema que nous parvenons à les faire fonctionner. Plus qu'un fournisseur, Arkema est un partenaire clé.

Qu'est-ce qu'un actionneur et qu'apporte l'électrostriction dans leur fonctionnement ?

F. J. – Un actionneur est un composant électronique qui fait bouger quelque chose. Par exemple, faire vibrer un *smartphone* en mode silencieux ou une manette de jeu, donc donner une information ou délivrer des sensations. Intégré à des technologies qui rajoutent le sens du toucher dans l'expérience utilisateur, on appelle cela l'haptique.

S'agissant de l'électrostriction, c'est très simple : le polymère détenant cette propriété se déforme de près de 5 % lorsqu'on lui applique un champ électrique, d'où l'action de la vibration induite.

Quelles applications découlent de cette technologie ?

F. J. – En premier lieu, l'interface utilisateur : les contrôles de jeu, les boutons de surfaces sans boutons mécaniques, comme sur les *smartphones* ou sur les tableaux de bords de voiture, ou encore les gants pour la réalité virtuelle. Autre illustration : les wearables où l'haptique intervient pour

« Avec l'haptique, on vise l'étape d'après, à savoir recevoir l'information automatiquement, sans avoir à la chercher sur une surface tactile. »

François Jeanneau / Président de Novasentis



ZOOM



FICTION 3.0 : 2030, UN QUOTIDIEN AUGMENTÉ

Paul marche dans la rue, il porte ses lunettes et gants connectés. Vibration à l'œil droit, un voyant de messagerie apparaît sur le verre. Paul s'arrête et pianote dans l'air. Quoi de plus banal, il répond juste à Sophie via l'écran qui s'affiche et qu'il voit également sur ses verres et dont il ressent les touches par des vibrations au bout des doigts. Voilà le message est envoyé ! Rendez-vous au restaurant dans 15 minutes...

Une fois sur place, ils passent commande sur des menus virtuels où ils choisissent leurs plats en les montrant simplement du doigt.

Place au paiement désormais : l'interface machine apparaît dans leurs lunettes et identifie leurs moyens de paiement pré-enregistrés. Ils en confirment l'authentification en saisissant leurs codes.

S'en suivra un après-midi détente pour Sophie, avec son jeu de tennis virtuel préféré : à l'aide d'un manche connecté ultra-sophistiqué, qui reproduit fidèlement les vibrations générées par ses coups, elle vit au plus proche les sensations de son match contre Cori Gauff, la championne mondiale !

transmettre des informations : un détecteur de rythme cardiaque qui, intégré à un tee-shirt de sport, donne des indications au sportif en fonction de ses pulsations (accélérer, ralentir...) ; un actionneur, qui relié au GPS d'un *smartphone*, envoie une vibration pour indiquer la bonne direction à prendre. Bref, on vise ici l'étape d'après, à savoir recevoir l'information automatiquement, sans avoir à la chercher sur une surface tactile.

En quoi les actionneurs de Novasentis font-ils la différence ?

F. J. – Ils font bouger le produit de façon localisée, sur sa surface par exemple, et sont capables de vibrer à n'importe quelles fréquences, en particulier celles plus basses que les actionneurs traditionnels. Pour illustrer une image, on passe de la brosse à dents électrique qui vibre dans sa globalité de haut en bas, à uniquement la tête qui s'actionne de façon proportionnée en fonction de la surface rencontrée (dent ou gencive). « En somme, de la grosse cavalerie à la dentelle. »

Un exemple sur un produit existant ?

F. J. – Typiquement, la manette de jeu : des vibrations localisées vont affiner l'expérience du joueur et le rapprocher des sensations réelles, de même que la variation des fréquences envoie des indications subtiles sur les impacts rencontrés dans l'expérience.

Novasentis, start-up californienne, a été fondée par d'anciens dirigeants d'Apple.

La société a mis au point une technologie d'actionneurs et de capteurs haptiques, à base de films les plus fins du monde, qui améliore les interactions sensorielles de nombreuses applications. Grâce à la miniaturisation des matériaux, ses actionneurs ultra-minces répondent à la demande croissante d'appareils du quotidien plus légers, plus minces, plus petits et plus flexibles.

Prenez un jeu de billard par exemple : selon que vous allez faire le coup d'entame et viser délicatement une boule pour l'envoyer dans une poche, la force appliquée sera drastiquement différente. Dans le cadre de ce jeu, nos actionneurs offrent cet éventail de nuances qui permet de rapprocher le virtuel du réel. ■

ARJOWIGGINS, VERS le papier 3.0

Papetier historique, Arjowiggins voit dans l'électronique imprimée un relais de croissance d'avenir. Émergent à l'heure actuelle, le marché semble prêt pour des dispositifs électroniques sur papier, intégrant notamment des polymères électroactifs. Gaël Depres, son responsable R&D, nous explique pourquoi.

« Nous entrevoyons les possibilités de cette technologie et nous avons investi dans notre équipement pour livrer de grosses capacités. »

Gaël Depres / Responsable de la R&D chez Arjowiggins France



Quel lien entre l'industrie du papier et l'électronique ?

Gaël Depres – Une rencontre opportuniste entre deux mondes : celui d'Arjowiggins, connu notamment par sa marque de papeterie grand public Conqueror, et celui de l'électronique imprimée. Cette technologie consiste à utiliser des moyens d'impression traditionnels (sérigraphie, flexographie) mais, au lieu d'utiliser des encres graphiques, vous imprimez avec des encres conductrices, isolantes ou actives. L'objectif est de fabriquer des dispositifs électroniques sur papier.

