

# les défis du cea

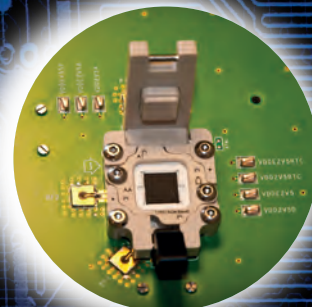
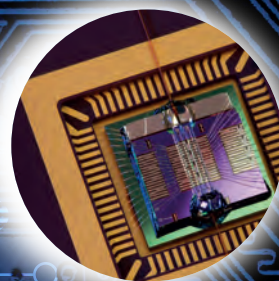
Le magazine de la recherche et de ses applications

Tiré à part  
du numéro de  
**Mai 2017**



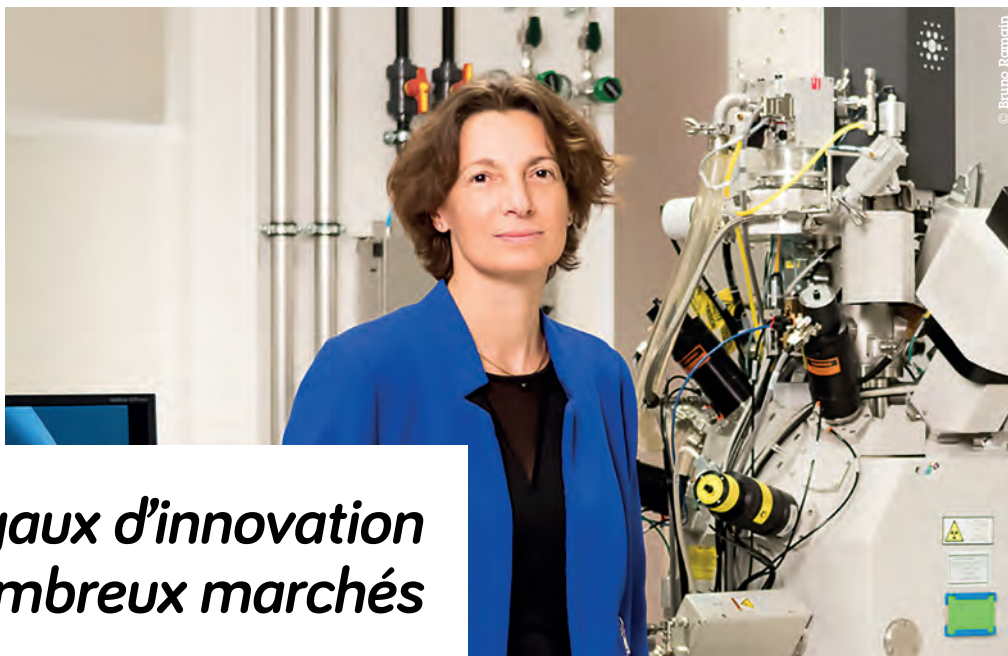
# 50 ans

# d'innovation Leti



**MARIE-NOËLLE SEMERIA,**

directrice du Leti,  
institut de CEA Tech



© Bruno Ramain

## Des joyaux d'innovation pour de nombreux marchés

### Comment définir le Leti, institut CEA Tech que vous dirigez depuis 2015 ?

« Les initiatives sont des indisciplines qui ont réussi. » Cette phrase de Michel Cordelle, premier directeur du Leti en 1967, illustre bien notre histoire. À l'époque, une poignée d'électroniciens au service des chercheurs du CEA insiste pour que l'électronique soit l'objet d'un laboratoire à part entière. Ils ont bien compris que l'innovation est synonyme de rupture, en direction de l'industrie et de l'emploi. Le cadre est posé.

En 1972, Jacques Lacour, directeur du Leti, repère aux États-Unis la technologie MOS (*Metal Oxide Semiconductor*). Et, en 1977, il crée la startup EFCIS pour produire ce type de circuits intégrés en France. Cette initiative, qui conduit plus tard à la création de STMicroelectronics, lance une réelle dynamique :

compétences en détection infrarouge qui lancent la société Sofradir aujourd'hui leader à l'international ; accéléromètres qui équipent à présent tous nos téléphones portables ; technologie FDSOI (voir article suivant) qui révolutionne la microélectronique ; et, demain, la technologie d'intégration 3D Coolcube™. Les équipes du Leti savent faire des objets petits, intelligents, communiquant, sûrs et consommant peu.

