



- L'Institut d'Optique
- Les ingénieurs SupOptique
- La photonique
- La formation d'ingénieur



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

## Plus de 1000 personnes pour développer la photonique

- 490 élèves en cycle Ingénieur + 25 en Master
- 150 doctorants
- 130 Chercheurs et Enseignants-chercheurs
- 100 Ingénieurs, techniciens et administratifs
- 210 personnes en innovation et entrepreneurs

## Sur 3 piliers : Formation, Recherche, Innovation-Entrepreneuriat

## Sur 3 sites : Paris Saclay, Bordeaux, St Etienne



## Une mission nationale définie en 1917



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

# L'état d'esprit à l'Institut d'Optique

## - Des pionniers

Excellence de la recherche : 1 publication par jour



Charles Fabry



Alain Aspect

## - Des innovateurs

Les ingénieurs SupOptique déposent 4 fois plus de brevets  
que la moyenne des ingénieurs  
4 oscars à Hollywood!



Pierre Angénieux



Bernard Maitenaz

## - Des créateurs

Filière Innovation-Entrepreneurs  
18 création d'entreprise en 12 ans  
116 prix gagnés



David Siret Anaïs Barut



Cécile Schmallgruber



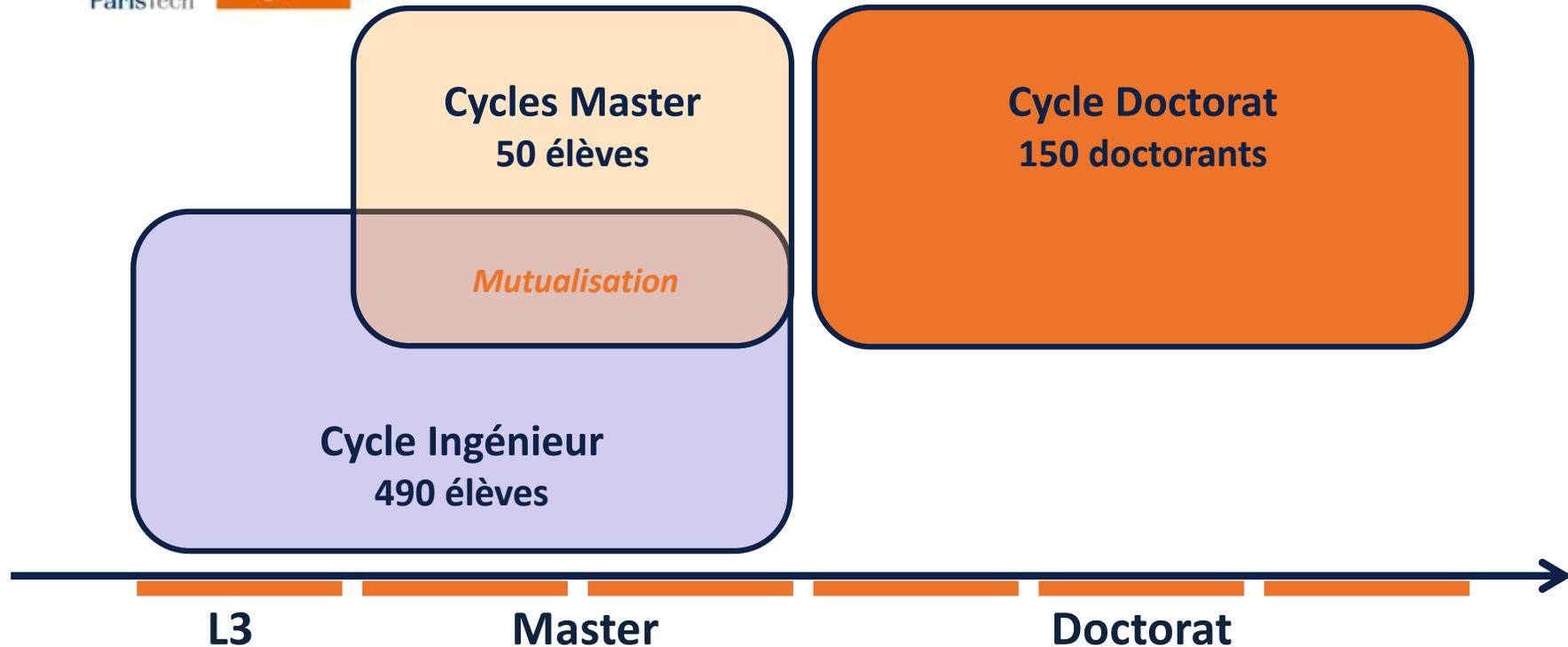
Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux



## aux standards académiques internationaux :

- Une des premières formations en photonique au niveau mondial
- Une des seules formations dans le monde à offrir un cursus complet en photonique
- Un flux élevé Ingénieur/Master → Doctorat (35%)
- Une recherche très reconnue internationalement avec 3 labos associés au CNRS



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

- L'Institut d'Optique
- Les ingénieurs SupOptique
- La photonique
- La formation d'ingénieur



Paris-Saclay



Saint-Étienne



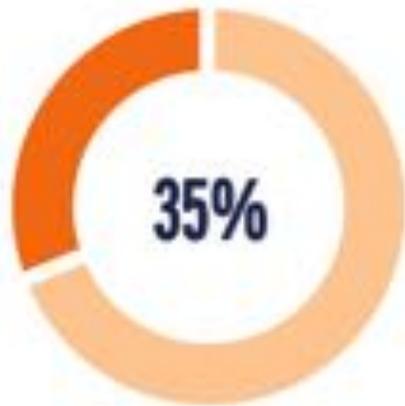
Bordeaux

# Les métiers des ingénieurs

---

## SupOptique

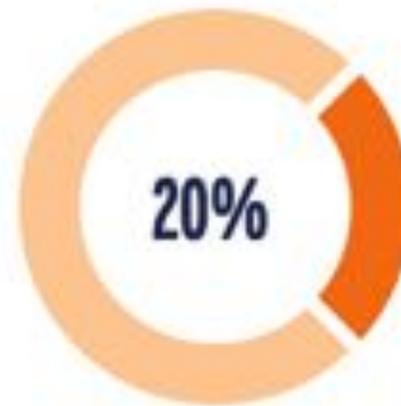
Diversité de métiers



**Chercheurs**



**Ingénieurs  
R&D**



**Managers**



**Audit, conseil,  
marketing**

A la sortie :