Quels sont ces dispositifs et dans quelles applications rentrent-ils ?

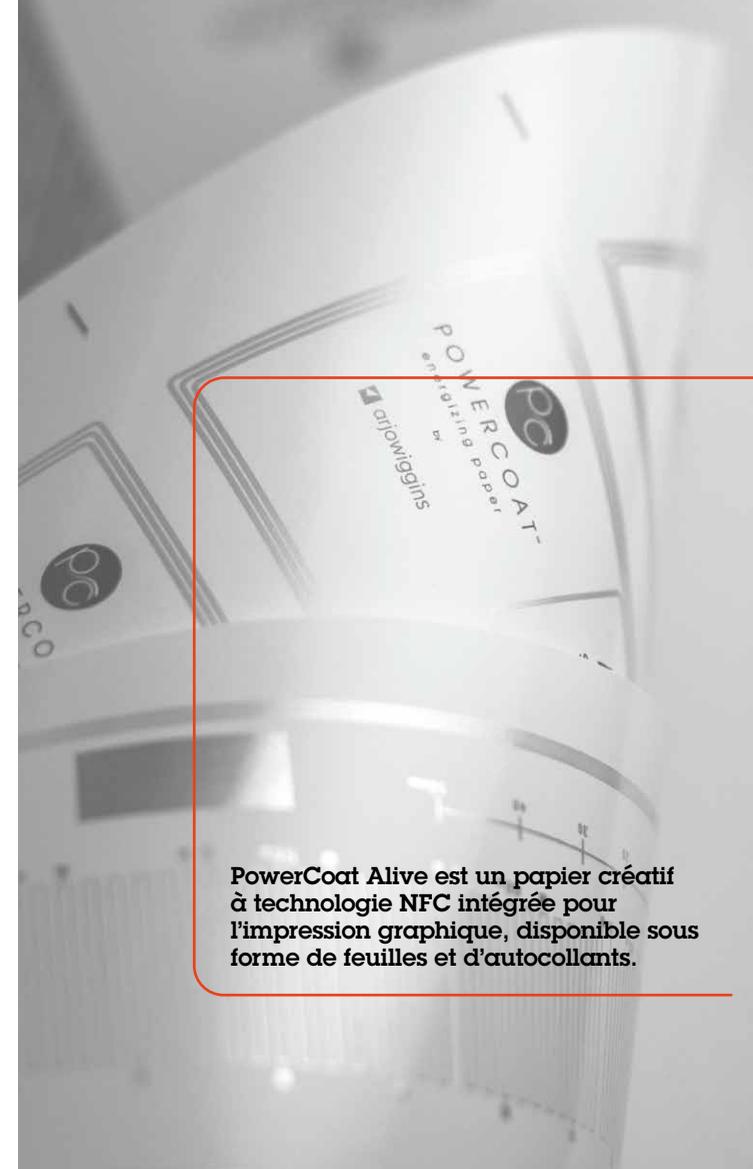
G. D. – On parle ici de capteurs sur des emballages connectés, d'antennes NFC intégrées dans des badges pour autoriser l'entrée dans un bâtiment ou dans des cartes pour valider un paiement, d'encres spécialisées qui permettent de sécuriser des documents type diplômes ou actes juridiques. Bref, ces composants servent à transmettre des informations pour enclencher une action, authentifier un document ou vérifier l'état d'un objet.

À quoi sert un capteur sur un emballage ou une étiquette connectés ?

G. D. – Plusieurs possibilités : un capteur de température détecte les fluctuations thermiques dans un colis ; un capteur de pression mesure les chocs pouvant causer des dommages à un contenu. Ces dispositifs *high-tech* peuvent être utilisés sur des produits onéreux nécessitant une assurance de suivi élevée : capteurs de choc sur des biens électroniques fragiles (écrans TV, ordinateurs), capteurs de température sur des palettes de biens alimentaires... Un marché aussi bien grand public que *BtoB*.

Comment cela fonctionne-t-il ?

G. D. – L'étiquette connectée comprend un capteur, une antenne NFC et une puce en silicium. Le capteur est composé de polymères aux propriétés *piezoélectriques*. Lorsqu'une pression est exercée sur ce matériau, un courant électrique est généré, ce qui correspond, à une information pour la puce qui le reçoit. Cette dernière sera transmise via l'antenne NFC à un lecteur actif – un *smartphone* par exemple – de façon intelligible pour l'utilisateur (voir encadré).



PowerCoat Alive est un papier créatif à technologie NFC intégrée pour l'impression graphique, disponible sous forme de feuilles et d'autocollants.

ZOOM

RFID/NFC : COMMENT ÇA MARCHE ?

Dérivé de la technologie RFID, le Near Field Communication (NFC) est un système de communication sans fil à très courte portée. Le *tag* NFC se compose d'une puce et d'une antenne ; c'est une cible passive qui fonctionne sans fil ou alimentation électrique. Placée à proximité d'un lecteur actif, c'est-à-dire alimenté en énergie (téléphone, lecteur de carte...), l'antenne va capter son signal radio et récupérer son énergie pour faire fonctionner la puce. Objectif : un échange d'information, en moins d'une seconde. Exemples : dans un badge pour un accès à un bâtiment ou une borne de transport en commun, dans un appairage entre deux appareils électroniques (*smartphone* et enceinte sans fil), dans une carte bancaire avec paiement sans contact...