### À quoi attribuer ces réussites ?

En plus de cet esprit pionnier, notre force est de rassembler une grande diversité de technologies : CMOS, capteurs, communications, packaging et intégration 3D, électronique de puissance, imagerie, circuits intégrés, architectures spécifiques, fusion de données, etc. Au cœur, se trouve la salle blanche du Leti, qui fédère l'ensemble

des équipes et l'ensemble des plateformes. Ce creuset unique au monde permet de construire avec nos partenaires toute la chaîne de valeur d'un projet, jusqu'au stade de la pré-industrialisation. En électronique de puissance par exemple, nous allons de la puce au véhicule. De même, nous ne nous satisfaisons pas du *statu quo* : nous cherchons des solutions différenciantes et industrialisables avec nos partenaires. Chaque année, nous lançons cinq à six projets de startup : les technologies qu'elles industrialisent représentent des joyaux d'innovation pour de nombreux marchés. Aledia (Led), Wavelens (lentille optique à focale variable sur silicium), Avalun (analyseur biologique portable) sont peut-être les standards mondiaux de demain. Aujourd'hui, on peut dire qu'il y a un peu de Leti dans nos portables,

dans nos box, dans des appareils médicaux de pointe et de plus en plus dans les objets du quotidien !

### Quels sont les marchés que vous ciblez aujourd'hui ?

Nous cibons les marchés en transformation dans lesquels l'innovation technologique peut faire la différence dans les entreprises françaises. C'est le cas de l'Internet des objets (IoT) et des technologies de communication 5G ; également de l'automobile, avec des capteurs intelligents, des algorithmes de fusion de données, des composants de puissance GaN, des solutions matérielles sécurisées... ou encore celui de la santé connectée, en tirant parti des technologies de capteurs et de traitement de données pour personnaliser les soins. Enfin, les *data centers* et le calcul haute performance, avec une approche combinant photonique, intégration 3D

1967

Création du Leti à partir du service d'Électronique du CEA de Grenoble

1972

Réalisation d'un circuit de 1 000 transistors (technologie 5 microns)

1979

Transfert de la technologie scanner X à Thomson CGR

et nouvelles architectures de calcul et de mémoire.

Par ailleurs, tout comme les instituts List et Liten de CEA Tech avec lesquels nous collaborons étroitement, nous accompagnons les PME et entreprises, tant *high-tech* que traditionnelles, qui sont en pleine mutation pour se différencier et gagner en compétitivité.

### Et quels sont vos nouveaux axes de R&D ?

J'en citerai six qui sont porteurs de ruptures et tirent profit d'une approche pluridisciplinaire : l'intelligence artificielle avec de nouvelles technologies de calcul neuromorphique et de calcul quantique ; la réalité augmentée et la réalité virtuelle qui mettent en œuvre de nouveaux concepts d'imagerie et d'écrans ; le développement de nouveaux protocoles médicaux grâce à notre plateforme de dispositifs médicaux et de Clinatec ; ce que l'on appelle les *cyber physical systems*, systèmes complexes, intelligents et sûrs ; la cybersécurité, du point de vue des attaques physiques ; et enfin l'ingénierie des matériaux qui est à l'origine de nouvelles fonctions.

### Comment se nourrit l'innovation ?

L'innovation prend ses racines dans un terroir et trouve son moteur dans une confrontation perpétuelle avec l'extérieur car, pour innover, il faut se démarquer et comprendre ce qui fait la valeur de cette distinction : le gain de 40 % de consommation des circuits FDSOI et leur compatibilité avec des fonctions de communication RF, un gain de brillance de 10 000 des écrans GaN, notre capacité à maîtriser les techniques de microélectronique sur des substrats de 300 mm de diamètre...

Le terroir de Grenoble est fertile avec Minatec, Giant, les startups de la French Tech, le pôle Minalogic... Nous sommes aussi présents dans les écosystèmes innovants comme le *Consumer Electronic Show* de Las Vegas qui nous permet de nous comparer aux innovations mondiales. Les équipes du Leti ont su se réinventer pendant 50 ans en capitalisant sur leurs connaissances et leurs savoir-faire et en recrutant de nouveaux profils pour être toujours à la pointe. Les coopérations avec nos partenaires académiques sont essentielles, de même que les travaux de nos thésards et post-docs qui explorent avec nous de nouvelles pistes. Ceci est vital, tout comme nos capacités d'investissement en équipements, socle de notre salle blanche. ♦

*Propos recueillis par Aude Ganier*

# 2 760

BREVETS DONT 310 DÉPOSÉS EN 2016

# 1 900

CHERCHEURS ET 250 THÉSARDS ET POST-DOCS

# 60

STARTUPS CRÉÉES

# 330

PARTENAIRES INDUSTRIELS

## 1985

Inauguration de 2 000 m<sup>2</sup> de salles blanches par le président de la République

## 1991

Dépôt du brevet SmartCut pour le SOI

## Startups au Top !

### Bag-Era



Solution logicielle pour la cohérence des systèmes composés de matériels, logiciels et services connectés en réseau.

2016 / Essaimée du Leti et de l'IRT Naoelec

### elichens



Capteurs de gaz à détection infrarouge non dispersive, miniaturisés et connectés, pour services associés à la qualité de l'air.