**35% des diplômés font une thèse**

**Temps moyen de recherche d'emploi : 2 semaines**

**"The TOP engineers in photonics"**

**Norman Hodgson VP for Tech. and Adv. Research, Coherent Inc. Santa Clara, USA**



Paris-Saclay



Saint-Étienne

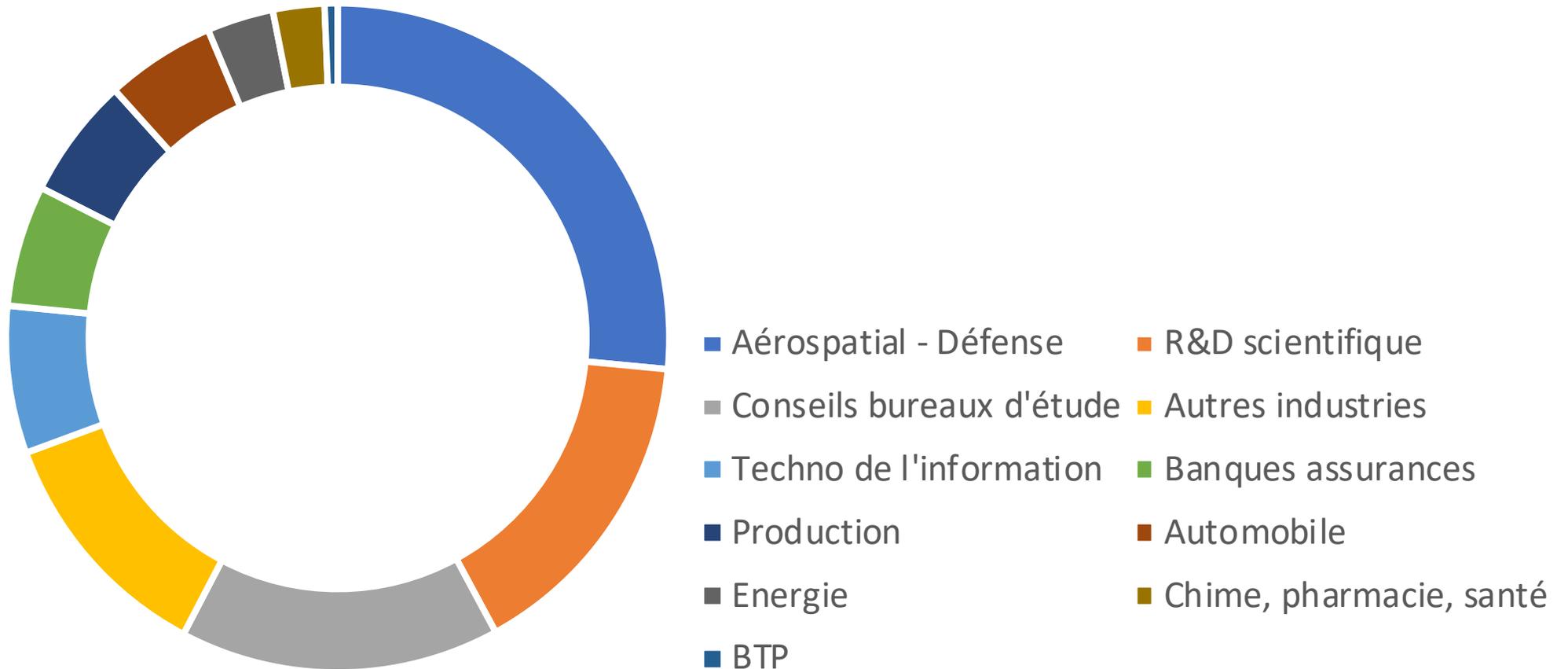


Bordeaux

# Les métiers des ingénieurs

## SupOptique

Enquête CGE 2018 sur les 5 dernières promotions



Paris-Saclay



Saint-Étienne



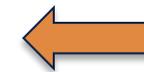
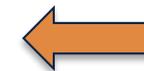
Bordeaux

# Des entreprises qui font rêver les étudiants

Enquête Universum 2018 (réponses de 15 000 élèves ingénieurs)

## Employeurs idéaux

Employeur	Rang 2018
Airbus	1
Google	2
Thales	3
Safran	4
Dassault Aviation	5
Apple	6
EDF	7
VINCI	8
Air France	9
Microsoft	10



**Nos  
employeurs  
principaux!**



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

- L'Institut d'Optique
- Les ingénieurs SupOptique
- La photonique
- La formation d'ingénieur



Paris-Saclay



Saint-Étienne

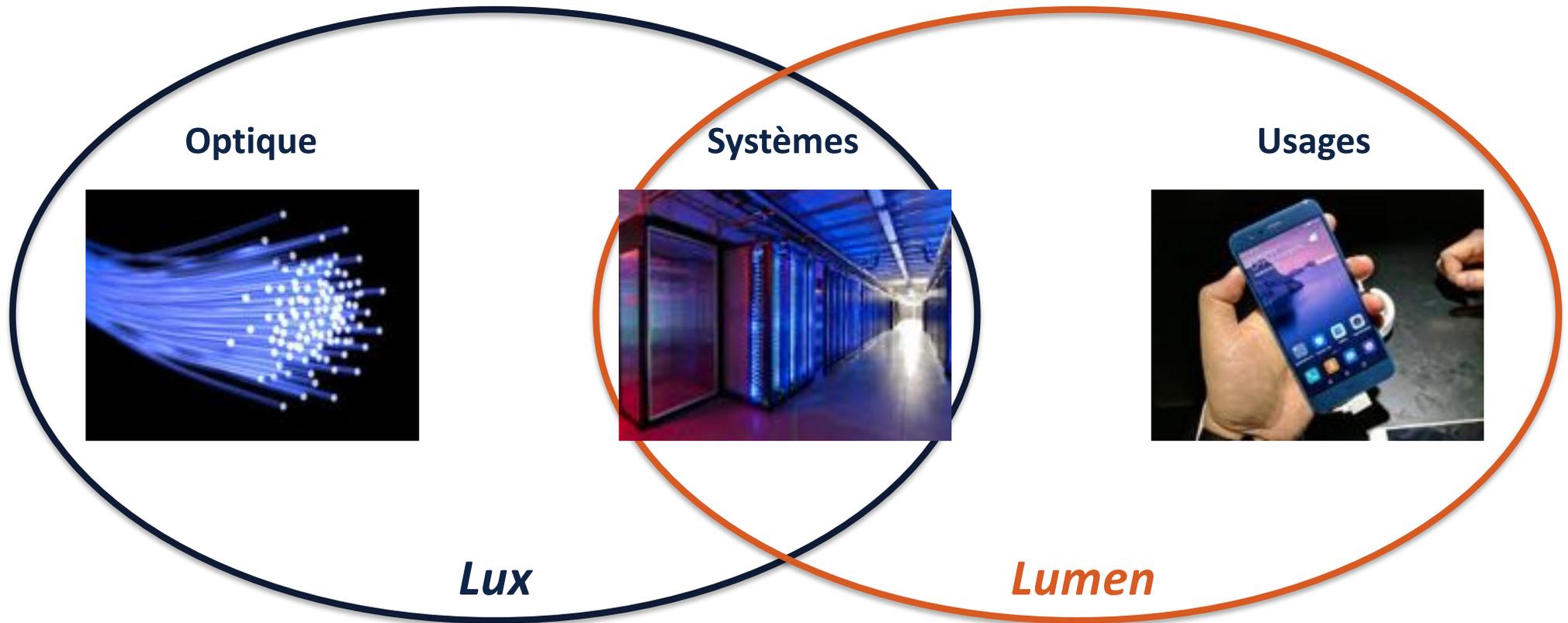


Bordeaux

## Sciences et technologies de la lumière



## Photonique



Deux racines latines pour la "lumière"

**Lux** : terme lié une dimension scientifique et technologique

**Lumen** : terme lié à une dimension humaine et sociétale



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

# Historique du mot photonique

## Fin des années 1970

Terme inventé par Pierre Aigrain pour décrire le champ de recherche qui utilise la lumière en vue d'applications liées à l'électronique (télécommunications, traitement du signal).