Vous êtes donc « à cheval » entre l'électronique traditionnelle et l'électronique imprimée ?

G. D. – Absolument. Nous en sommes au stade de l'électronique hybride : nos capteurs de pression intègrent des polymères électroactifs organiques et nos *tags* NFC sont fabriqués à partir d'encres métalliques et de puces en silicium, composants de l'électronique traditionnelle.

D'où vient l'innovation dans ces dispositifs ?

G. D. – De leur impression sur un papier hautement performant PowerCoat®, la marque dédiée à l'électronique imprimée chez Arjowiggins. Il est ultra-lisse, mais aussi très « fermé » afin de ne pas absorber les encres conductrices qui doivent demeurer en surface et résister aux très hautes températures nécessaires à leur application et à leur fonctionnement. L'électronique imprimée représente un progrès important alors que la grande majorité des antennes RFID/NFC classiques est faite d'aluminium gravé chimiquement et intégré à du plastique.

Ce procédé est donc plus éco-respectueux ?

G. D. – En effet. Nous travaillons activement au recyclage de nos dispositifs en nous inspirant des technologies de notre domaine d'expertise qu'est le papier. Ajoutez à cela deux points : la production de l'électronique sur papier est moins énergivore que celle de l'électronique 100 % silicium et nos dispositifs sont produits en Europe, alors que les *tags* NFC classiques sont essentiellement produits en Chine. Des arguments de poids pour Arjowiggins qui voit dans cette technologie un moyen de réduire l'empreinte carbone de ces produits.

Cela a-t-il un impact sur l'intérêt de vos produits auprès des industriels ?

G. D. – Sans aucun doute. L'efficacité de la technologie et sa dimension éco-respectueuse font de nos dispositifs un relais de croissance prometteur pour le groupe Arjowiggins. Mieux, il est viable économiquement car les coûts de production de l'électronique organique et imprimée hybride sont bien moindres que ceux de l'électronique 100 % silicium. >>>

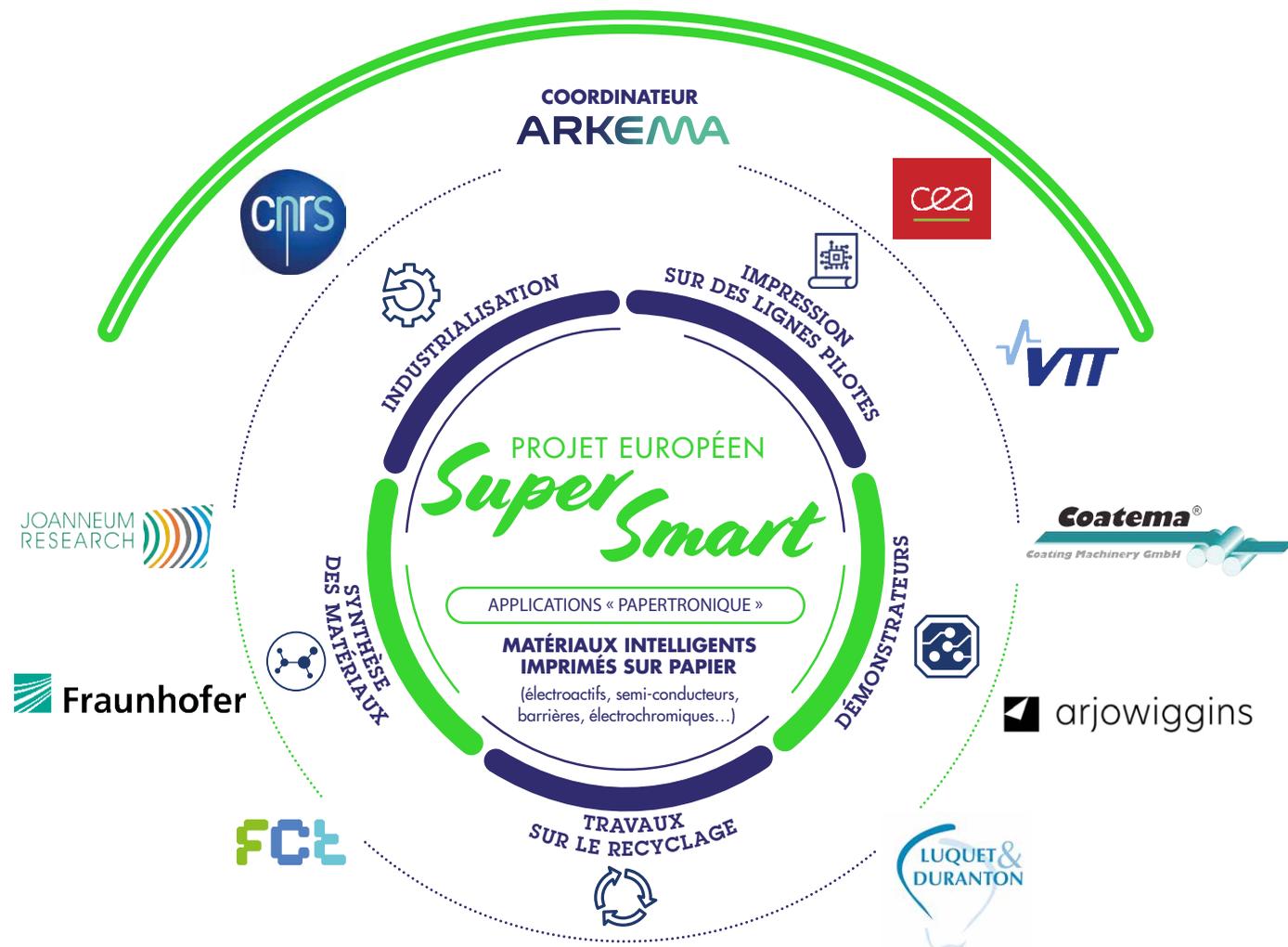
Comment Arjowiggins collabore-t-il avec Arkema ?