2014 / 20 brevets Leti + un laboratoire commun

### Exagan



Composants de puissance en nitrure de gallium/silicium pour convertisseurs, 25 % moins chers et trois fois plus compacts.

2014 / Plusieurs dizaines de brevets du Leti et de Soitec

# Emblématique **FDSOI**

Au départ, il y a presque 40 ans au Leti, cela ressemble à un concours de circonstances. Quelques années plus tard, s'y ajoute la conviction d'une poignée d'ingénieurs. Puis, le pari risqué de quelques industriels. Un brevet révolutionnaire. La mise en place d'un écosystème technologique et industriel complet. Des partenariats internationaux. Aujourd'hui, des millions de consoles et de smartphones en sont équipés. De l'électronique nomade à l'automobile en passant par l'Internet des objets, la technologie FDSOI est en passe de devenir un standard.

par Mathieu Grousson

**F**DSOI pour *Fully depleted Silicon on Insulator*? Concrètement, cette technologie concerne la plus petite unité de calcul au cœur de tout processeur, le transistor. L'idée ici : non pas de le façonner dans un bloc de silicium massif mais dans un substrat de silicium ultramince, sur une couche d'oxyde de silicium isolante. Une telle

Du reste, les composants sur film mince offrent des performances intéressantes : placés sur une couche isolante, ils sont intrinsèquement immunisés contre les fuites de courant. Mais, à l'époque, la qualité des substrats n'y est pas. Et, surtout, dans l'industrie de la microélectronique, le silicium massif fait des merveilles. Au point que tous les deux ans, selon la loi de Moore édictée en 1965 par le cofondateur du géant de l'électronique Intel, la surface des transistors est divisée par deux.

**SmartCut™**  
est véritablement le point de départ de l'électronique sur films minces.

Olivier Faynot, ingénieur au Leti

**Silicium ultramince contre silicium massif : le procédé SmartCut™ du Leti**

Dans ce contexte en 1991, Michel Bruel propose un procédé révolutionnaire pour la découpe et le collage à l'échelle atomique de couches ultraminces de silicium oxydé en surface : le procédé SmartCut™. Exploité aujourd'hui par Soitec, startup du Leti, il permet d'obtenir des couches de silicium et d'oxyde d'une très grande

qualité, dont l'épaisseur est contrôlée de quelques nanomètres à quelques microns, collées sur un substrat de silicium. « *De plus, SmartCut™ est compatible avec les technologies standards de la microélectronique, permettant la production rapide de plaques de très grande qualité, précise Olivier Faynot, ingénieur au Leti. C'est véritablement le point de départ de l'électronique sur films minces.* » Des actions conjointes du Leti et de Thomson sont alors entreprises pour la mise en place d'une filière SOI pour les applications hautes fréquences et basse consommation. Puis, à partir des années 2000, AMD et IBM produisent des microprocesseurs SOI, notamment pour l'industrie du PC et du jeu vidéo pour laquelle les bonnes caractéristiques vis-à-vis des fuites de courant des transistors sur film mince offrent un compromis vitesse/consommation intéressant. Pour autant, « *tout cela reste très confidentiel, le plus souvent au stade de la R&D conduite au Leti* », se souvient François Andrieu, chercheur au Leti.

C'est un fait, cette technologie n'a pas spécialement la cote dans le petit monde de la microélectronique. « *À l'évidence, il manquait des briques technologiques* », admet le spécialiste. Et comment rivaliser avec les technologies classiques MOS sur silicium massif pour lesquelles les salles blanches des industriels fondeurs ont été pensées ? « *Jusqu'à un certain point, le gain en performance n'était pas suffisant pour que même nos partenaires historiques franchissent le pas à grande échelle* », admet Olivier Faynot.

présence d'ions oxygène au cœur du silicium confère à l'électronique un caractère durci contre les radiations, raison pour laquelle le Leti s'y intéresse dès les années 1980 pour les applications militaires du CEA.

1992

Transfert de la technologie gamma caméra à Sopha Medical Vision

1994

Transfert de la technologie capteurs de pression pour l'aéronautique à Thales

1996

Première image infrarouge non refroidie (bolomètres)

### Les révolutions FinFET d'Intel et FDSOI du Leti

Le pont est franchi au milieu des années 2000, alors que la taille des transistors atteint quelques dizaines de nanomètres. Les spécialistes commencent alors à observer d'importantes fuites de courants au niveau de la grille des transistors. Conséquence : les caractéristiques électriques de ces composants se mettent à dévier dangereusement, rendant leur contrôle de plus en plus difficile au niveau industriel. D'un mot, pour que ne soit pas contredite la loi de Moore, l'univers de la microélectronique doit entamer une révolution, elle doit inventer de nouvelles architectures de transistors.