## Fin des années 1980

"Photonic" utilisé par les revues/sociétés savantes américaines IEEE Lasers and Electro-Optics Society dans le champ des télécommunications



## Début des années 2000

Terme consacré par l'Europe avec les Key Enabling technologies



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

## Diffusion dans la société : la preuve par les mots

### 20° siècle : l'électronique

électrovanne, électrovalence, électrothérapie, électrothermie, électrotechnique, électrostriction, électrostatique, électroscope, électroradiologie, électropuncture, électropositive, électropuncture, électrophysiologie, électrophotographie, électrophorèse, électrophone, électronique, électron, électromotrice, électroménager, électromécanique, électromagnétisme, électromagnétique, électrolytique, électrolyte, électrolyse, électroluminescence, électrologie, électrogène, électrofaible, électroencéphalogramme, électrodynamomètre, électrodynamique, électrodiagnostic, électrode, électrocution, électrocoagulation, électrochoc, électrochimie, électrocautère, électrocardiographie, électrocardiogramme, électrobiologie, électro-osmose, électro-acoustique

### 21° siècle : la photonique

photoacoustique, photothermique, , photo-élasticimétrie, photo-émission, photo-induit, photo-interprétation, photo-ionisation, photo-isomérisation, photo-organotrophe, photo-oxydation, photo-évaporation, photo-épilation, photovoltaïque, phototypie, phototype, phototropisme, photothérapie, photothèque, photosynthèse, photostyle, photostat, photosphère, photosensible, photopile, photophore, photophobie, photopériodisme, photonique, photon, photomicrographie, photométrie, photomécanique, photomètre, photomacrographie, photolyse, photoluminescence, photolithographie, photogravure, photographie, photogrammétrie, photogénie, photogène, photoélectrique, photoélasticimétrie, photocopieuse, photoconductrice, photocomposition, photochimique, photocellule



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

## Une gamme incroyable d'ordres de grandeur

**Spectre** : 14 ordres de grandeur  
du Hz (largeur spectrale d'un laser monomode) à  $10^{14}$ Hz (fréquence optique)

**Dimensions** : 24 ordres de grandeur  
de la détection des ondes gravitationnelles ( $10^{-18}$  m) à la télémétrie terre-lune ( $384\ 10^6$ m)

**Durée** : 25 ordres de grandeur  
de  $70\ 10^{-18}$  à l'année ( $3\ 10^7$ s)

**Energie** : 25 ordres de grandeur  
de la détection d'un seul photon ( $3\ 10^{-19}$  J) au MJ

**Puissance** : 34 ordres de grandeur  
de 1 photon/s ( $3\ 10^{-19}$ W) à  $10^{15}$ W (petawatt) avec les lasers à impulsions ultrabrèves

---



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

**1997-2018 : prix Nobel liés à la photonique :**

**10 prix Nobel de physique (dont 3 français)**

**2 prix Nobel de chimie**

**Mots clefs des découvertes "Nobelisées" :**

**1997 : Refroidissement d'atomes avec de la lumière**

**1999 : Lasers femtosecondes pour la chimie**

**2000 : Semi-conducteurs pour l'opto-électronique**

**2001 : Condensat de Bose-Einstein**

**2005 : Spectroscopie laser et peigne de fréquence**

**2009 : Communications par fibres optiques et capteurs CCD**

**2012 : Mesure et manipulation de systèmes quantiques**

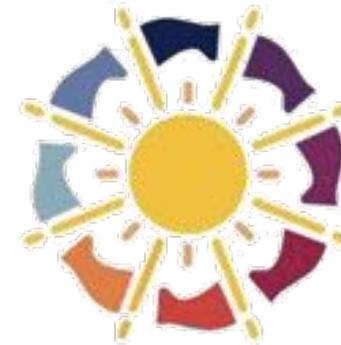
**2014 : LED bleues**

**2014 : Microscopie de fluorescence à haute résolution**

**2017 : Détection des ondes gravitationnelles**

**2018 : Génération d'impulsions optiques ultra-courtes et de haute intensité**

**Pinces optiques et leur application aux systèmes biologiques**



INTERNATIONAL  
YEAR OF LIGHT  
2015



Paris-Saclay

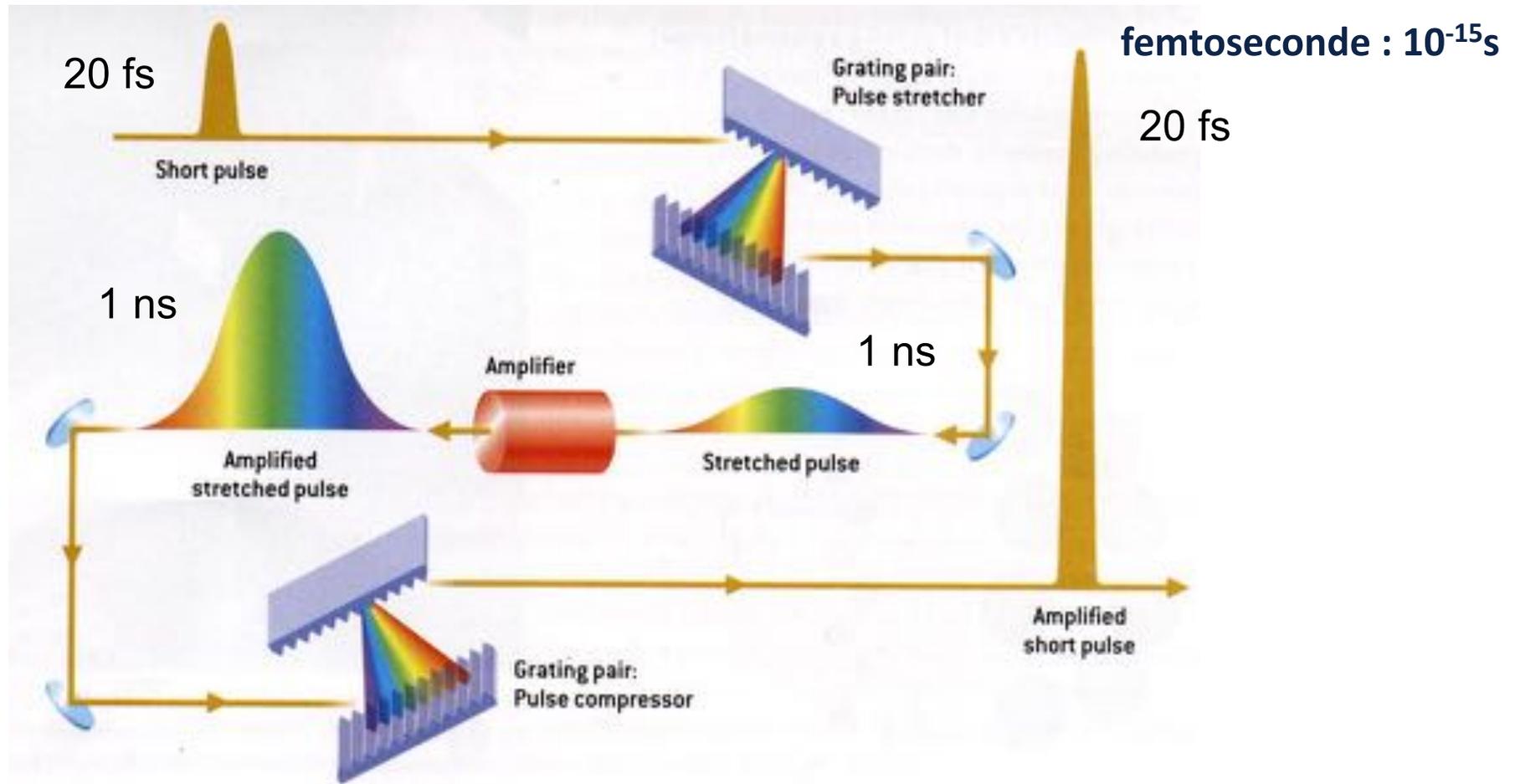


Saint-Étienne



Bordeaux

## Gérard Mourou : Les lasers femtosecondes récompensés



Une technique pour amplifier les impulsions lumineuses sans détruire les optiques  
(amplification à dérive de fréquence)