G. D. – Arjowiggins et Arkema collaborent étroitement pour développer l'ensemble de la filière de l'électronique organique. Nous sommes notamment membres actifs de l'AFELIM, Association française de l'électronique imprimée, et avons de nombreux projets techniques en commun. Exemple avec SuperSmart, un programme européen financé par le *European Institute of Innovation and Technology* et piloté par Arkema. Nous menons également des projets pilotes dont l'objectif est d'utiliser

les matériaux polymères électroactifs du chimiste dans les dispositifs de nos produits.

Et demain, quelles innovations pour l'électronique imprimée ?

G. D. – Ce papier intelligent pourrait servir de bi-capteur sous le format d'un test biologique jetable pour détecter une pathologie, ce qui dans le cas actuel de la crise du Covid-19 serait très utile. ■



NOS PARTENAIRES INSTITUTIONNELS

CEA & CNRS, laboratoires publics de recherche français.

FCT, université sciences et technologies au Portugal.

FRAUNHOFER, institut allemand spécialisé dans la recherche en sciences appliquées.

JOANNEUM RESEARCH, institut de recherche autrichien.

VIT, centre de recherche technique en Finlande.

INDUSTRIELS ET PME

COATEMA, fabricant allemand d'équipements d'impression et de laminage.

ARJOWIGGINS, papetier, spécialiste du recyclage papier.

LUQUET & DURANTON, imprimeur français de papeterie médicale et administrative.

ISORG, PÉPITE FRANÇAISE DE L'ÉLECTRONIQUE organique

Isorg est une jeune entreprise en pointe sur l'électronique imprimée. Créée en 2010, elle met désormais ses innovations sur le marché. Ruptures apportées par cette technologie, perspectives de la filière, collaboration avec Arkema et le monde industrialo-universitaire... Entretien avec Jean-Yves Gomez, son Président-fondateur.

Quelles innovations propose Isorg ?

Jean-Yves Gomez – Isorg développe et produit des capteurs d'images de grande surface. Citons le *smartphone*, objet central de notre quotidien. Parce que nous faisons de plus en plus d'actions nécessitant une confidentialité préservée – transactions bancaires, signatures d'actes juridiques, données médicales... –, Isorg propose une sécurisation de l'appareil grâce à un capteur d'empreintes digitales qui occupe toute la surface de l'écran. Concrètement, la validation biométrique n'a plus un seul point d'entrée. On peut valider une opération en apposant plusieurs doigts sur l'écran et même, les doigts de plusieurs personnes.

Quel est le champ d'applications de ces capteurs ?

J.-Y. G. – Il est vaste ! Tout ce qui concerne la sécurité bien sûr, aux frontières et pour les contrôles de police, mais aussi l'imagerie médicale, la *tomographie*, l'automobile, les *wearables*... Les domaines possibles sont limités par notre seule créativité et notre capacité à imaginer les besoins de demain.

L'automobile par exemple : nos capteurs peuvent permettre de déclencher les *airbags* de façon intelligente, en réglant la puissance de déploiement en fonction de la nature de la déflagration. Côté bien-être, plutôt que d'avoir des flux d'air chaud dans l'habitacle comme à l'heure actuelle, imaginez des panneaux radiants en électronique imprimée qui chauffent de façon homogène l'habitacle et régulent la température grâce aux capteurs. >>>

« Grâce aux encres électroactives, Isorg met en place des technologies d'impression pour fabriquer ces capteurs de grande surface. »

Jean-Yves Gomez / Président-fondateur



« Isorg fabrique le capteur d'empreintes digitales du smartphone de demain. »

Sur quoi repose cette technologie ?

J.-Y. G. – Cette technologie repose sur les propriétés électroactives des matériaux organiques que nous développons, comme les encres semi-conductrices, qui rentrent dans la composition de nos capteurs. Soumises à des contraintes mécaniques, elles vont générer des courants électriques permettant de récupérer des informations, telles que les variations de pressions, les vibrations, et cela de manière très localisée. Ces encres sont capables de détecter la température du corps humain qui émet des radiations de chaleur dans le domaine de l'infrarouge, d'où leur exploitation dans les vêtements connectés, les smartphones ou encore les capteurs de présence. Par leur capacité à détecter via nos capteurs ce spectre invisible à l'œil nu, ces encres se distinguent des matériaux organiques classiques.

Pourquoi Isorg et Arkema collaborent-ils ?

J.-Y. G. – Parce que nous sommes complémentaires : Arkema nous approvisionne en polymères fluorés électroactifs, qui rentrent dans la composition de nos capteurs, et Isorg est expert dans les technologies d'impression et le développement d'applications d'électronique organique à l'échelle industrielle.

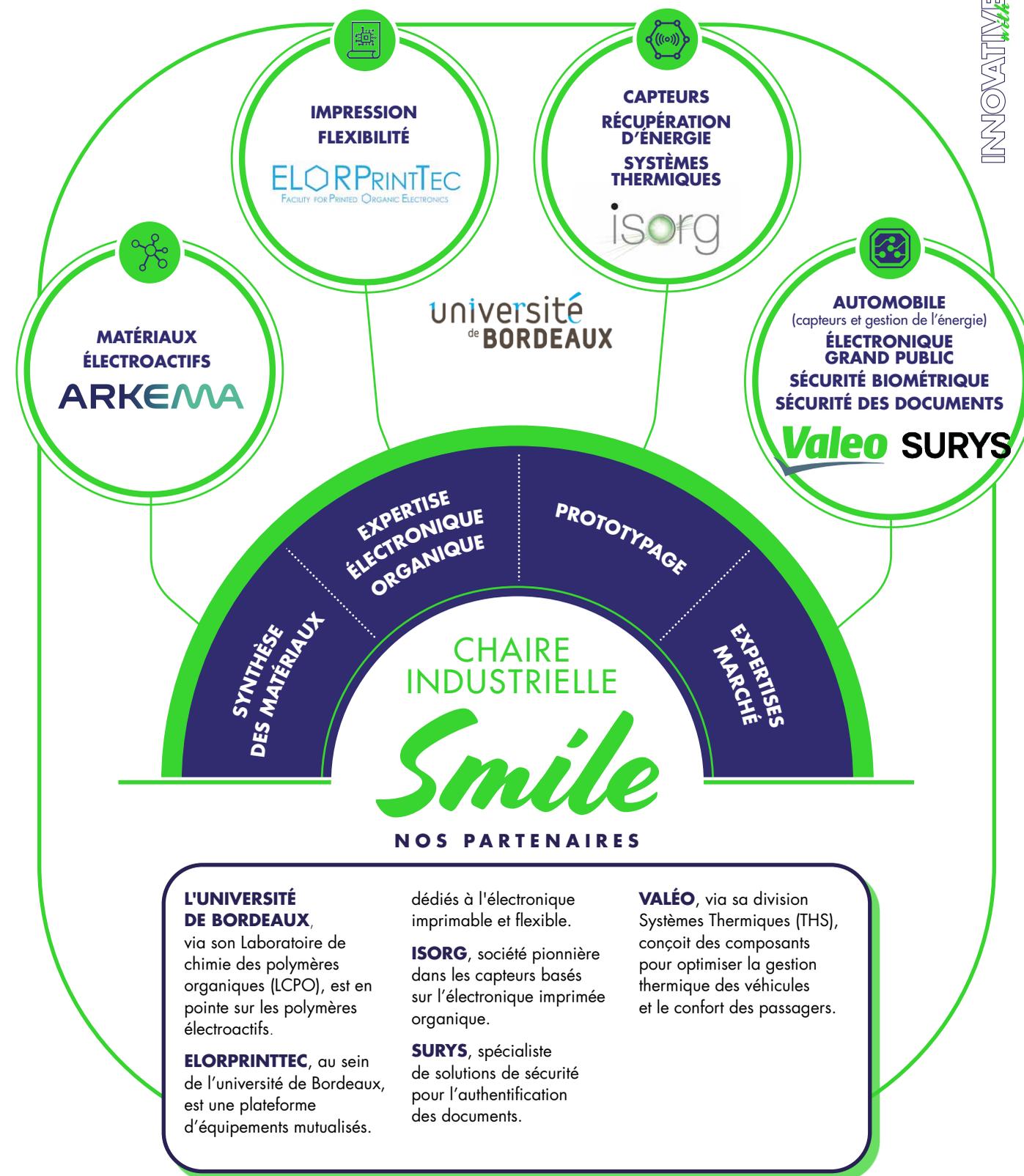
Mais nous collaborons aussi dans le cadre universitaire, au sein de la Chaire industrielle Smile à l'université de Bordeaux qui travaille sur les matériaux polymères ferrotroniques pour l'intelligence environnementale et la conversion d'énergie. C'est un bel exemple de partenariat de recherche appliquée entre industriels et chercheurs.

Isorg est une jeune entreprise. Que représentent ces collaborations ?

J.-Y. G. – Elles sont très importantes car elles enrichissent nos connaissances pour développer plus rapidement nos applications. Isorg a seulement 10 ans d'existence et commence à voir les résultats de ses efforts de recherche. Mais pour en arriver là, que de *stress tests* et de travail de conviction sur l'intérêt de nos capteurs et la fiabilité de cette technologie !

Et demain, quelles perspectives d'innovations pour l'électronique imprimée ?

J.-Y. G. – Toujours en matière de sécurité des personnes. Je pense à des dallages faits de matériaux électroactifs pouvant détecter des chutes ou une personne immobilisée, un vrai atout pour le secours aux personnes âgées ou handicapées ; des éclairages urbains qui s'enclenchent lors du passage d'un piéton décelé au niveau de la surface du trottoir ; des revêtements de routes qui, constitués de matériaux piezoélectriques, pourraient générer de l'électricité grâce au passage des véhicules. Bref, les innovations seront légion. ■



Un écosystème

MOBILISÉ À L'ÉCHELLE INTERNATIONALE

Fabricant de polymères électroactifs, Arkema est à la base de la chaîne de création d'innovations en électronique organique et imprimée. L'entreprise joue un rôle moteur au sein d'un maillage mêlant étroitement universitaires, industriels et associations professionnelles en France, dans l'Union européenne et dans le monde. Focus sur le monde académique.



Guillaume Fleury / Professeur assistant et chercheur

« Nous développons des matériaux électroactifs et optimisons leurs propriétés en fonction des démonstrateurs finaux dans lesquels ils s'intègrent (capteurs pyroélectriques, récupérateurs d'énergie, actionneurs...). La performance de ces derniers peut être optimisée par le choix éclairé de ces matériaux.

Notre démarche s'intègre dans un écosystème alliant de multiples expertises : Arkema, dont les polymères électroactifs sont la pierre angulaire des dispositifs testés dans notre laboratoire de recherche ; et les industriels qui, en intégrant les dispositifs d'électronique organique dans leurs applications finales, nous orientent sur la conduite à suivre. C'est notamment l'objectif de la Chaire industrielle Smile (en savoir plus p. 17) et de la Plateforme ELORPrintTech, une plateforme française d'équipements de recherche mutualisés dédiés à l'électronique imprimable et flexible.

Notre partenariat avec Arkema s'est cristallisé ces dernières années sur le développement de matériaux électroactifs en vue d'accélérer la révolution de l'électronique imprimée. L'écran pliable est un exemple significatif des atouts des matériaux qui le composent (légèreté, flexibilité). Ils sont également moins onéreux à produire et moins nocifs pour l'environnement que les composants électroniques traditionnels (silicium), tant dans l'utilisation finale qu'au stade de leur fabrication. »

Université de Bordeaux, France

Domaine de recherche : matériaux électroactifs et électronique organique

Applications : capteurs, actionneurs, récupérateurs d'énergie

Seung Tae Choi / Professeur associé d'ingénierie mécanique

« Depuis 2015, Arkema finance l'une de nos études qui porte sur les polymères électroactifs et leurs applications sur les dispositifs haptiques. Nous avons réalisé depuis de remarquables progrès sur les dispositifs flexibles comprenant des polymères ferroélectriques. Nous les partageons avec Arkema et nous nous positionnons comme un pont entre ce spécialiste international des matériaux et des polymères et les leaders de l'électronique intéressés par nos innovations. Citons parmi elles des actionneurs transmettant des vibrations tactiles localisées sur des surfaces larges ou encore un bouton sonore et tactile reproduisant dans les objets électroniques dernier cri le célèbre « clic ».

L'autre pan de notre collaboration consiste à proposer à des entreprises coréennes des savoir-faire de fabrication de dispositifs comprenant des polymères piezoélectriques. Ces matériaux et dispositifs sont promis à un énorme marché en raison du dynamisme de la demande en électronique grand public, que l'on retrouve dans les smartphones bien sûr, mais aussi dans l'automobile, la santé (vêtements connectés, dispositifs médicaux), le tout au service de l'amélioration de l'expérience utilisateur. »



Université de Chung-Ang, Corée du Sud

Domaine de recherche : dispositifs haptiques

Applications : actionneurs



Dr. Shizuo Tokito / Professeur émérite au Centre de recherche d'électronique organique

« Nous collaborons depuis 4 ans avec Arkema pour renforcer notre connaissance des copolymères fluorés avec, en ligne de mire, le développement de nouvelles applications. Par exemple, la mise au point de dispositifs médicaux à porter sur soi (wearables), détectant les pulsations cardiaques et mesurant la respiration au moyen de capteurs de pression.

Nous avons en cela recours à ces matériaux mais notre relation va plus loin. Arkema est un partenaire avec qui nous échangeons sur nos travaux respectifs et sur nos résultats. Nous menons aussi un projet de recherche appliquée dans le cadre duquel nous accueillons un chercheur de l'entreprise au sein de notre laboratoire.

En pointe sur ce domaine d'expertise au Japon et reconnue internationalement pour ses innovations, l'université de Yamagata partage avec Arkema la conviction de l'importance de ce marché des capteurs imprimés flexibles et de ses applications en médecine, santé, agriculture, logistique et robotique. Voire à l'émergence d'une nouvelle « Société 5.0 » où nos capteurs collecteront des informations sur des personnes ou des objets puis, analysées par l'Intelligence artificielle, permettront en retour d'innover pour optimiser l'environnement dans lequel nous vivons. »

Université de Yamagata, Japon

Domaine de recherche : technologies d'électronique organique, flexible et imprimée

Applications : capteurs, actionneurs, etc.

Gregor Scheipl / Service Marketing et Développement commercial des matériaux, Institut des technologies de surface et de photoniques

« Nous avons créé PyzoFlex®, un capteur imprimé qui réagit à la pression, aux changements de températures et aux sons. Flexible, ultrafine, économe en énergie, durable et facile à manipuler, cette pièce d'électronique imprimée se retrouve dans nombre d'applications : électronique (smartphones...), automobile (tableaux de bord, sièges...), équipements urbains, textiles intelligents, etc.

Cette technologie n'aurait pas existé sans les polymères électroactifs d'Arkema qui nous ont permis d'améliorer notre capteur. Ce spécialiste des matériaux avancés est un véritable partenaire avec qui nous échangeons continuellement en vue d'optimiser ses développements.