Intel propose en 2011 la technologie FinFET, véritable changement de paradigme en microélectronique. Dans un transistor classique, les charges électriques circulent sur un canal planaire déposé sur un substrat ; à l'inverse, dans un transistor FinFET, ce canal est constitué d'un aileron de silicium de quelques nanomètres d'épaisseur, entouré par la grille du transistor, le rendant ainsi immunisé contre les fuites. Le succès est immédiat car ce type de transistors permet de très bonnes performances en vitesse. Y a-t-il alors de la place pour une alternative ? « *Au regard des performances de l'électronique sur films minces, de l'amélioration de la qualité des substrats et de la reproductibilité de plus en plus grande de nos résultats, nous avons répondu : oui !* », raconte Olivier Faynot. D'autant qu'avec son architecture 3D, le FinFET est difficile à construire ; quand la structure planaire « traditionnelle » du FDSOI le

rend moins onéreux. Surtout, les promoteurs du FDSOI savent qu'ils ont un atout dans leur manche, une propriété que seuls possèdent les transistors sur film mince : par polarisation électrique de la couche isolante placée sous le film de silicium, dite « polarisation face arrière », il est possible de moduler à la demande le compro-

***Dans les conférences, on nous disait que nous faisons fausse route ! Mais nous avons une vision.***

*Olivier Faynot, ingénieur au Leti*

mis vitesse/consommation, de quoi adapter au plus fin la consommation des circuits en fonction des opérations à réaliser. « *Cette flexibilité est clairement le fer de lance du FDSOI* », lâche François Andrieu. Cela dit, face à la force de frappe d'Intel, les microélectroniciens du Leti et leurs partenaires apparaissent bien seuls à croire en leurs chances. « *Dans les conférences, on nous disait que nous faisons fausse route ! Mais nous avons une vision* », rappelle Olivier Faynot.

### Les premières pierres d'une filière : du modèle UTSOI à la montre de Xiaomi

Reste alors à concrétiser le FDSOI : où et comment produire en quantité industrielle des films minces ; les rendements seront-ils au rendez-vous ? *Quid* de la fiabilité ? D'un mot, pas d'autre solution que de bâtir tout ♦♦♦

1997

Premier circuit biopuce avec Cisbio

2000

Livraison des modèles de vol de magnétomètres RMN pour le satellite Champ

## Startups au Top !

### Fluoptics



Système d'imagerie Fluobeam® et traceurs fluorescents d'imagerie pour l'aide à la chirurgie dans des dispositifs portables et faible coût.

**2009 / Une dizaine de brevets du Leti et contrats de collaboration annuelle**

### Illumina



Laboratoire sur puce de 100 cm<sup>2</sup> et 50 gr pour analyses à partir de 300 nl de gouttelettes et opérations de préparation d'ADN pour étapes de séquençage externe.

**2014 / Dépôt commun de brevets après acquisition d'Advanced Liquid Logic**

### Iprasense



Technologie d'imagerie sans lentille augmentant le champ visuel par 10 (par rapport à un microscope) et solutions de captation vidéo du suivi de l'évolution de cultures cellulaires sans marquage.

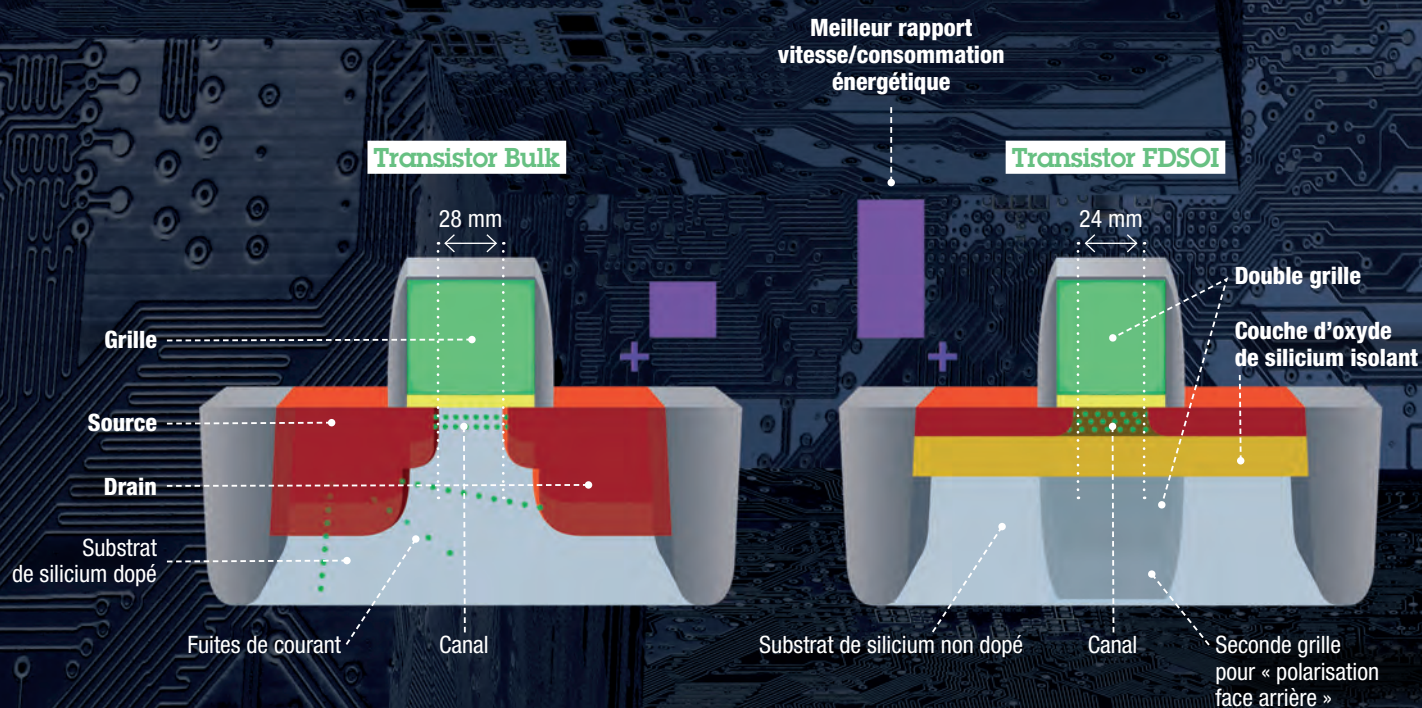
**2013 / 10 brevets Leti + laboratoire commun**