Paris-Saclay



Saint- tienne

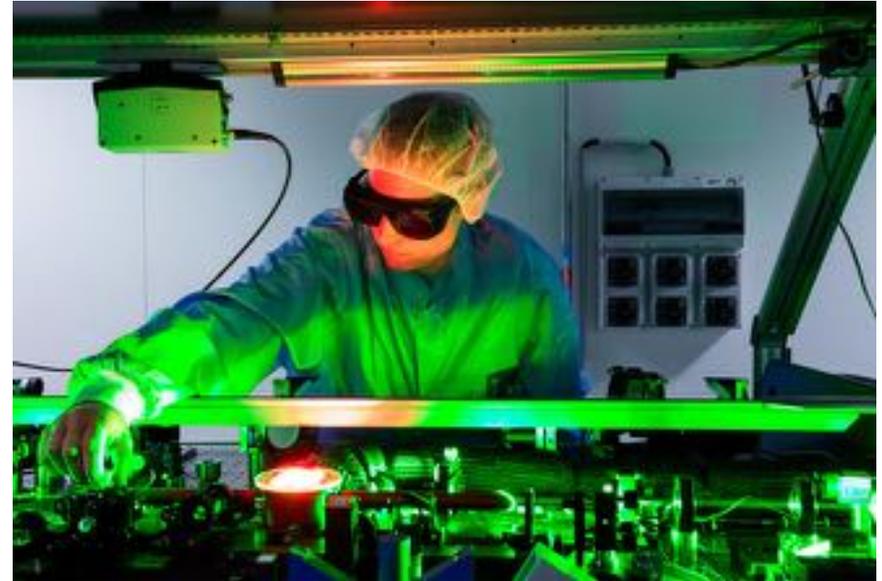


Bordeaux

## Gérard Mourou : Les lasers femtosecondes récompensés

### Recherche : forte présence des français

- Un  v nement de recherche en 1988 : le "T<sup>3</sup>" table top terawatt laser (Patrick Maine promo 84)
- 40 publications des ingénieurs SupOptique avec G.Mourou
- Laser Apollon 10 petawatts ( $10 \cdot 10^{15} \text{W}$ ) (LOA, LULI, LCF à l'Institut d'Optique, CEA) un des lasers les plus puissants au monde



## Industrie : des leaders mondiaux cr s et pilotés par des ingénieurs SupOptique



Gilles Riboulet (promo 79)

Franck Leibreich (promo 86)  
Laser Solution Managing Director



Eric Mottay (promo 86)

**THALES**



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

## A quoi sert un laser femtoseconde?

### Repousser les limites de la Physique : accélération de particules

**Possibilité de génération de matière à partir du vide**

génération de paires e- e+

actuellement en projet :  $2 \cdot 10^{24} \text{W/cm}^2$  accessible

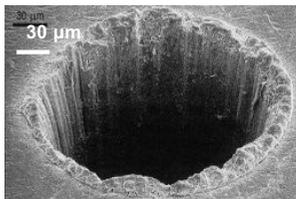
Génération de paire probable à partir de  $10^{25} \text{W/cm}^2$



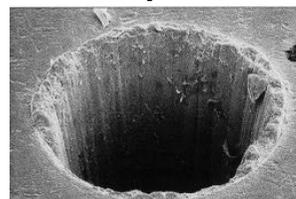
### Micro usinage athermique ou chirurgie réfractive

**Trous dans un acier inoxydable d'épaisseur 200  $\mu\text{m}$**

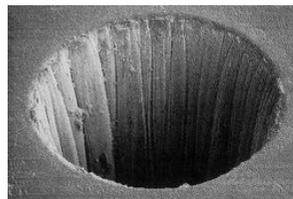
10 ps



1 ps



150 fs



*Stent pour l'élargissement des artères*



*Découpe du volet cornéen par laser fs*



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

# Le smartphone est "photonique"

Plus de 40 étapes de production utilisent des lasers



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

# La photonique

au coeur des transformations du monde



Avènement du pape  
Benoit XVI

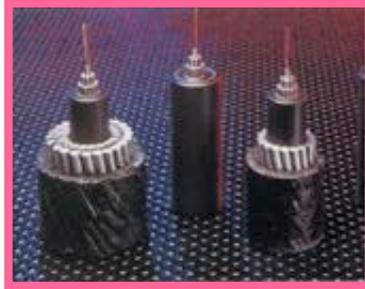


Avènement du pape  
François



# Communications par fibres

## Le réseau mondial sous-marin de câbles de fibres optiques



**80% des communications à longue distance dans le monde  
le sont grâce au réseau de fibres optiques  
1,5 milliard de km de fibres installées au monde!**

**Sébastien Bigo (promo 92) Nokia Bell Labs :  
inventeur des protocoles de communication par fibres optique**



Paris-Saclay

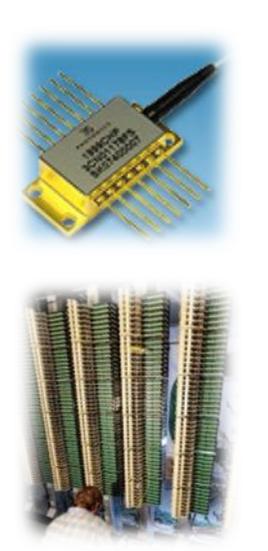


Saint-Étienne



Bordeaux

# A quoi sert la photonique?

Fonctions	Aquérir de l'information	Transmettre de l'information	Délivrer de l'information	Eclairer	Apporter de l'énergie	Produire
Types de systèmes	Capteurs et imageurs	systèmes de communication	Ecrans, projecteurs...	LED, éclairage	Photo-voltaïque	Lasers
Exemples						



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

# Traitement des matériaux (manufacturing)



Un laser de forte puissance peut découper une tôle d'acier de 8 cm!