Depuis 2012, nous entretenons une relation étroite et riche : participation à des projets de recherche (Horizon 2020⁽¹⁾, SuperSmart – en savoir plus p. 14), fourniture en polymères et un partenariat de développement menant à une commercialisation conjointe de PyzoFlex®, avec une forte dimension de conseil auprès des clients pour identifier la façon optimale de l'utiliser dans les applications à destination du consommateur final. » ■



Joanneum Research Institute, Autriche

Domaine de recherche : électronique imprimée

Applications : capteurs

(1) Horizon 2020 : Entré en vigueur le 1^{er} janvier 2014 et courant jusqu'en 2020, le programme Horizon 2020 regroupe les financements de l'Union européenne en matière de recherche et d'innovation et s'articule autour de trois grandes priorités : l'excellence scientifique, la primauté industrielle et les défis sociétaux.

Source : <https://www.horizon2020.gouv.fr/cid74427/horizon-2020-clic.html>

A

Actionneur : dispositif électronique qui transforme l'énergie qu'il reçoit en un autre phénomène physique (déplacement, dégagement de chaleur, émission de lumière ou de sons...).

Antenne NFC : composant électronique passif qui fonctionne sans fil ou alimentation électrique. Placée à proximité d'un lecteur actif (alimenté en énergie, type téléphone, lecteur de carte...), l'antenne capte son signal radio et récupère son énergie pour faire fonctionner une puce, dans le but d'échanger une information (appairage entre deux appareils électroniques, authentifier un paiement...).

C

Capteur : dispositif électronique transformant l'état d'une grandeur physique observée en une grandeur utilisable, telle qu'une pression, une température, une tension électrique... Il permet ainsi de récolter des données qui sont lues et stockées par un instrument de mesure (baromètre, thermomètre, voltmètre...).

D

Diélectrique : isolant électrique pouvant emmagasiner de l'énergie électrostatique.

Domotique : techniques visant à intégrer à l'habitat les automatismes en matière de sécurité, de gestion de l'énergie, de communication, etc.

E

Électroactif : propriété d'un matériau qui convertit de l'énergie électrique en une autre forme d'énergie (mécanique, thermique...) et inversement.

Électronique organique : composante de l'électronique générale qui utilise des matériaux organiques (des polymères) qui permettent le déplacement de charges électriques. Ces matériaux organiques conducteurs, semi-conducteurs, ferroélectriques, etc, amènent au développement de nouveaux dispositifs électroniques minces, légers et pouvant être directement intégrés à de nombreuses applications.

Électronique traditionnelle : branche majoritaire de l'électronique, basée sur des matériaux inorganiques dont le principal est le silicium, semi-conducteur essentiel des composants d'équipements à base de transistors, circuits intégrés...

Électrocalorique : propriété d'un matériau dont la température varie (chauffage et refroidissement) sous l'application d'un champ électrique (effet inverse de la pyroélectricité).

Électronique imprimée : technologie dans laquelle des circuits électroniques entiers sont réalisés par impression sur un substrat (polymère, papier, tissus...).

Électrostriction : déformation élastique d'un matériau non conducteur, ou diélectrique, sous l'effet d'un champ électrique.

F

Ferroélectrique : phénomène de polarisation électrique spontanée se produisant dans certains matériaux et réversible en présence d'un champ électrique.

Flexographie : procédé d'impression en relief, notamment utilisé dans l'univers de l'emballage pour différentes applications telles que les impressions sur films, papiers, cartons.

H

Haptique : étude scientifique du toucher ; désigne des interfaces qui donnent des sensations par le sens du toucher.

I

Inkjet : désigne le procédé d'impression à jet d'encre par projection de gouttes d'encre liquide depuis les buses fixées sur une tête d'impression mobile. Caractéristique des imprimantes de bureau.

Infrarouge : se dit du rayonnement compris, dans le spectre électromagnétique, entre la lumière visible et les micro-ondes.

Internet of things (IOT) : désigne des objets physiques connectés ayant leur propre identité numérique et capables de communiquer les uns avec les autres. Techniquement, l'IOT consiste en l'identification numérique d'un objet physique par un système de communication sans fil (puce RFID/NFC, Bluetooth, Wi-Fi).

O

Offset : procédé majeur d'impression professionnelle (publications de tous genres, emballages...). Également possible sur des supports comme les polymères, les métaux...

P

Piezoélectrique : propriété d'un matériau qui génère un courant électrique lorsqu'on le soumet à une pression mécanique ou qu'on le déforme et inversement qui se déforme ou vibre quand on le soumet à un courant électrique.

Polymère : molécule de masse élevée généralement organique ou semi-organique (ex : bois, collagène, amidon, matériaux thermoplastiques, élastomères...).

PVDF : le PVDF (Polyfluorure de Vinylidène) est un polymère fluoré de haute performance alliant une grande résistance chimique et aux ultraviolets et une facilité de mise en œuvre. Il est utilisé dans de nombreuses applications comme les batteries, le revêtement, l'industrie off-Shore, le câblage, les membranes de filtration, ou encore les canalisations de l'industrie chimique ou électronique. Arkema est leader mondial pour la production et la commercialisation du PVDF sous la marque Kyanr®.

Pyroélectrique : propriété d'un matériau qui génère un courant électrique lorsqu'on le chauffe ou le refroidit.

R

Récupérateur d'énergie : système capable de générer et/ou de récupérer de l'énergie à partir de conditions extérieures (vibrations mécaniques, pression, température...) auxquelles ce système va être soumis. L'utilisation de polymères électroactifs constitue une voie particulièrement innovante pour la génération et la récupération d'énergie.

RFID : constituées d'une puce électronique et d'une antenne encapsulée ou imprimée, les étiquettes RFID permettent d'échanger une information de façon automatique pour enclencher une action (ex : donner une autorisation entre une carte et un lecteur pour valider un paiement).

S

Sérigraphie : procédé d'impression à l'aide d'un écran constitué d'un cadre sur lequel est tendu un tissu à mailles, permettant l'impression sur de multiples surfaces.

T

Tomographie : examen d'imagerie médicale permettant de mesurer en trois dimensions l'activité métabolique d'un organe.

Transducteur : dispositif électronique qui convertit le signal d'entrée d'une certaine forme d'énergie (pression, température...) en une autre grandeur. Ex : haut-parleur, microphone, cristal piézoélectrique, actionneur.

Transistor : dispositif électronique utilisé pour redresser, moduler ou amplifier les courants électriques.

W

Wearables : désigne un vêtement ou un accessoire intégrant de l'informatique et de l'électronique, lui permettant de communiquer, d'être connecté, de recevoir des informations sur soi (ex : vêtements, montres, lunettes...).

www.arkema.com

-  facebook.com/ArkemaGroup
-  @Arkema_group
-  linkedin.com/company/arkema
-  youtube.com/user/ArkemaTV
-  instagram.com/arkema_group/

Direction communication externe

Arkema France
Société anonyme immatriculée au RCS de Nanterre (France) sous le numéro 319 632 790

Siège social

420 rue d'Estienne d'Orves
92700 Colombes - France
Tél. : 33 (0)1 49 00 80 80
Fax. : 33 (0)1 49 00 83 76
Dircom 4719F/07.2020/7,5

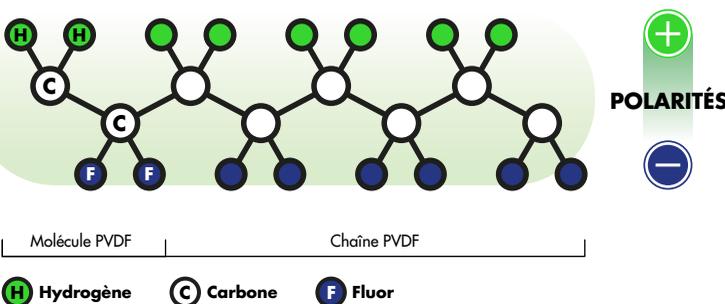


Crédits photos : Bruno Mazodier, Getty Images, Arkema.
Conception et réalisation : **TERRE DE SIENNE**

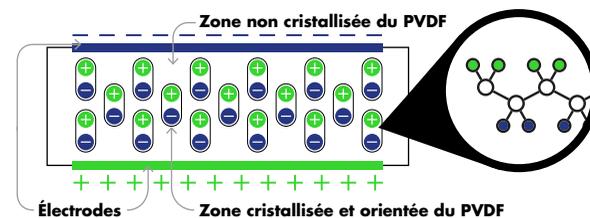
LES POLYMÈRES ÉLECTROACTIFS, COMMENT ÇA MARCHE ?

ZOOM

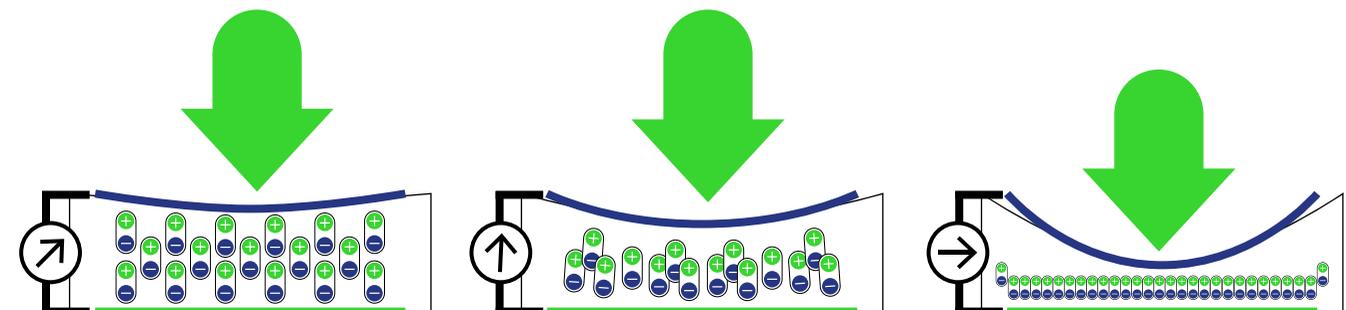
- Le fluor (F) est très électronégatif. Les polymères électroactifs fluorés sont donc très polaires.



- Pour réaliser un capteur ou un actionneur à partir de polymère électronégatif, on imprime une encre contenant le polymère sur un substrat et une électrode. On sèche l'encre, on imprime une autre électrode sur le dessus. Par l'application d'un champ électrique, les molécules de polymères s'alignent dans la même direction. On se retrouve donc avec un film polarisé.



- Lorsque l'on déforme le film, on modifie la densité de la polarisation dans celui-ci ce qui entraîne une tension électrique ou un courant entre les deux électrodes. Inversement, lorsqu'on applique une tension entre les deux électrodes, le film se déformera.



INNOVATIVE

ARKEMA