# Le transistor FDSOI

## PRINCIPE



La technologie FDSOI conçue par le Leti repose sur l'ajout d'une fine couche d'oxyde de silicium isolant à l'architecture classique des transistors. Cette innovation confère aux transistors un fonctionnement performant et économe en énergie tout en poursuivant le défi de la miniaturisation.



## La quête de l'infiniment petit

Au cœur de tout microprocesseur, il y a le transistor. Il est composé de trois éléments qui reposent sur un substrat de silicium (généralement massif) dopé : la grille (ou porte), la source et le drain. Lorsqu'une tension électrique est appliquée sur la grille, un courant d'électrons circule entre la source et le drain via le silicium. Ainsi, en appliquant, ou non, une tension, un transistor agit tel

un interrupteur en position ouverte ou fermée, réalisant les 0 et les 1 de l'information binaire. Pour augmenter la rapidité et baisser la consommation des transistors, l'industrie de la micro-électronique n'a cessé de réduire leur taille jusqu'à atteindre la vingtaine de nanomètres ; des fuites de courant sont alors apparues, dégradant les performances des transistors...

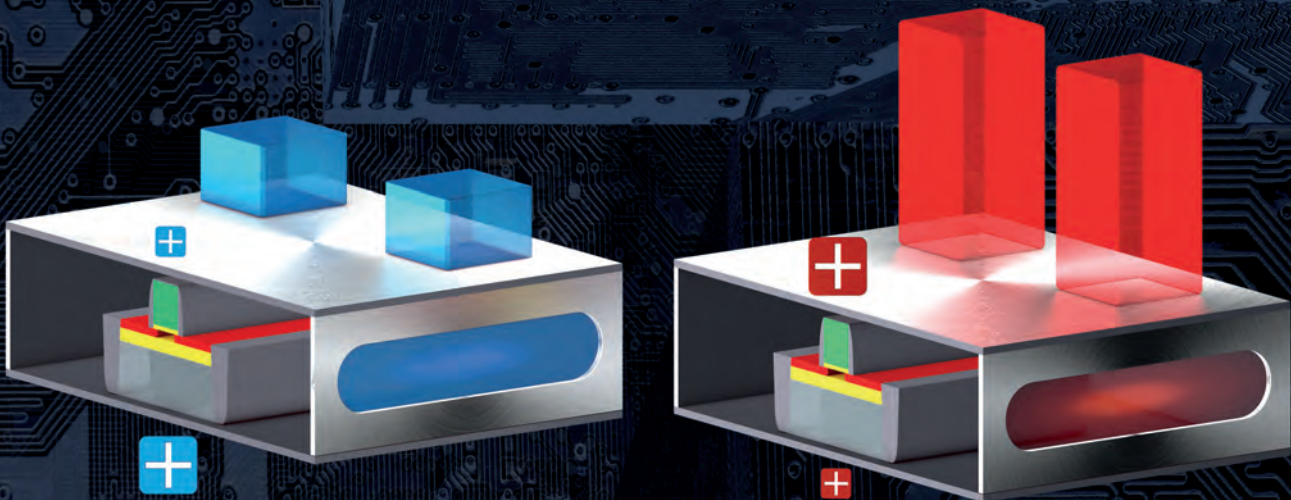
## ATOUS MAJEURS

- 25 % plus rapide que des transistors équivalents sur silicium massif.
- 30 à 40 % moins énergivore que des transistors équivalents sur silicium massif.
- Tension de services abaissée jusqu'à 0,4 V et très faible dissipation de puissance.
- Grand fiabilité avec un taux d'erreur de calcul de 100 à 1 000 fois moins élevé que les technologies sur substrat massif.
- Très faible variabilité des transistors d'une même plaque car le substrat de silicium n'est pas dopé et présente une grande homogénéité.
- Compétitif car son architecture planaire autorise sa fabrication sur les outils standards de la microélectronique.