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

# Usinage laser industriel



Paris-Saclay



Sa

# Des phares intelligents



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

# Affichage de l'information

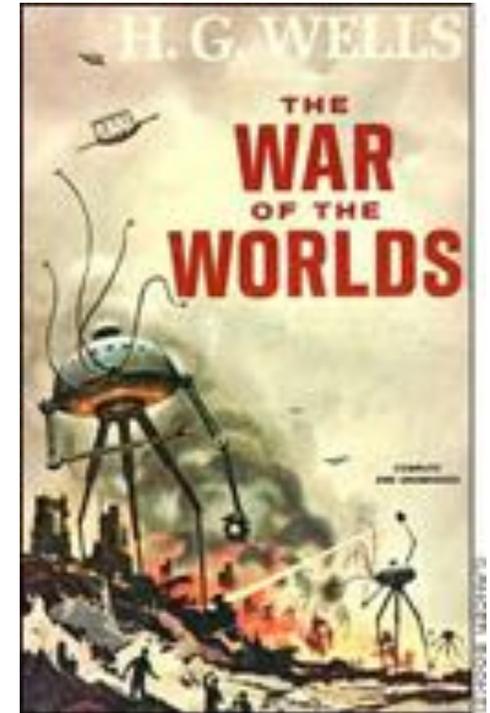
augmented reality  
virtual reality  
displays



### Une technologie "capacitante"

qui rend possible les applications "rêvées" aux 19<sup>e</sup>-20<sup>e</sup> siècles  
La photonique permet de faire de nouveaux systèmes  
"intelligents"

HG Wells "The War of the Worlds" 1898



### Une technologie "diffusante"

Tous les appareils high tech aujourd'hui contiennent de la photonique  
Une même technologie photonique se retrouve dans différentes applications  
Un système donné utilise en général plusieurs technologies photoniques



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

## Technologie "capacitante"

Technologie "diffusante"

Applications	Fonctions					
	Aquérir de l'information	Transmettre de l'information	Délivrer de l'information	Eclairer	Apporter de l'énergie	Produire
<u>Santé, domaine du vivant</u> Médecine, pharmacie, nourriture, agriculture						
<u>Défense et spatial</u> Défense, sécurité, aéronautique, espace						
<u>Télécommunications</u> Réseaux, data centers						
<u>Infrastructures</u> Bâtiments, transports terrestres, gestion de l'eau						
<u>Industrie</u> Production de biens, robots, contrôles de processus, logistique, électronique, chimie						
<u>Grand public</u> Automobiles, ordinateurs, smartphones, impressions publications, spectacles						
<u>Sciences</u> Gd instruments, équipements de laboratoires, formation						
<u>Energie</u> Extraction pétrolière, éolien, photovoltaïque						

## Technologie "capacitante"

Technologie "diffusante"

Applications	Fonctions					
	Aquérir de l'information	Transmettre de l'information	Délivrer de l'information	Eclairer	Apporter de l'énergie	Produire
<u>Santé, domaine du vivant</u> Médecine, pharmacie, nourriture, agriculture	Capteurs Imageurs		LED	LED		
<u>Défense et spatial</u> Défense, sécurité, aéronautique, espace	Capteurs Imageurs		LED	LED		
<u>Télécommunications</u> Réseaux, data centers			LED			
<u>Infrastructures</u> Bâtiments, transports terrestres, gestion de l'eau	Capteurs Imageurs		LED	LED		
<u>Industrie</u> Production de biens, robots, contrôles de processus, logistique, électronique, chimie	Capteurs Imageurs		LED	LED		
<u>Grand public</u> Automobiles, ordinateurs, smartphones, impressions publications, spectacles	Capteurs Imageurs		LED	LED		
<u>Sciences</u> Gd instruments, équipements de laboratoires, formation	Capteurs Imageurs		LED			
<u>Energie</u> Extraction pétrolière, éolien, photovoltaïque	Capteurs		LED		Imageurs	

## Technologie "capacitante"

Technologie "diffusante"

Applications	Fonctions					
	Aquérir de l'information	Transmettre de l'information	Délivrer de l'information	Eclairer	Apporter de l'énergie	Produire
<u>Santé, domaine du vivant</u> Médecine, pharmacie, nourriture, agriculture		Fibres optiques			Fibres optiques	
<u>Défense et spatial</u> Défense, sécurité, aéronautique, espace		Fibres optiques				
<u>Télécommunications</u> Réseaux, data centers		Fibres optiques				
<u>Infrastructures</u> Bâtiments, transports terrestres, gestion de l'eau	Fibres optiques			Fibres optiques		
<u>Industrie</u> Production de biens, robots, contrôles de processus, logistique, électronique, chimie					Fibres optiques	
<u>Grand public</u> Automobiles, ordinateurs, smartphones, impressions publications, spectacles				Fibres optiques		
<u>Sciences</u> Gd instruments, équipements de laboratoires, formation	Fibres optiques					
<u>Energie</u> Extraction pétrolière, éolien, photovoltaïque	Fibres optiques					

## Technologie "capacitante"

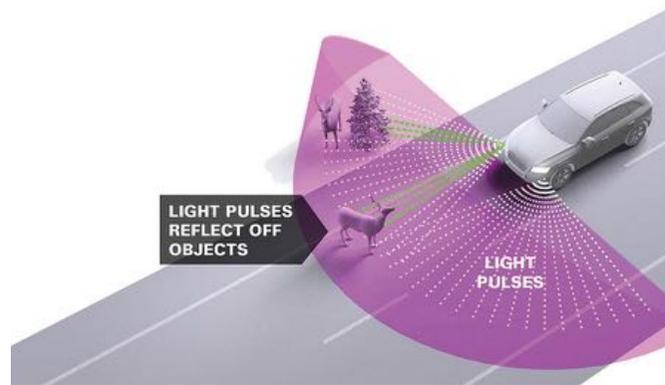
Technologie "diffusante"

Applications	Fonctions					
	Aquérir de l'information	Transmettre de l'information	Délivrer de l'information	Eclairer	Apporter de l'énergie	Produire
<u>Santé, domaine du vivant</u> Médecine, pharmacie, nourriture, agriculture	Laser			Laser		Laser
<u>Défense et spatial</u> Défense, sécurité, aéronautique, espace	Laser	Laser		Laser	Laser (drones)	
<u>Télécommunications</u> Réseaux, data centers		Laser				
<u>Infrastructures</u> Bâtiments, transports terrestres, gestion de l'eau	Laser					
<u>Industrie</u> Production de biens, robots, contrôles de processus, logistique, électronique, chimie						Laser
<u>Grand public</u> Automobiles, ordinateurs, smartphones, impressions publications, spectacles			Laser	Laser		Laser
<u>Sciences</u> Gd instruments, équipements de laboratoires, formation	Laser					
<u>Energie</u> Extraction pétrolière, éolien, photovoltaïque	Laser					Laser

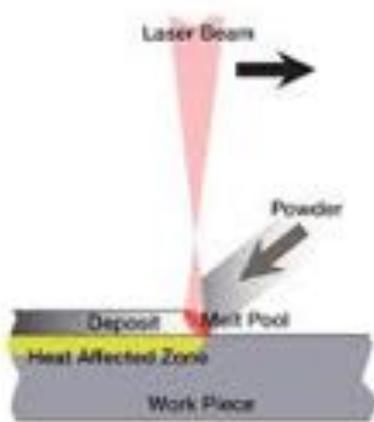
# Application gd public à court terme

Air sterilization for air conditioners with UV LEDs

LiDAR for robots and autonomous cars



3D printing with lasers



Saint-Étienne



"triggered by photonics"

## Révolutions numériques

### Economie du partage

Smartphone + internet



### Révolution cognitive



## Révolution énergétique

LED + solar cells



Consumption of the digital world

## Innovation frugale

low cost photonic components driven by mass market



ux

# Consommation du monde numérique

**1500 TWh (térawatts/heure) annuels en 2013.**

Soit la production combinée de l'Allemagne et du Japon !

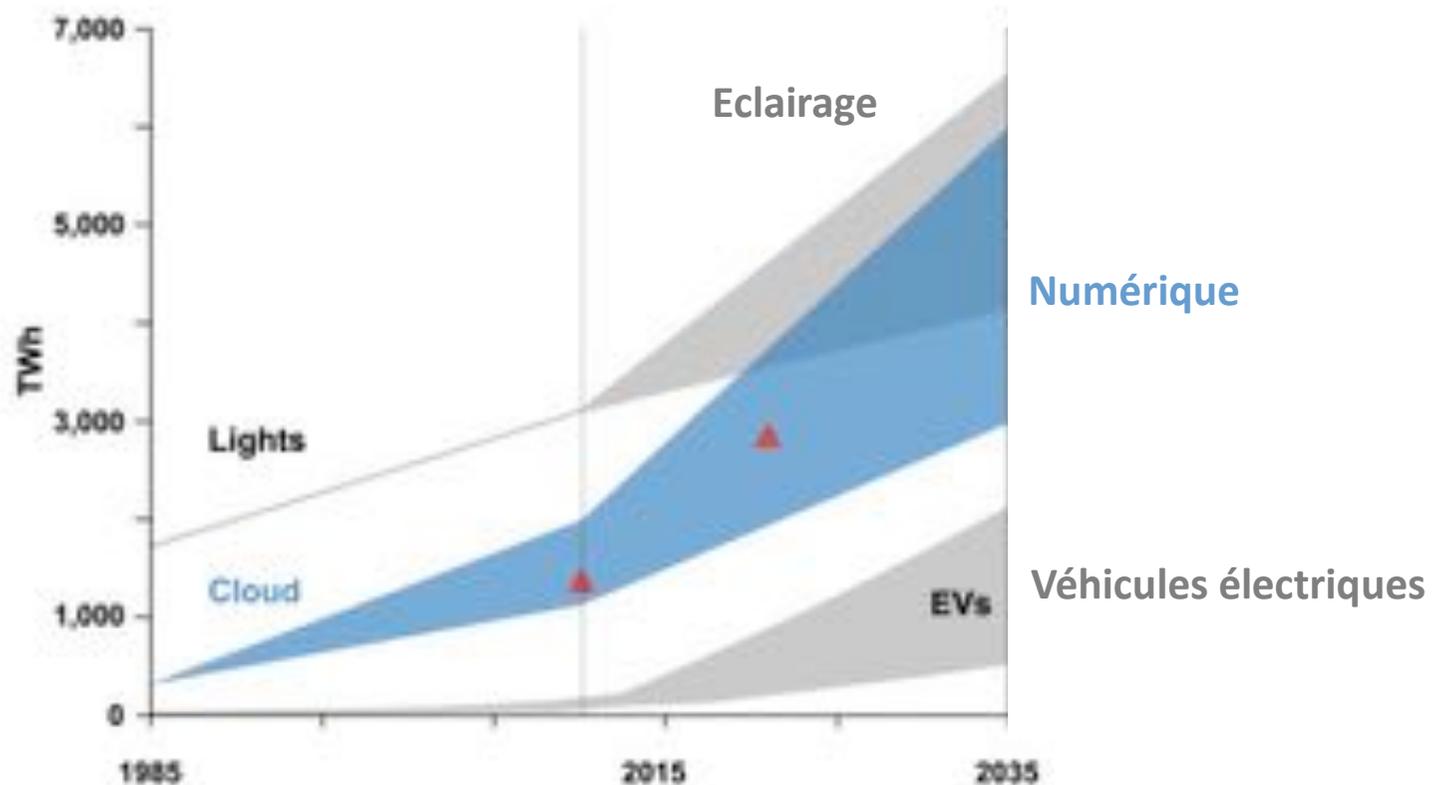
## Les enjeux

5Mds d'objets connectés à 80Mds dans quelques années

70% des informations mondiales créées ces 2 dernières années. Prédiction : \*50 en 10 ans



MEMO : Puissance d'une tranche  
d'une centrale nucléaire ≈ 0,8 GW  
(soit 7 TWh par an)



Remplacer les connections électriques par des connections optiques

Enjeux :

diviser la consommation par 10 à 100

augmenter les débits de plusieurs ordres de grandeur

## Les progrès de la photonique

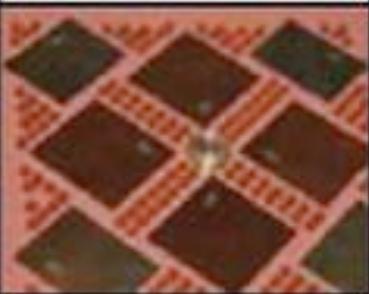
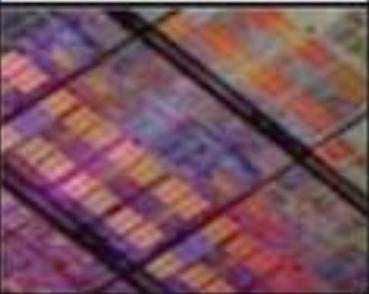
Réseaux  
longue et  
moyenne  
distance