**Basse consommation**

ou

**Rapidité**



## La solution FDSOI

Pour enrayer les fuites de courant, la technologie FDSOI consiste à utiliser une très fine couche de silicium posée sur une fine couche d'oxyde de silicium isolant. Agissant comme une barrière, cette dernière est posée sur le substrat de silicium qui ne nécessite plus d'être dopé.

Les performances du transistor peuvent être augmentées en appliquant une tension sur sa face

arrière : c'est la « polarisation face arrière ». La combinaison de cette tension et de la couche d'oxyde isolant agit alors comme une seconde grille. Et, en fonction des tensions relatives appliquées sur les faces avant et arrière du transistor, ses propriétés peuvent être modifiées à façon : le transistor FDSOI peut être soit très peu gourmand en énergie, soit très rapide.



Plaque de FDSOI et montre Xiaomi, produit intégrant la technologie FDSOI.

l'environnement technologique et industriel pour concevoir et fabriquer à grande échelle les composants FDSOI. Pour ce faire, le Leti et STMicroelectronics travaillent main dans la main. L'industriel, qui entend développer ses activités en direction du « *low power* » (applications à basse consommation comme la téléphonie), prend la décision de passer sa plateforme pour le **nœud** 28 nanomètres en FDSOI. L'idée ? Des composants dont on puisse booster à la demande les performances en vitesse lorsque nécessaire, par exemple durant un appel téléphonique, mais également capables de se mettre en veille entre deux pics d'activité.

#### Nœud

Unité caractéristique de la grille d'un transistor utilisée pour rendre compte de la miniaturisation des composants.

Ainsi, 10 à 15 ingénieurs du Leti sont détachés sur le site STMicroelectronics de Crolles où 300 salariés mettent au point la plateforme, et 50 personnes restent en support à Grenoble. Comme le précise François Andrieu, « *dans la vie d'un industriel, une telle rupture technologique, et le saut dans l'inconnu qui va avec, ne se produisent qu'une fois par décennie, voire moins.* » Concrètement, les équipes du Leti et de STMicroelectronics développent tous les composants nécessaires à la réalisation d'un circuit – plus d'une vingtaine – en particulier les générateurs de tension localisés sur les composants afin d'engendrer la « polarisation face arrière ». Elles repensent l'ensemble des portes logiques et des cellules obtenues en connectant différents transistors de façon à les adapter à une large gamme de fonctionnement. Et elles imaginent des méthodes de contrôle global pour arbitrer dynamiquement le point de fonctionnement des circuits et vérifier que, même à

très basse tension électrique, le comportement de chaque composant est bien celui attendu.

Parmi les réalisations du Leti : le modèle numérique Leti-UTSOI grâce auquel il est possible de simuler le fonctionnement des composants pour réaliser la bibliothèque de cellules à partir desquelles sont ensuite pensés les circuits et les processeurs. « *C'est le modèle le plus performant actuellement disponible sur le marché dans l'environnement de design chez STMicroelectronics et, maintenant, chez Samsung et ses clients* », explique Olivier Faynot. À la clé en 2014, le circuit FRISBEE, capable de fonctionner sous des tensions comprises entre 400 millivolts et 1,3 volt et à des fréquences allant de 25 mégahertz à 2,5 gigahertz. Implémenté dans un smartphone Ericsson, il permet 5 heures d'autonomie supplémentaire par rapport aux produits concurrents. Comme l'indique François Andrieu, « *ce téléphone n'a in fine pas été commercialisé, mais FRISBEE est important dans l'histoire du FDSOI en tant que premier produit réel de la filiale.* » Puis, en 2016, l'entreprise chinoise Xiaomi présente une montre de sport intelligente embarquant une puce GPS Sony fondée sur la technologie FDSOI en « 28 nanomètres » de STMicroelectronics. Consommant moins de 1,5 milliwatt, contre environ 10 milliwatts pour les circuits classiques, la puce de Sony permet une autonomie de 35 heures en mode GPS, soit deux à cinq fois plus que les produits comparables. Et, récemment, NXP a annoncé la mise en production chez Samsung de sa nouvelle plateforme de processeurs d'applications multimédia (iMX) en technologie FDSOI 28 nm.

### FRISBEE est important dans l'histoire du FDSOI en tant que premier produit réel de la filiale

François Andrieu, ingénieur au Leti

2001

Création de Ideas Laboratory®

2002

Première plaque MEMS 200 nm accéléromètre, pour Freescale

2004

Transfert de la technologie spintronique et création de la société Crocus Technology



### Des nœuds de plus en plus petits pour des marchés de plus en plus grands

Les marchés visés par le FDSOI sont clairement ceux de l'électronique mobile : smartphones, tablettes... objets pour lesquels la question de la consommation est désormais cruciale. « Pour ces applications, les processeurs FinFET, bien que plus performants sur le strict plan de la vitesse, achoppent sur la question de l'énergie », considère Olivier Faynot. Au-delà, probable que le FDSOI devienne incontournable sur le marché de l'automobile connectée, où les processeurs devront allier puissance dans le traitement des données et faible consommation. Autre secteur visé : l'Internet des objets, un univers naissant dans lequel ces derniers, devenus intelligents, auront « conscience » de leur environnement pour échanger de l'information et prendre des décisions. Mais également la santé. Les géants de la microélectronique ne s'y sont pas trompés : dans sa version 28 nanomètres, le FDSOI se trouve désormais dans le catalogue de STMicroelectronics et Samsung. Et ce n'est qu'un début.

En collaboration avec STMicroelectronics, l'idée est de développer de nouvelles fonctionnalités pour le « nœud 28 » : radiofréquence, mémoire embarquée pour les puces, microcontrôleurs... « Très compétitif au niveau du coût et satisfaisant à toutes les applications des clients de l'industriel, le nœud 28 aura une durée de vie importante », prédit François Andrieu. En parallèle, il s'agit aussi de montrer que le FDSOI est compatible à la miniaturisation des transistors. Ainsi, dès la fin des années 2000, le Leti, STMicroelectronics et IBM ont commencé à plancher sur le nœud 22. Résultat : la technologie a été transférée

en 2016 à GlobalFoundries, deuxième fondeur mondial. Et pour mettre en place la plateforme correspondante, le laboratoire grenoblois a détaché une dizaine de personnes sur le site de Dresde du fondeur. Par ailleurs en septembre 2016, ce dernier a annoncé l'extension au 12 nm de sa plateforme FDSOI dont le niveau d'intégration est inégalé. Objectif : produire de premiers circuits à Dresde en 2019.

De quoi faire du FDSOI la nouvelle technologie reine de la microélectronique ? « Il n'est pas question de renverser le FinFET, prévient François Andrieu. Nous sommes une alternative car la technologie d'Intel reste imbattable pour les applications de calcul haute performance, quand le FDSOI est la

**Il est tout à fait possible que d'un positionnement de niche, la technologie FDSOI finisse par prendre d'importantes parts de marché.**

François Andrieu, ingénieur au Leti

solution pour optimiser à la demande le couple vitesse/consommation. » Olivier Faynot ajoute : « Face au FinFET, le FDSOI est dans la position du challenger. Mais au regard de l'évolution du marché, il est tout à fait possible que d'un positionnement de niche, cette technologie finisse par prendre d'importantes parts de marché. » Pour preuve, GlobalFoundries n'a pas choisi une technologie au détriment de l'autre, mais propose désormais les deux à ses clients. Autrement dit, le FDSOI apparaît désormais incontournable. Et ça n'a plus rien d'un concours de circonstances ! ♦

2007

Alliance sur les NEMS avec Caltech

2009

Alliance tripartite avec IBM et STMicroelectronics pour le FDSOI

## Startups au Top !

iskn



Solutions pour enrichir et faciliter l'interaction des objets physiques avec le monde numérique, grâce par exemple à une ardoise digitale.

2014 / 11 brevets du Leti et contrat de collaboration pluriannuel

MirSense



Technologie de lasers état solide à cascade quantique et filière moyen infrarouge sur silicium unique pour identification fiable et rapide de molécules organiques.

2015 / brevets Leti

Morphosense



Solution de traitement des signaux et de fusion de données transmises par capteurs MEMS pour le suivi des déformations et vibrations dans les systèmes critiques

2016 / Brevets Leti

## Un peu de Leti dans les produits des industriels

### Composants silicium



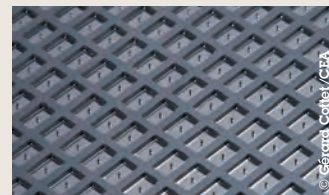
Condensateur miniature pour pace-makers ou stimulateurs cérébraux profonds pour **IPDiA**

### Cosmétiques

Nanovecteurs biodégradables pour encapsuler des principes actifs dans le Modernist Serum n°4® de **Capsum**



### Médical



Procédés de production grande échelle des microaiguilles Debioject (700 microns) de **Debiotech**

### Espace

Bolomètres infrarouges pour la caméra Pacs du satellite Herschel pour l'**Esa**



### Éclairage communiquant



Technologie LiFi haut débit à bas coût, à base de LED pour **Luciom**

### Équipements

Étiquettes RFID intégrées aux pneus **Michelin** des poids lourds pour traçabilité de leur usure



### Télécommunications



Technologies pour les systèmes et les antennes de communication 5G pour **Radiall**

### Environnement

Capteurs pour le conteneur intelligent Cliiink® de tri de déchets de **Terradona**



### Microsystèmes



MEMS de détection de mouvements pour l'affichage dynamique des smartphones et tablettes pour **Tronics**

### 2010

Premiers transistors empilés en 3D, CoolcubeTR

### 2011

Réalisation du funiculaire reliant deux salles blanches séparées de 240 m entre le Leti et Minatoc

### 2013

Premier test clinique à Clinattech



Arts-Sciences

## Fresque #1, « aura » numérique

Si les larsens peuvent faire mal aux oreilles, ceux de Fresque #1 fascinent le regard et libèrent l'imaginaire pour mieux interroger les flux de données numériques qui dessinent aujourd'hui nos quotidiens.

par Aude Ganier

sera en effet présentée simultanément dans deux espaces ouverts au public, au Japon et en France, en novembre 2017. « Ces deux lieux seront interconnectés grâce à un principe de larsen vidéo qui met en miroir, à l'infini, les images de captations de personnes dans ces endroits éloignés. La partition visuelle de Lionel, créée à partir de données temps réel, assurera la restitution sensible de ces lieux et personnages » indique William Guicquero, chercheur au Leti impliqué dans la réalisation de l'œuvre. Fresque #1 s'inscrit dans le programme de recherche H2020 « Festival » qui réunit autour du Leti, coordinateur, des partenaires français, européens et japonais.

Dédié à l'Internet des objets, Festival vise à proposer de nouveaux services pouvant exploiter des données fortement hétérogènes. Pour cela, les chercheurs développent une plateforme sur Internet mettant à disposition des données collectées dans des espaces urbains connectés (ceux des villes partenaires), des infrastructures d'expérimentation ou des données ouvertes. L'œuvre est portée par Arts-Sciences, atelier fondé en 2007 par le Ideas Laboratory, issu du Leti, avec Hexagone Scène Nationale Arts Sciences – Meylan. Là encore, le Leti aura été pionnier, en initiant ce premier laboratoire commun de recherche aux artistes et aux scientifiques en France.



© Fresque#1

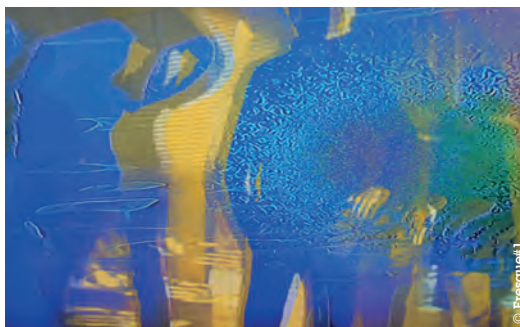


© Antoine Comjard

Lorsqu'un micro branché sur un haut-parleur est trop près de lui, un cri strident siffle: c'est un larsen. De même, à rapprocher une caméra d'un écran pour le filmer, les pixels de l'image se mettent à chahuter. Fresque #1 est ce type de larsen « vidéo », œuvre que Lionel Palun a « dessinée » avec les pinceaux d'aujourd'hui: réseaux, calcul temps réel, flux de données. « J'interviens entre la caméra et l'écran en jouant sur les caractéristiques physiques d'acquisition des images, et en y ajoutant ma propre partition sous la forme de masques, maillages et autres filtres. Surtout, je convie les spectateurs à s'immiscer dans cette relation purement digitale en captant leur silhouette ou visage qui révèle furtivement leur aura numérique » détaille l'artiste.

### L'illusion d'ubiquité des réseaux

Fresque #1 se joue ainsi de l'illusion d'ubiquité offerte par les réseaux, mettant en résonance deux espaces géographiquement et culturellement éloignés: l'œuvre



© Fresque#1

**WWW**  
Fresque#1 sur youtube  
lionelpalun.com  
www.festivalproject.eu/  
www.atelier-arts-sciences.eu/

2014

Première communication laser haut-débit Lune-Terre avec l'Esa et la Nasa

2015

Première mémoire MRAM de type STT avec Spintec

2016

- Alliance avec Stanford System X
- Accord de collaboration avec Intel pour l'Internet des objets



Éditeur Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives  
R. C. S. Paris B77568019 | **Directeur de la publication** Xavier Clément  
| **Rédactrice en chef** Aude Gamier | **A contribué à ce numéro:**  
Mathieu Grousson | **Comité éditorial** Camille Giroud et Isabelle Dellis |  
**Conception et réalisation** [www.grouperougevit.fr](http://www.grouperougevit.fr) |  
N°ISSN 1163-619X | Tous droits de reproduction réservés.