Réseaux  
locaux

Liaisons entre  
racks  
informatiques

Liaisons entre  
processeurs

Liaisons sur  
les puces

				
Multi-km	10 – 300 m	0.3 – 10 m	0.01 – 0.3 m	<2 cm

Depuis 1980

Depuis 1990

Depuis 2010

Aujourd'hui et demain



Paris-Saclay



Saint-Étienne

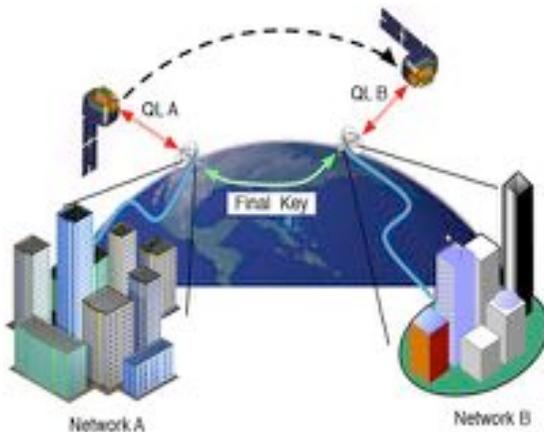


Bordeaux

## Les communications quantiques

2016 : liaison totalement sécurisée  
Pékin Shanghai 2000 km

Communications quantiques par  
satellites



Paris-Saclay



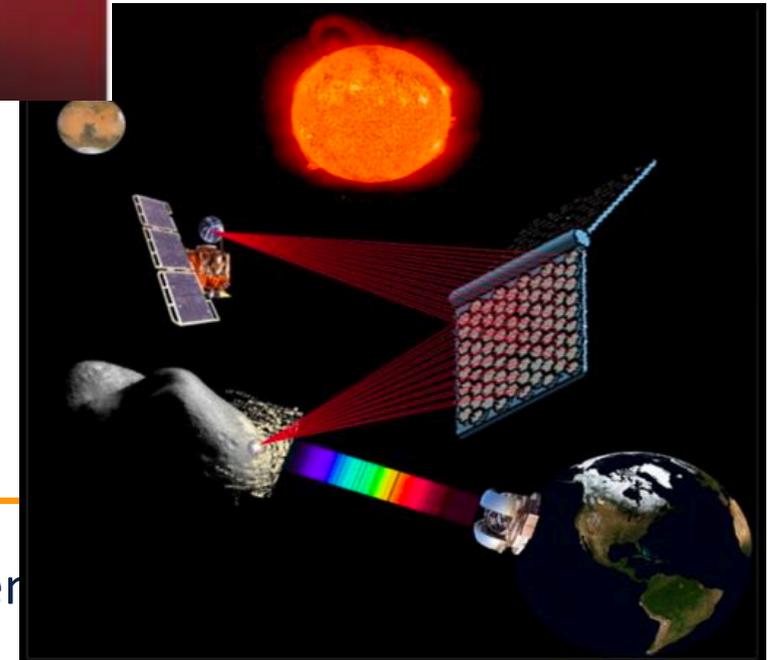
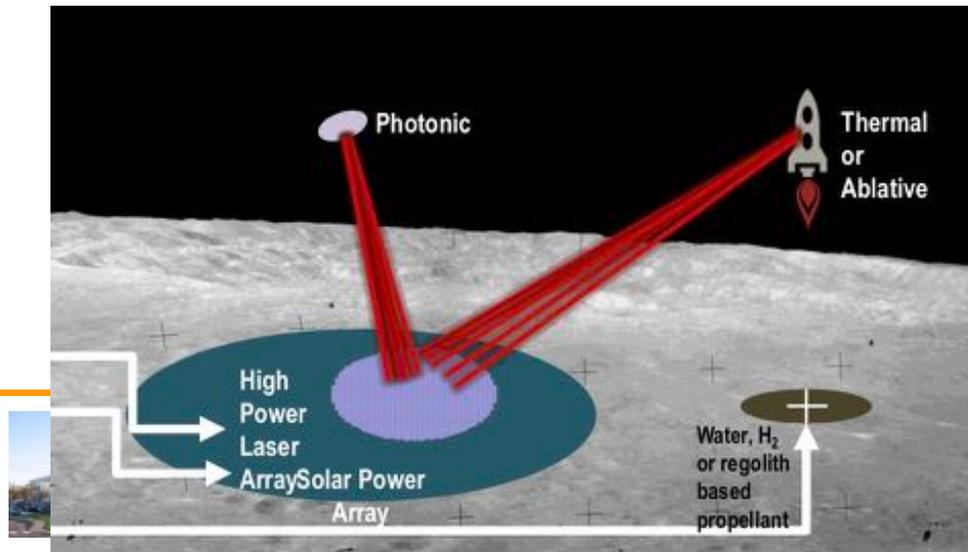
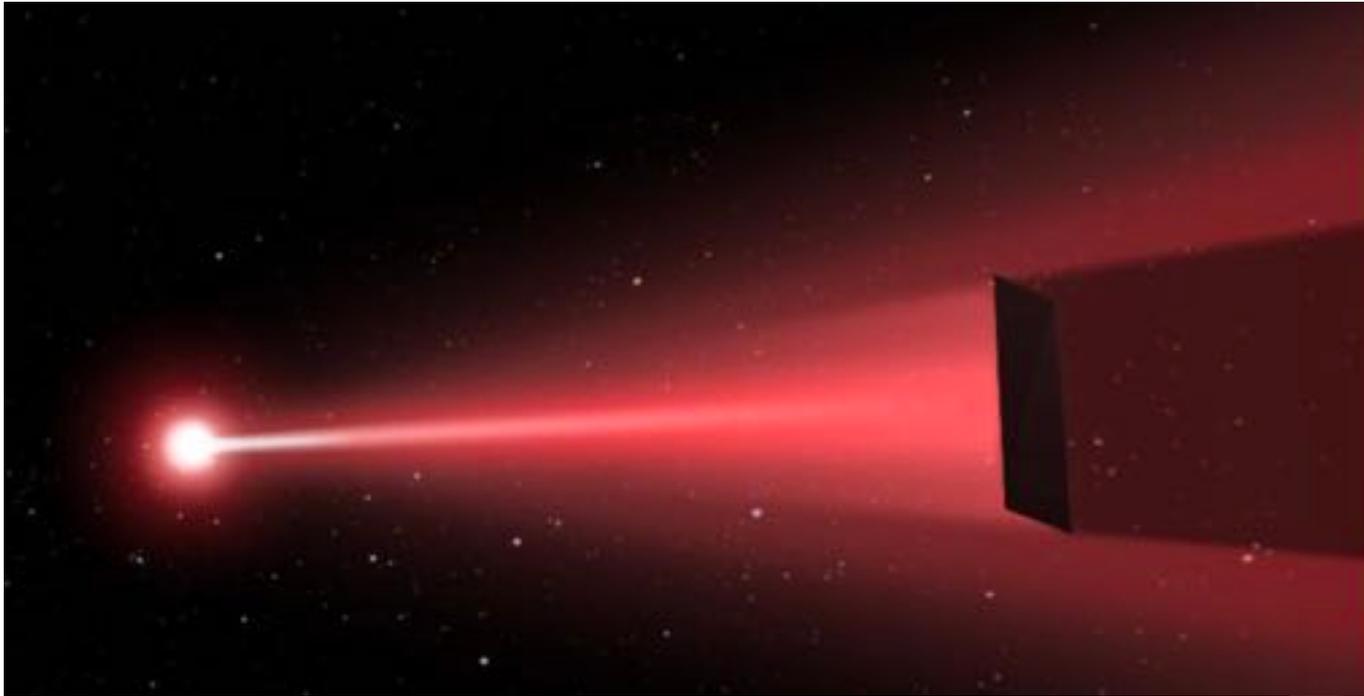
Saint-Étienne



Bordeaux

# La photonique du futur

## La propulsion spatiale par laser



Saint-Étier

- L'Institut d'Optique
- Les ingénieurs SupOptique
- La photonique
- La formation d'ingénieur



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

# La formation d'ingénieur

## éléments caractéristiques

**3 grandes filières :**

- **Filière par l'apprentissage**
- **Filière Innovation-Entrepreneurs**
- **Filière classique**

**Mais aussi : Filière biomédicale, Filière cognitive, Filière design**

**Et des doubles diplômes (DD) :**

- **1/3 des élèves fait un DD en Licence 3 (maths, physique fondamentale)**
- **1/3 fait un DD en Master 1**
- **1/2 fait un DD en Master 2/université étrangère/école d'ingénieur (ESPCI, HEC Paris, Sciences Po Paris)**



Paris-Saclay



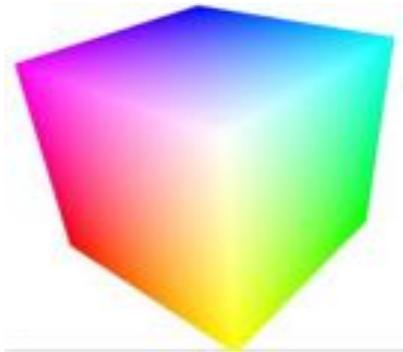
Saint-Étienne



Bordeaux

150 postes d'expériences scientifiques, dont 80 différents

Spectre très large : de la mécanique quantique à l'électronique embarquée



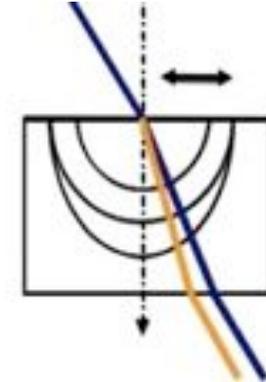
Photométrie



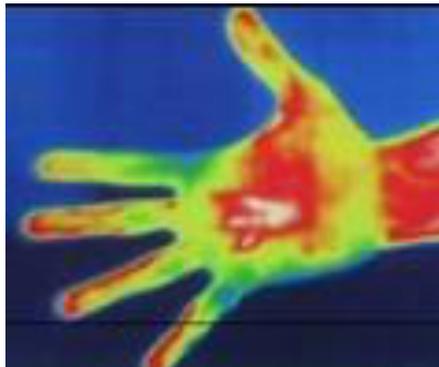
Lasers



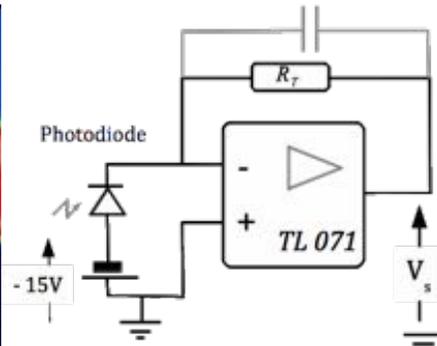
Fibres



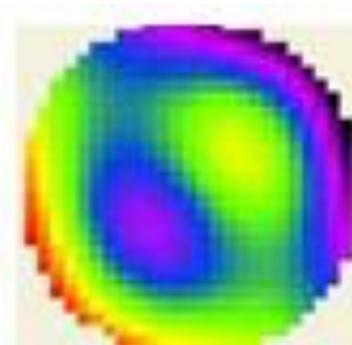
Polarisation



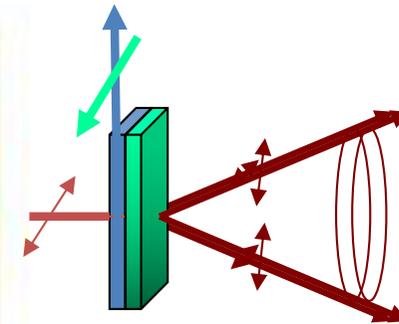
Infrarouge



Electronique



Syst optiques



Optique quantique



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

## CFA SupOptique

### Un cursus sur mesure

Statut salarié

Rythme optimisé d'alternance école / entreprise

Encadrement individualisé

Vaste choix de secteurs professionnels

Intégration au monde de l'entreprise

### Haute valeur ajoutée professionnelle

Un accélérateur de carrière

Une très bonne reconnaissance par les recruteurs

Des salaires plus élevés à la sortie

Une excellente satisfaction métier pour les diplômés



20-25 apprentis dans chaque promotion



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

## UN MODÈLE UNIQUE

18 entreprises créées par des élèves

116 prix depuis 2008

Un enseignement sur mesure

Des réussites éblouissantes

Des profils recherchés par les employeur



## DES ENVIRONNEMENTS DE TRAVAIL EXCEPTIONNELS

11 000 m<sup>2</sup> dédiés

Des centres entrepreneuriaux et d'innovation

Deux FabLabs

35 entreprises hébergées participent à la formation

Coaching technologique et entrepreneurial sur mesure



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux



magnalucis  
lumières sur l'art

Oeuvre SolarWind,  
Périphérique porte d'Ivry, vue par 1 million de personnes par jour



Paris-Saclay



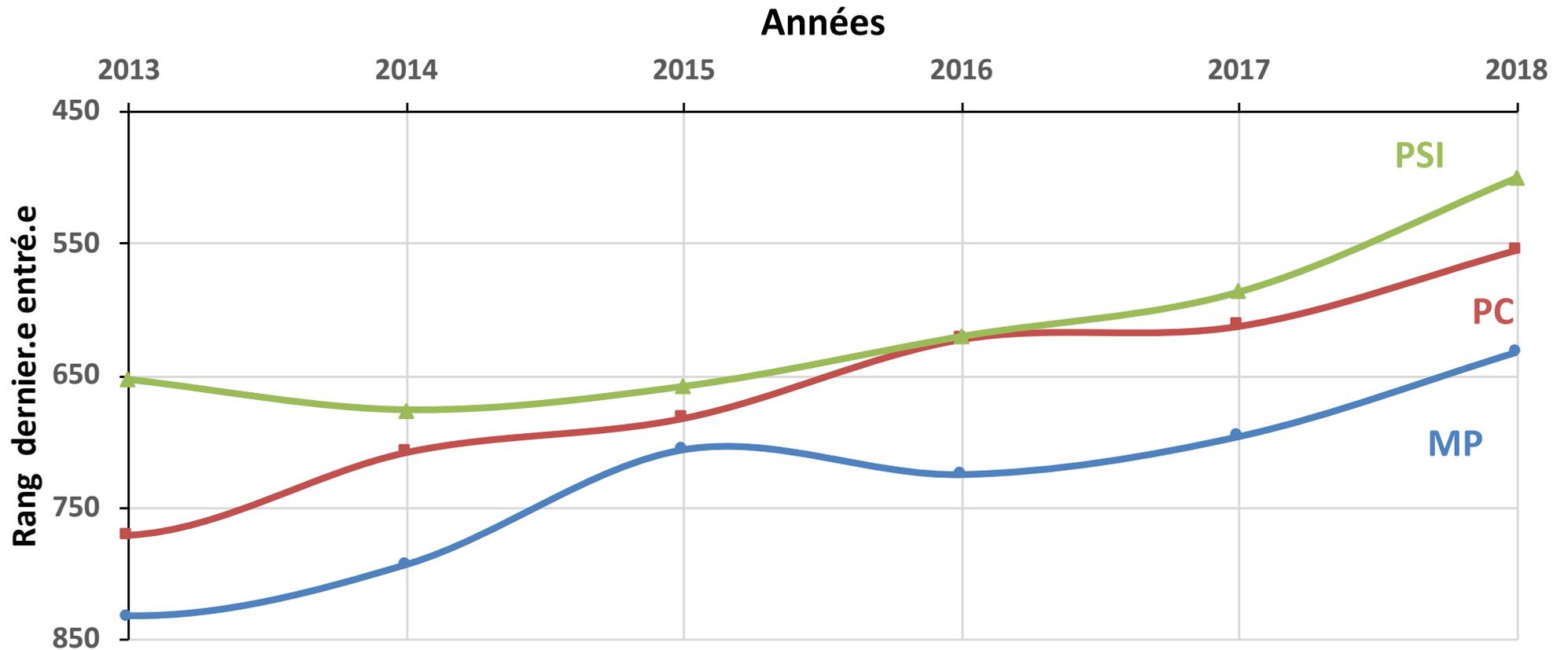
Saint-Étienne



Bordeaux

# Les résultats du concours

## Une école qui monte!



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux