



Draka



Verres avancés

pour les fibres laser et amplificateur

E. Burov, C.Gonnet, A. Pastouret et A. Bergonzo

Draka, Site Data 4, Route de Nozay, 91460 Marcoussis



Draka

Qui est Draka?

Description du groupe Draka

- Un leader mondial pour la fibre optique, les câbles, les produits de connectivité, les solutions de câblage et les services d'ingénierie pour infrastructures de réseaux
- Présence mondiale
- Intégration locale
- Environ 9.500 employés
- Siège basé à Amsterdam
- Quoté à la bourse Euronext à Amsterdam depuis 1991

Résultats clés en 2008

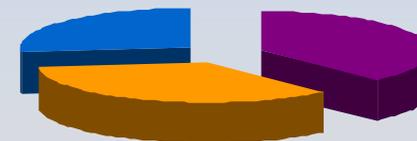
- Chiffre d'affaires : env. € 2.7 milliards d'Euros
- Résultat net avant impôt : env. 133 millions d'Euros
- Résultat net : 69 millions d'Euros

COMMUNICATIONS

27%

ENERGIE &
INFRASTRUCTURE

38%



INDUSTRIE &
SPECIALITES

35%



Draka

Portefeuille Fibre et Technologie

Fibres Monomodes(2 Modial)

- Access Fiber / Ultra Long Haul
- Leading-edge Standard Single-mode Fiber
- BendBright® et BendBright-XS / TeraLight™ et NZDSF-LA/RS

Fibres Multimodes (1 Modial)

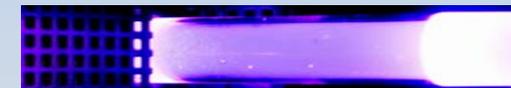
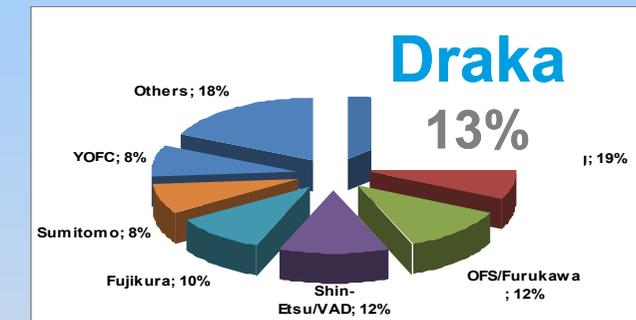
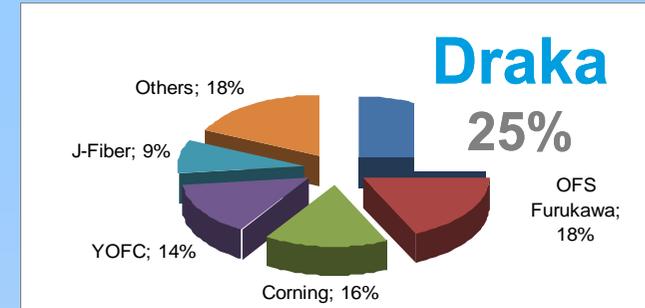
- Ethernet / 10Gb
- Fibres Standard 50µm/62.5µm / MaxCap™

DrakaElite™: Fibres Spéciales

- All key building blocks pour environment extreme
- Portefeuille complet de fibres customisées
 - Radiation, haute temperature, ultra bend-insensitive, dispersion compensation, Erbium and rare-earth doped...

Backed by Advanced Process Technology

- PCVD / APVD, ColorLock-XS, best-in-class PMD
- Plus de 700 brevets fibre



PCVD

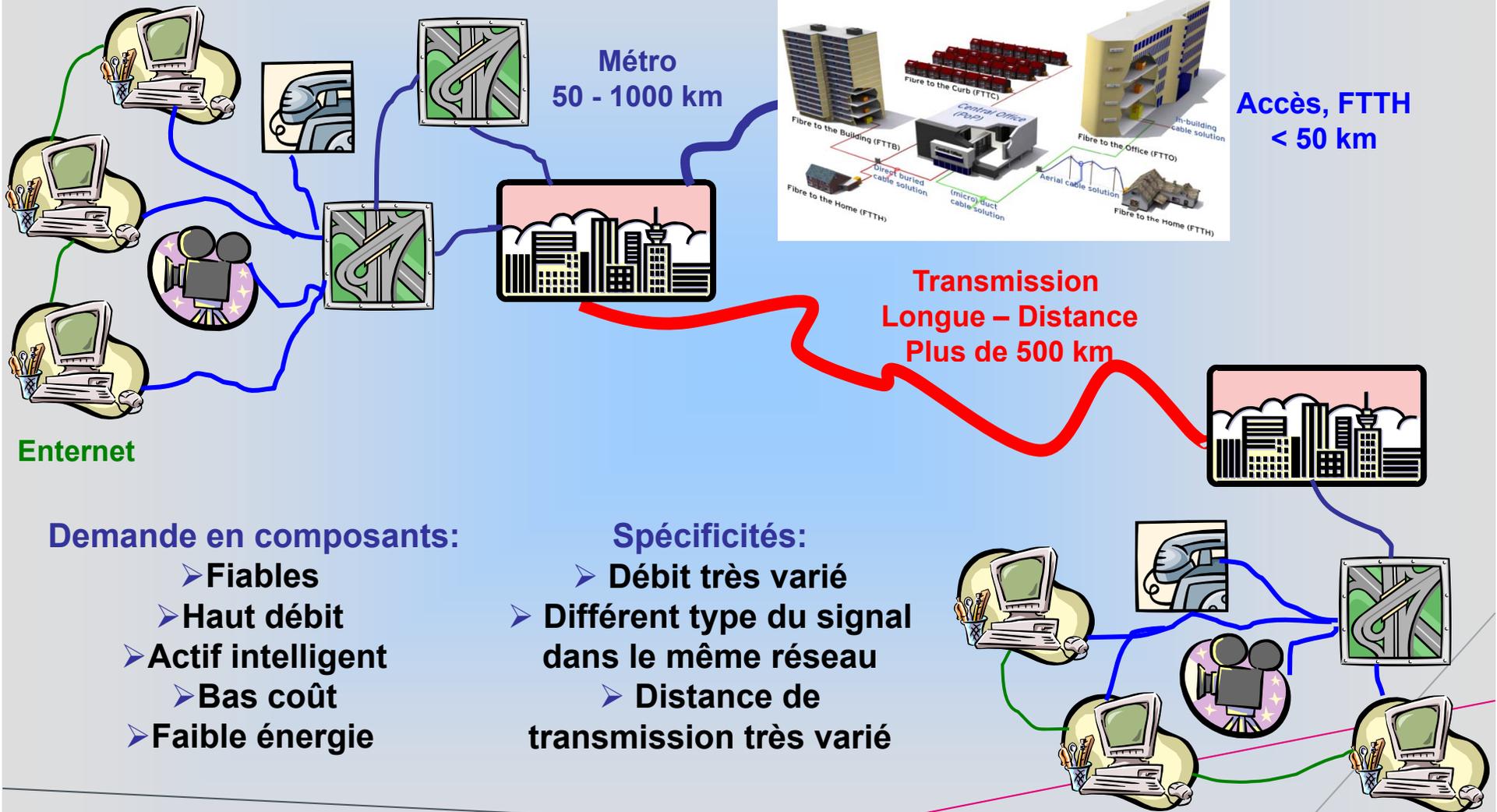


APVD



Draka

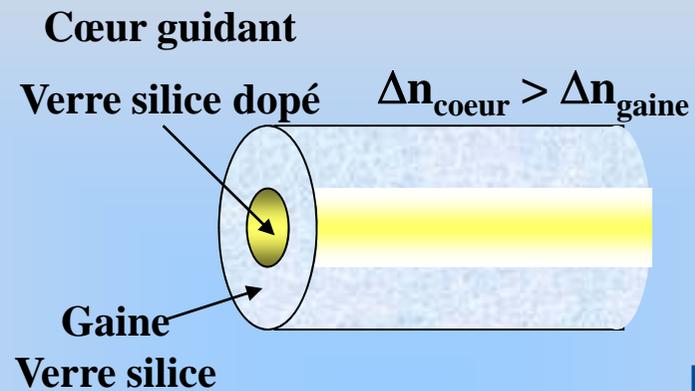
Spécificités du réseau Télécoms



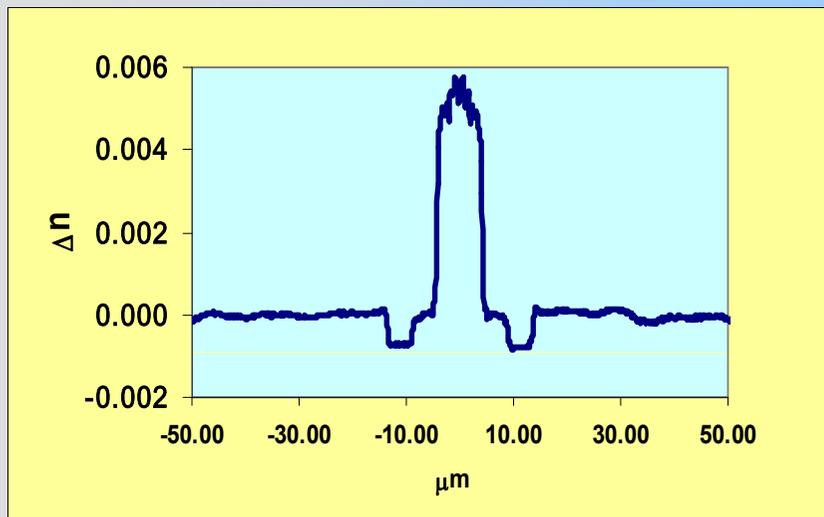


Draka

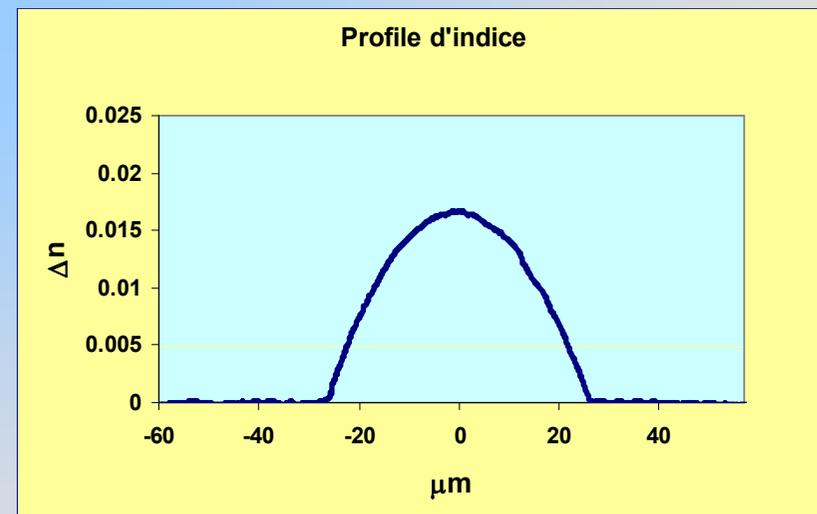
Fibre de transmission



Fibre monomode



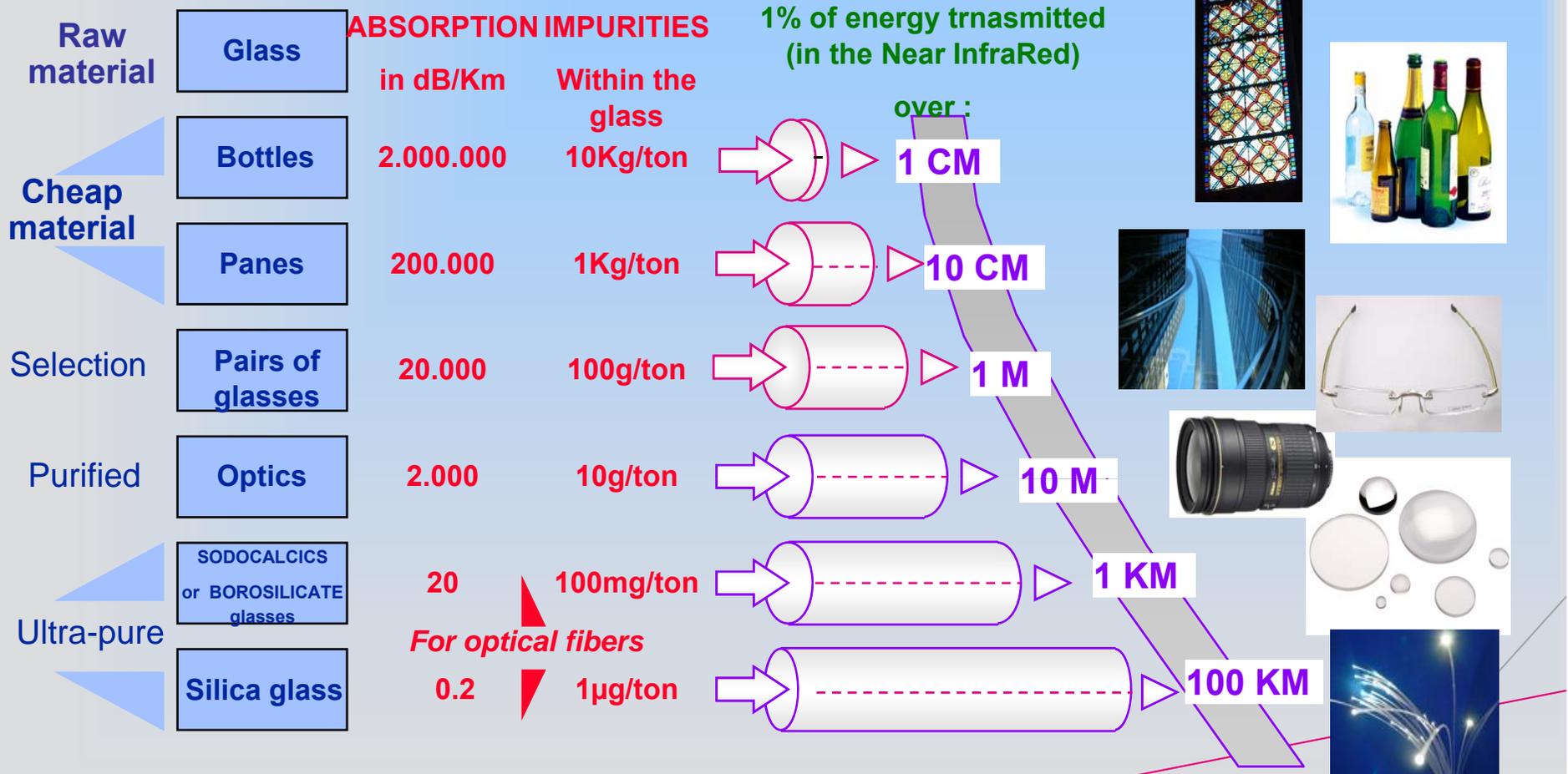
Fibre multimode





Draka

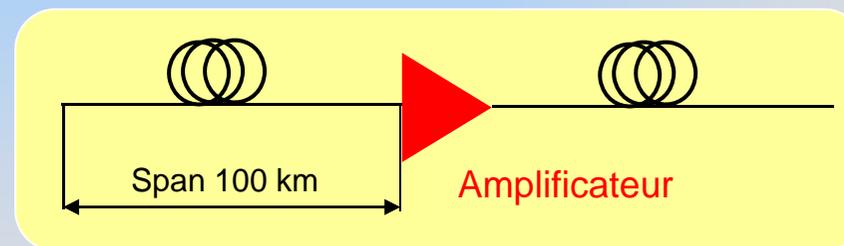
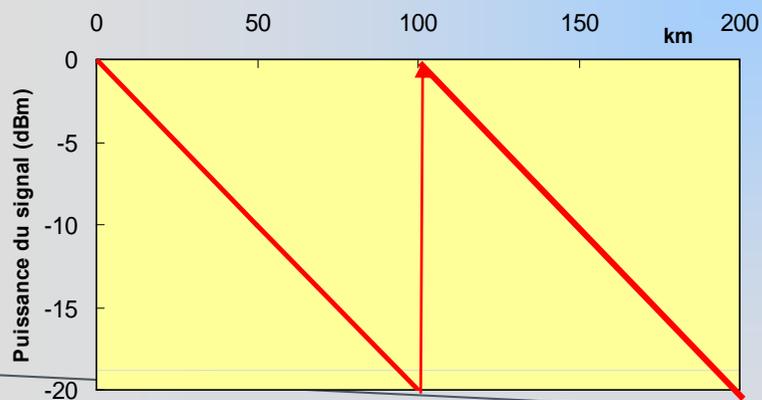
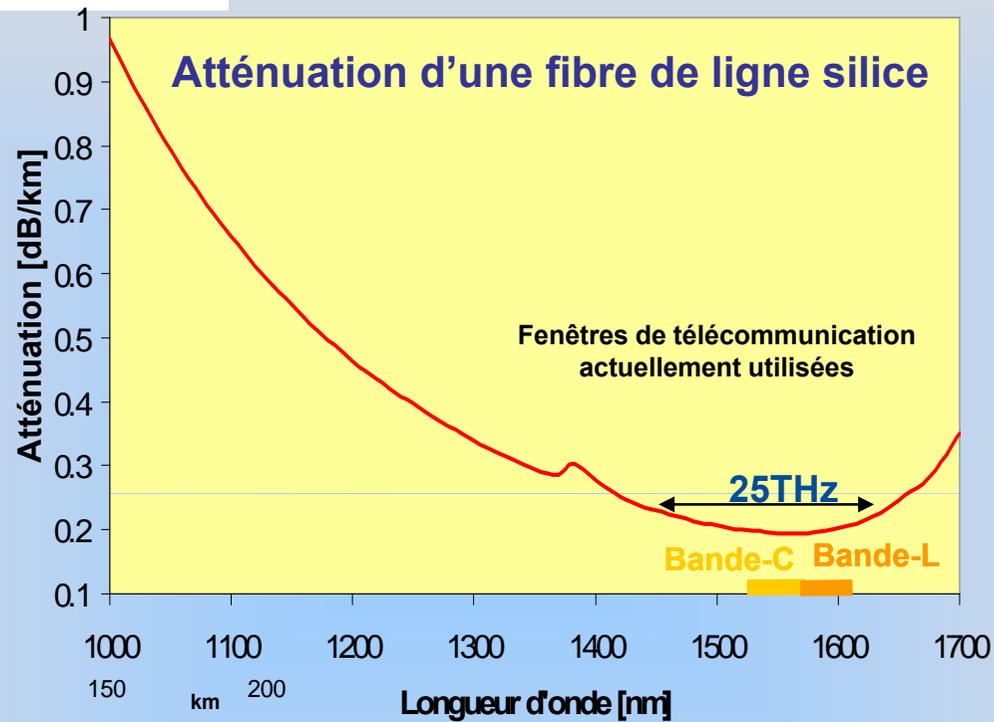
Fibre de transmission

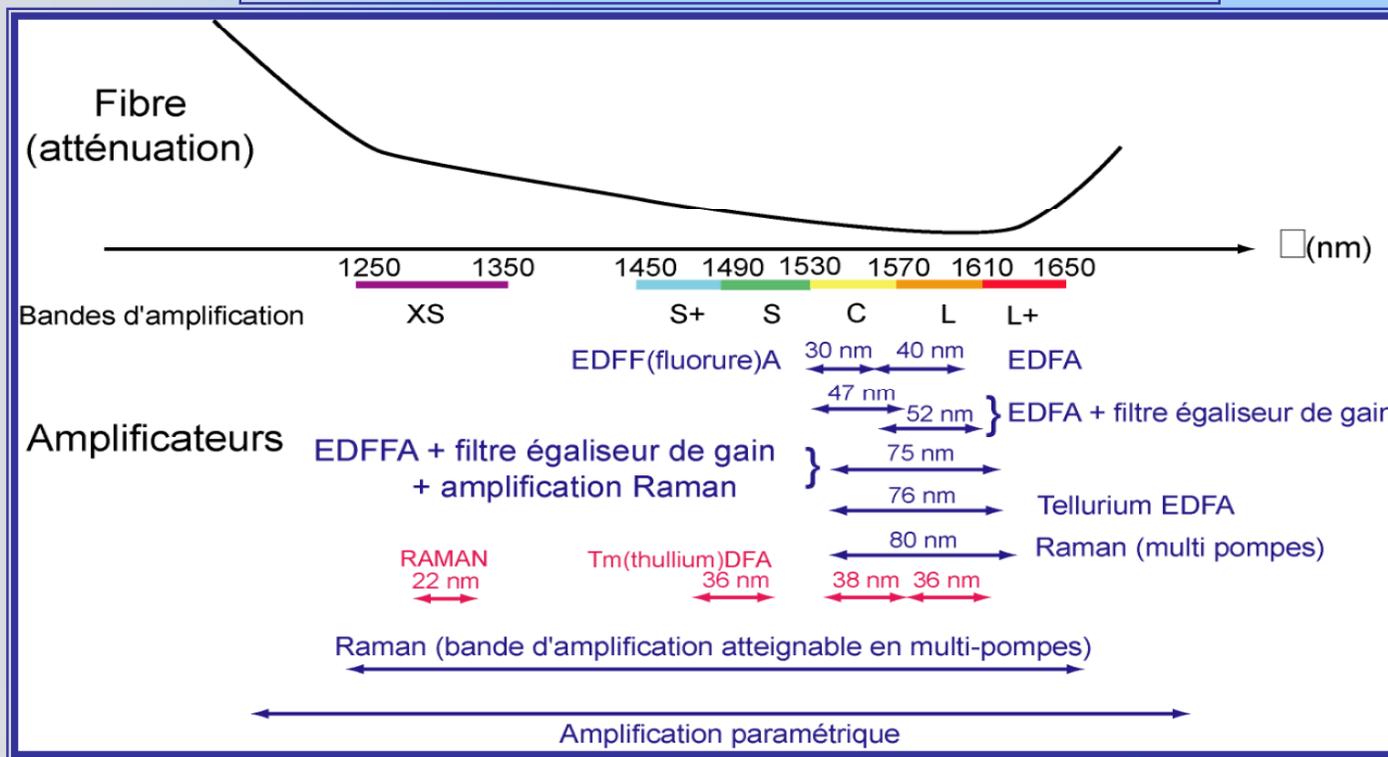
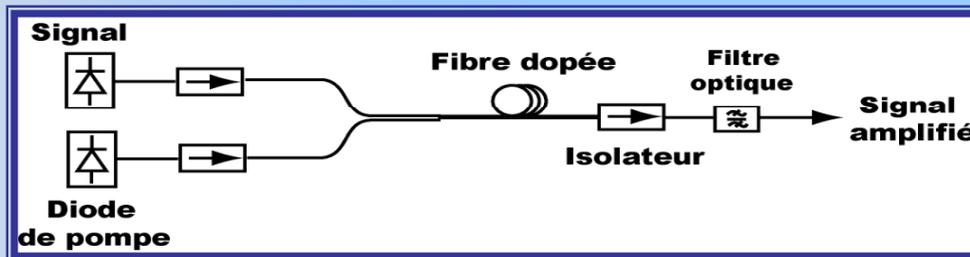




Draka

Pourquoi amplifier le signal?

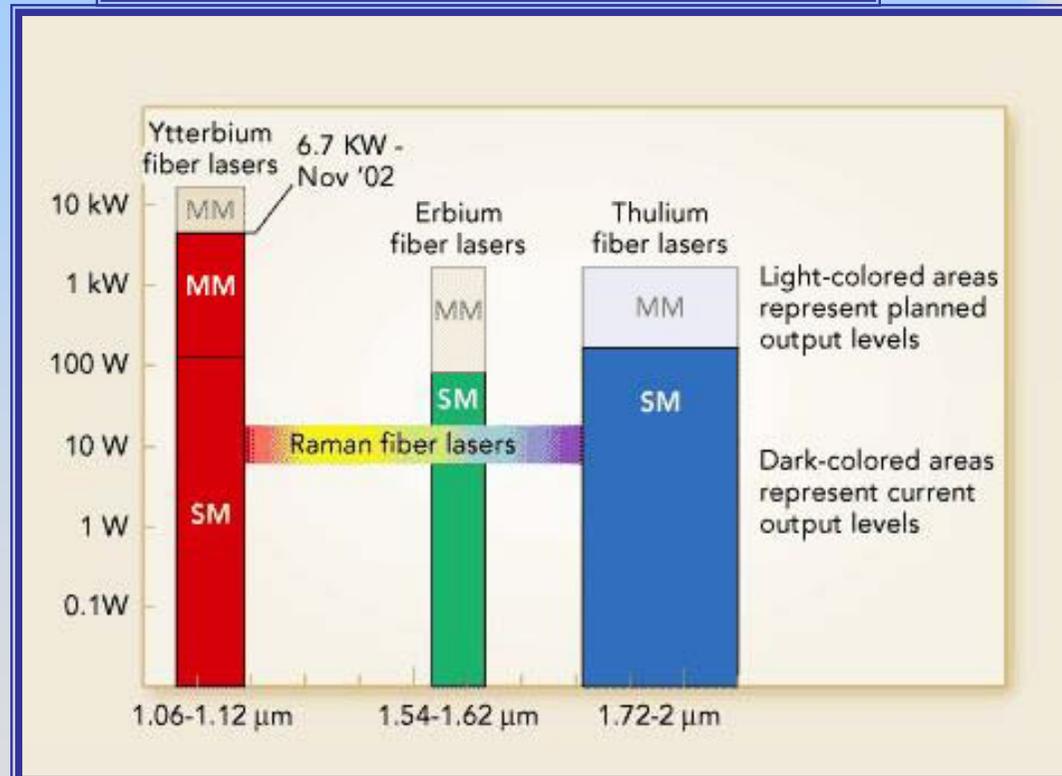
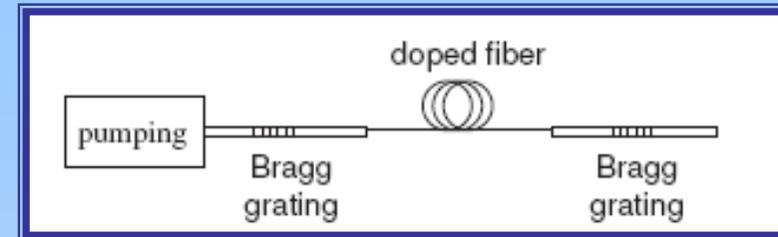




Nouvelle alternative aux sources lasers YAG ou YLF classiques:

- ⇒ Plus fiables
- ⇒ Compacité
- ⇒ Efficacité élevée en termes d'émission et de consommation d'énergie
- ⇒ Refroidi par air
- ⇒ Durée de vie élevée des diodes de pompes
- ⇒ Qualité élevée du faisceau
- ⇒ Coûts de maintenance réduits

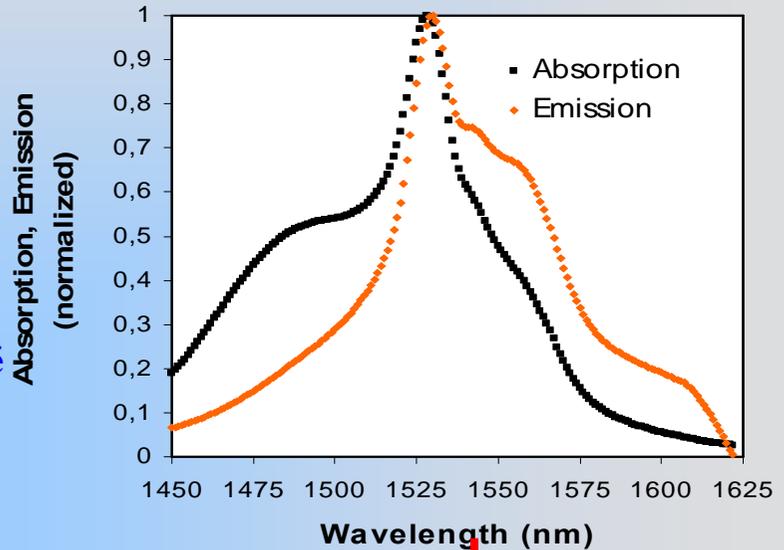
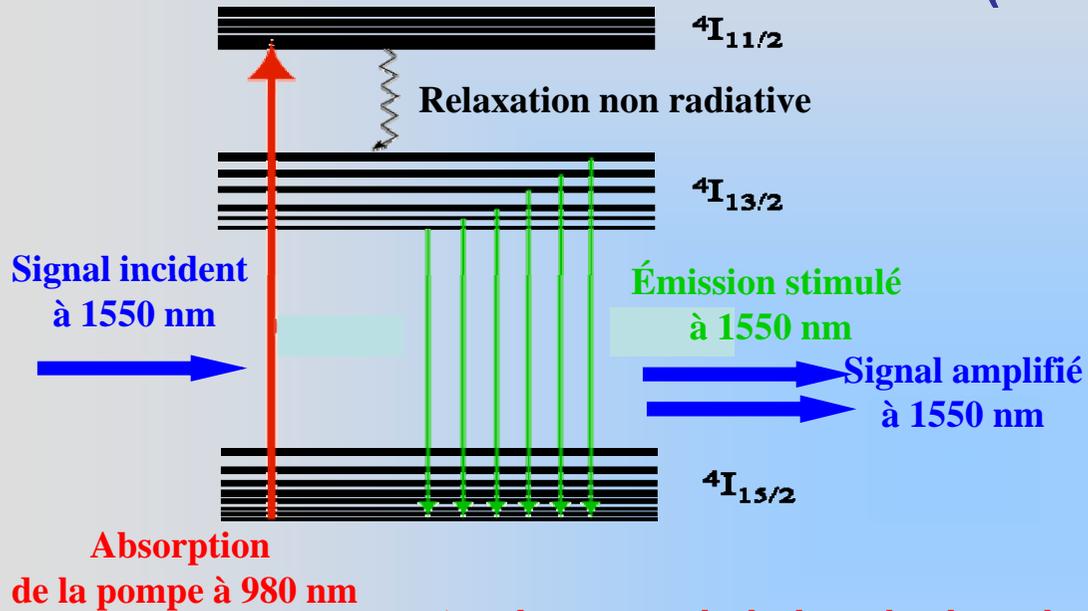
Principales applications : Pompage optique, Détection, Marquage, Gravure, Micro usinage, Spectroscopie, Pincettes optiques.





Draka

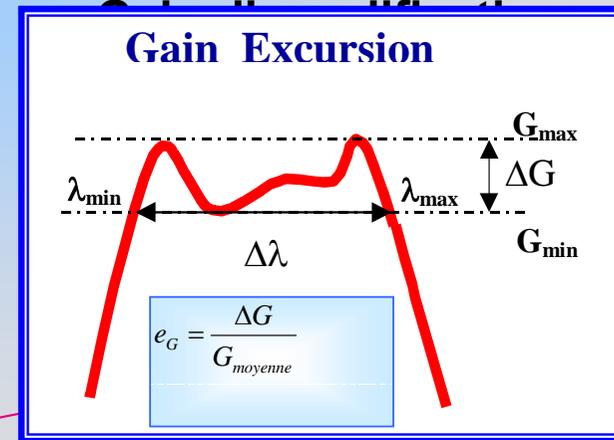
Principe d'amplification du signal par terre rare (exemple Er, EDFA)



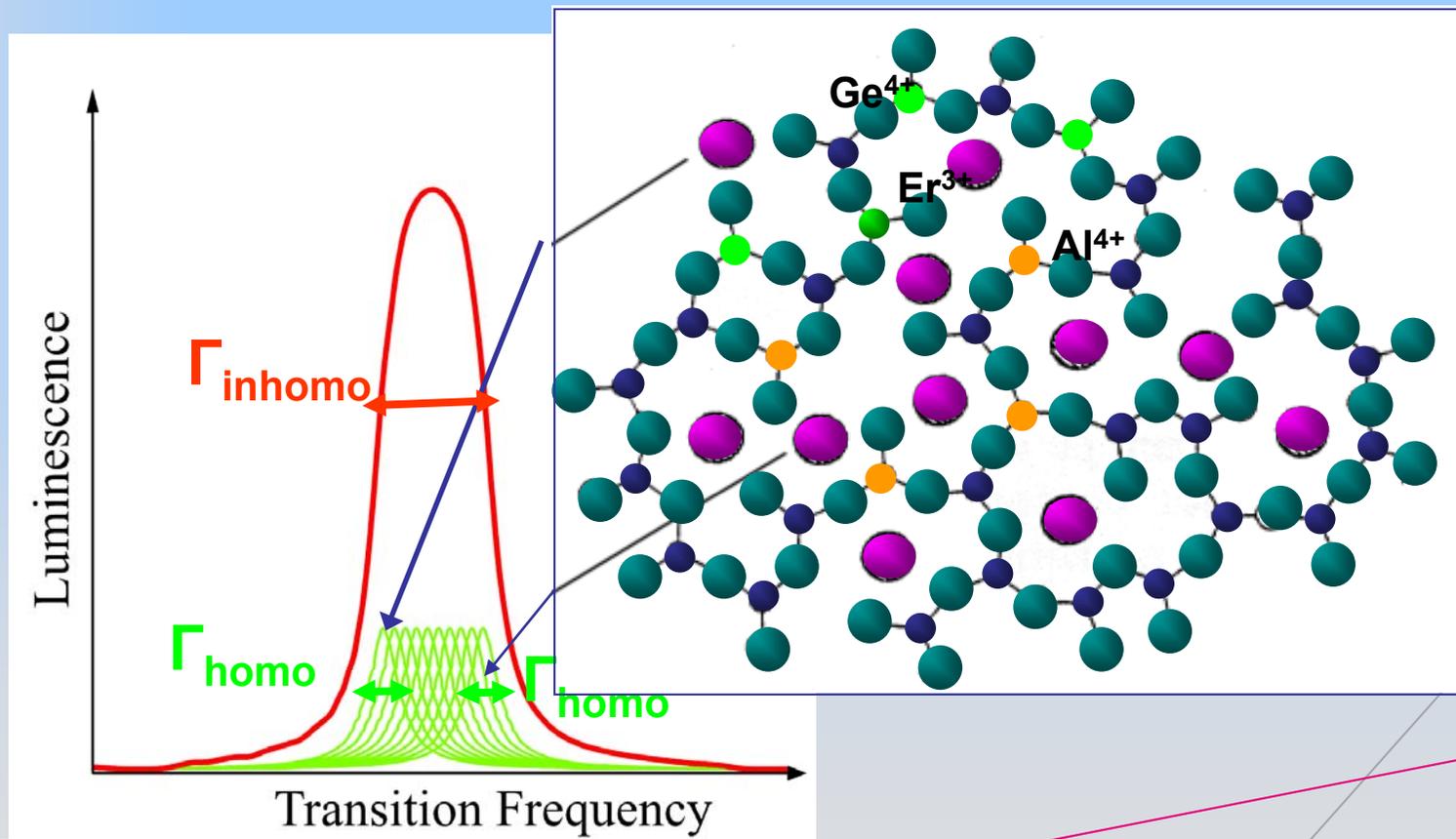
- **Largeur de la bande de gain $\Delta\lambda$**
qui correspond à la gamme de longueur d'onde où le gain est supérieur au gain minimum de cette bande
- **Excursion du gain $\Delta G/G$**



Paramètres clés: Matrice hôte
Environnement d'Er



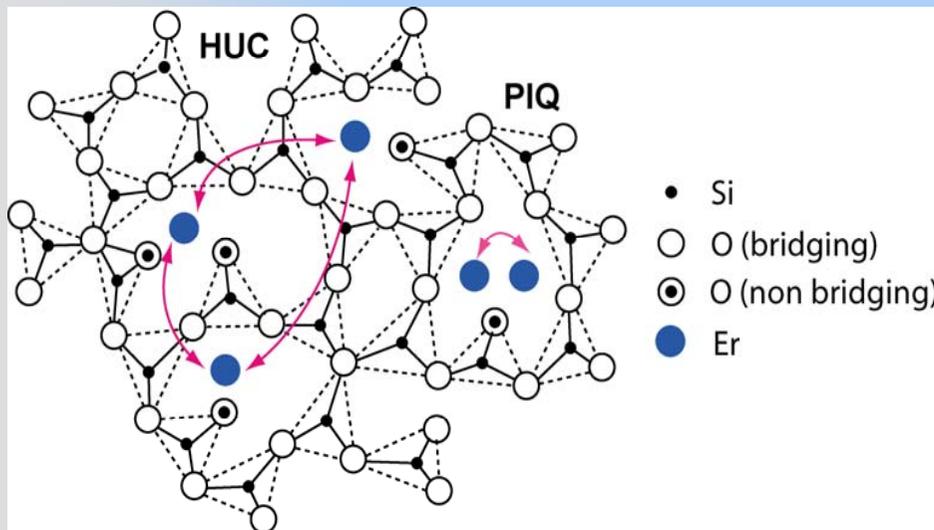
Dans une fibre optique SiGeAl à 300K: $\Gamma_{inhomo} \approx 4 \times \Gamma_{homo}$



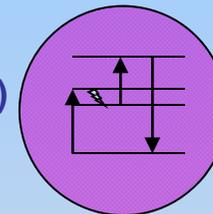
Collaboration: LPCML, Univ. Lyon

Matrice Hôte

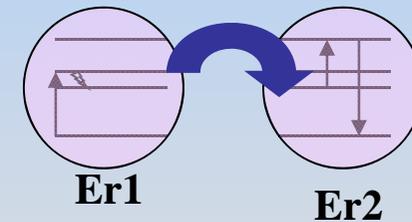
- Influence la possibilité d'intégration de Terre Rare: Al, P
- Influence la formation des paires
- Influence le transfère non-radiative => impacte le temps de vie d'état excité



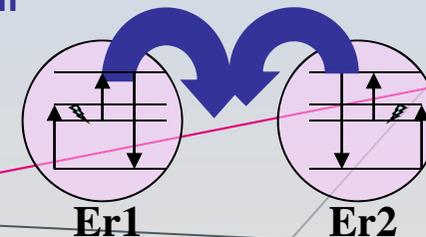
Absorption
en état excité(AEE and ESA)



Transfère d'énergie



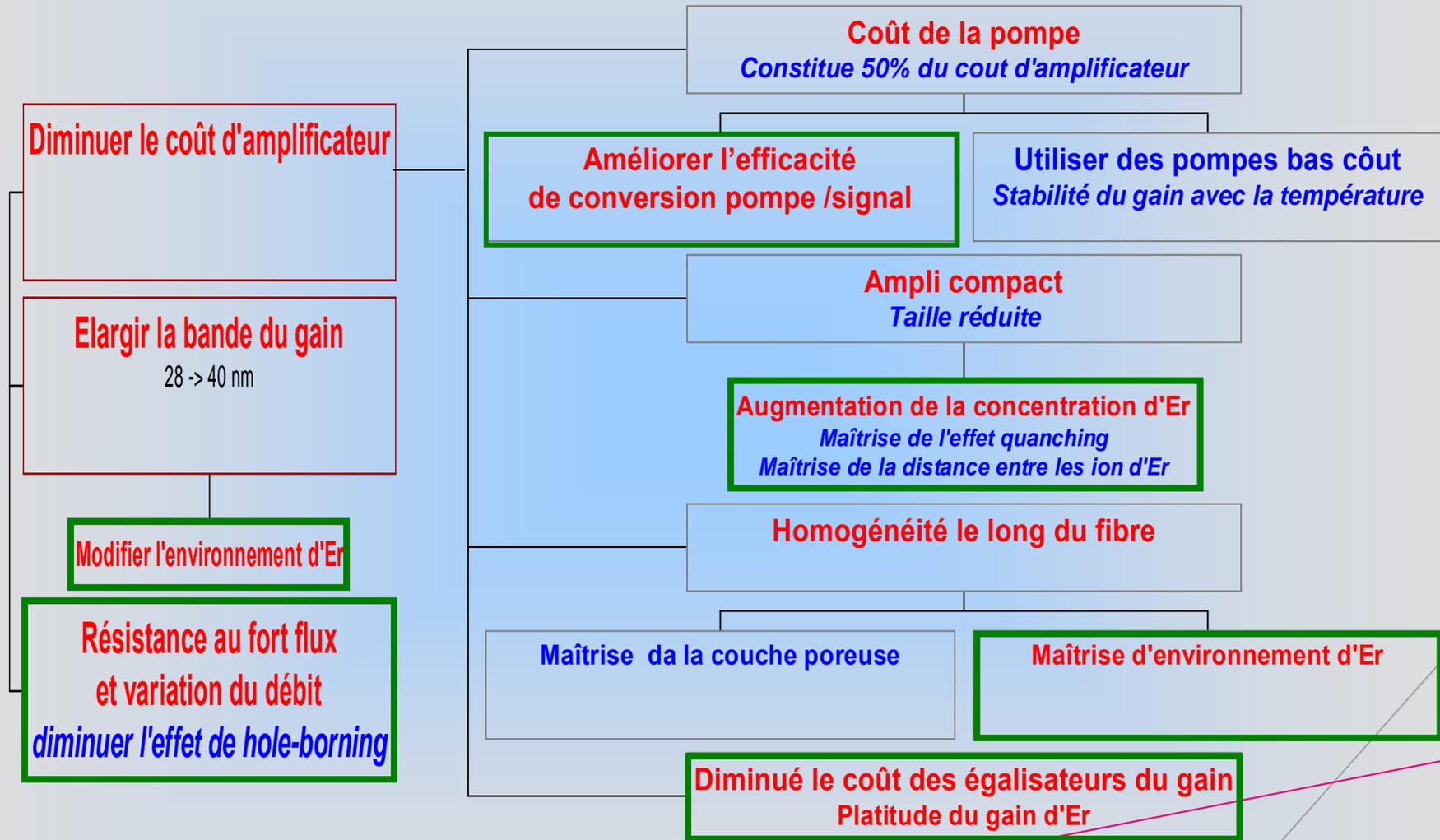
Effet coopératif





Draka

Performances d'amplificateur Er recherchées



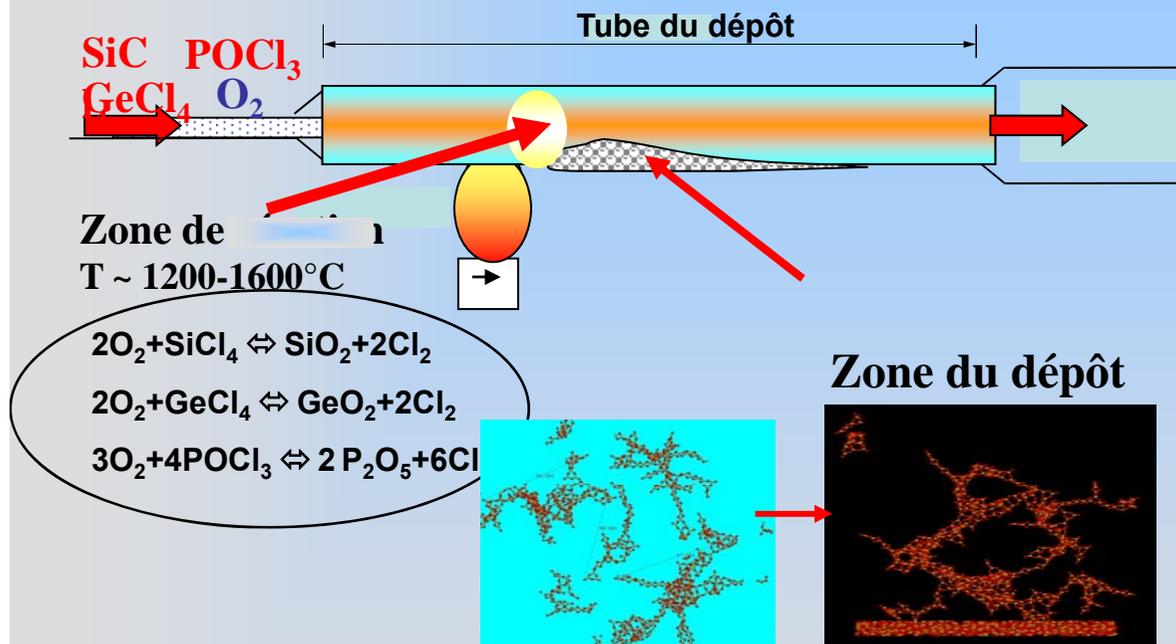


Draka

MCVD: Procédé de fabrication d'une fibre dopée Terre rare

Étape 1: Réalisation d'une couche de cœur poreuse

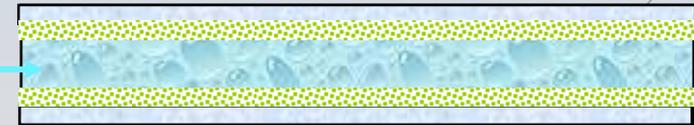
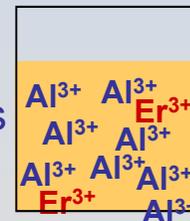
- Besoin de parfaitement contrôler l'homogénéité du poreux et sa reproductibilité



Étape 2: imprégnation du poreux

- Maîtriser la diffusion des dopants et co-dopants

Solution aqueuse des sels Al et Er



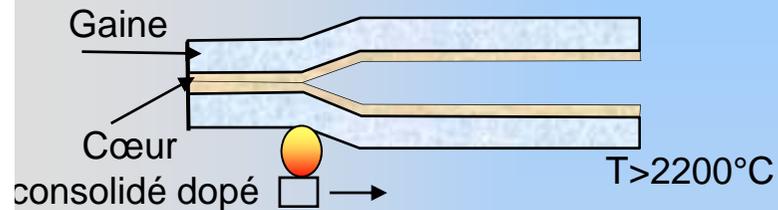


Draka

MCVD: Procédé de fabrication d'une fibre dopée NPs

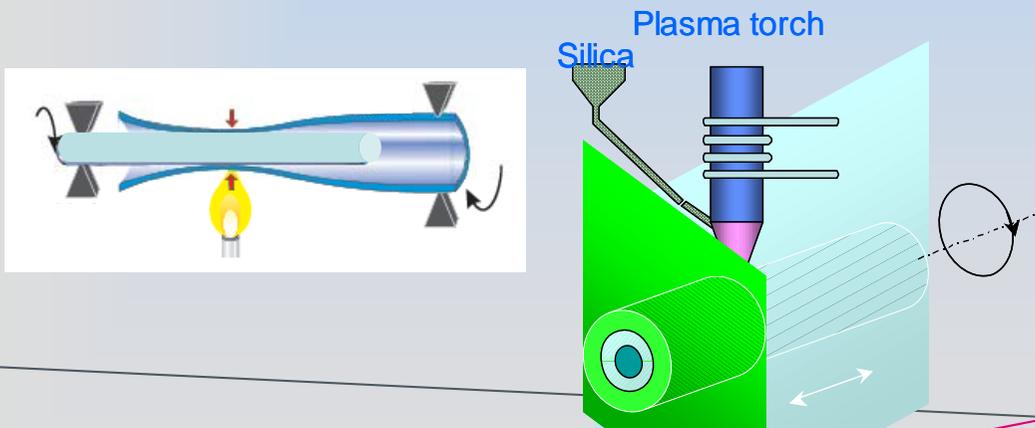
Étape 3: Consolidation du poreux, rétreint et fermeture

- Éviter la cristallisation et évaporation



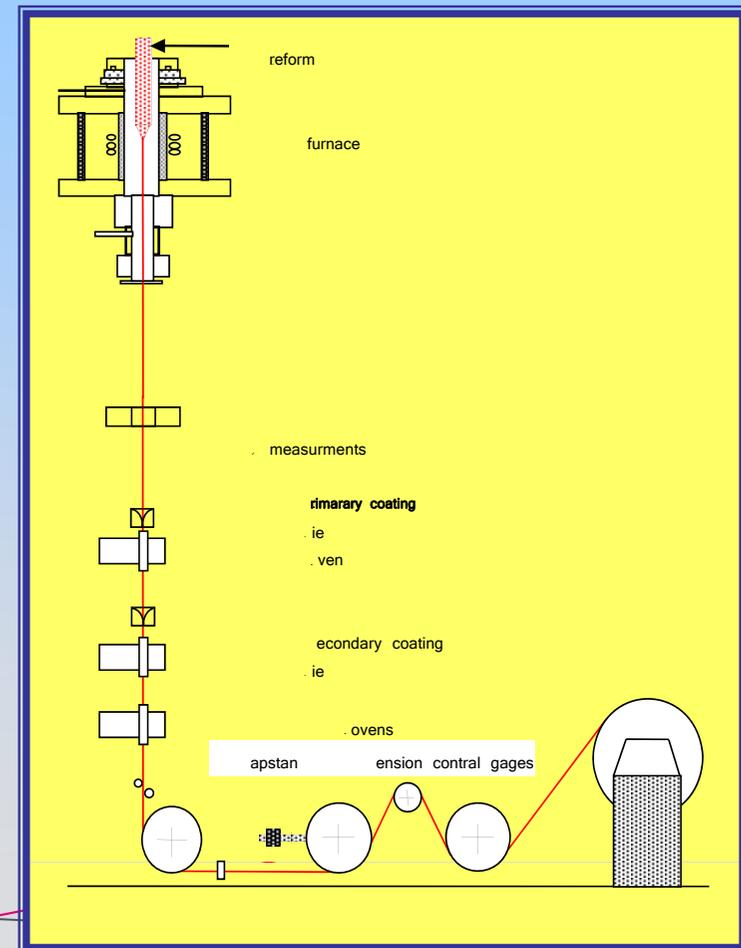
Étape 4: Ajustement du rapport cœur/gaine

- Éviter la cristallisation, diffusion et modification de la structure



Étape 5: Fibrage

- Éviter la cristallisation, diffusion et modification de la structure





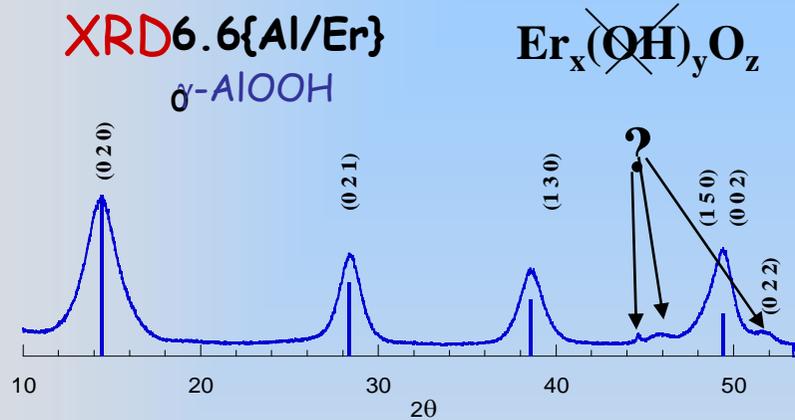
Draka

MCVD: Procédé de fabrication d'une fibre dopée NPs

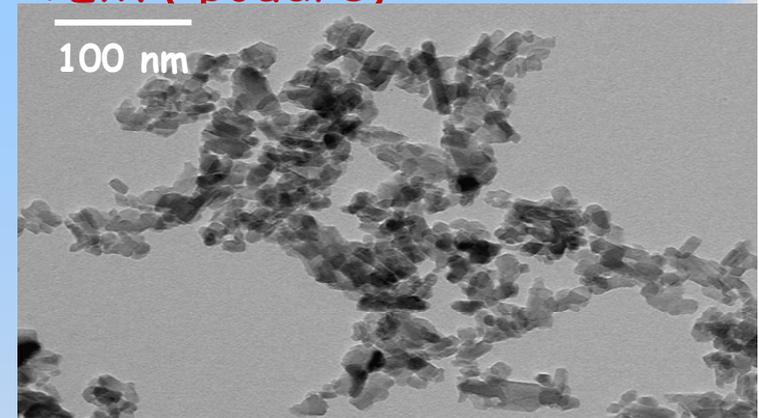
Étape 0: Fabrication des nanoparticules:

par la voie de chimie douce => précipitation des NPS dans le milieu avec PH contrôlé

Nps: Bohemite cristalin



TEM (poudre)

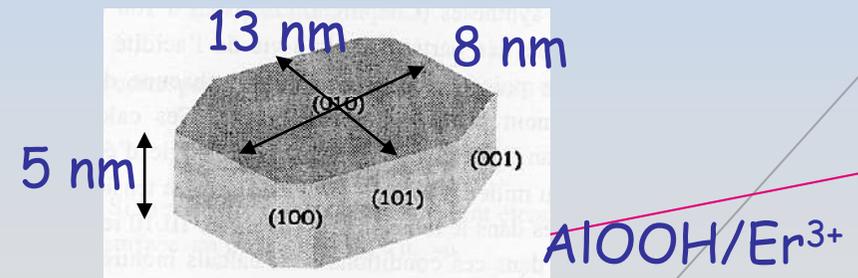


6.6
{Al/Er}₀

Étape 2: imprégnation du poreux avec la solution des Nps

Étape 3, 4, 5: les mêmes

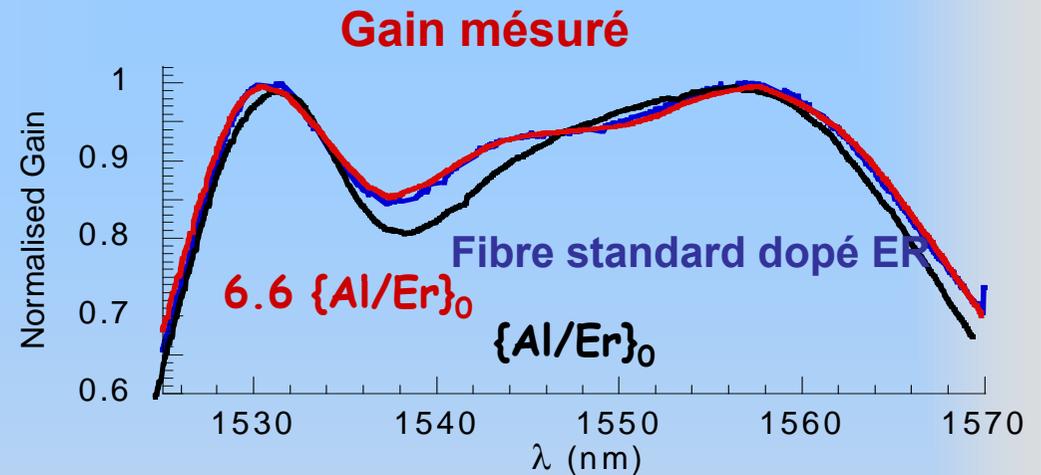
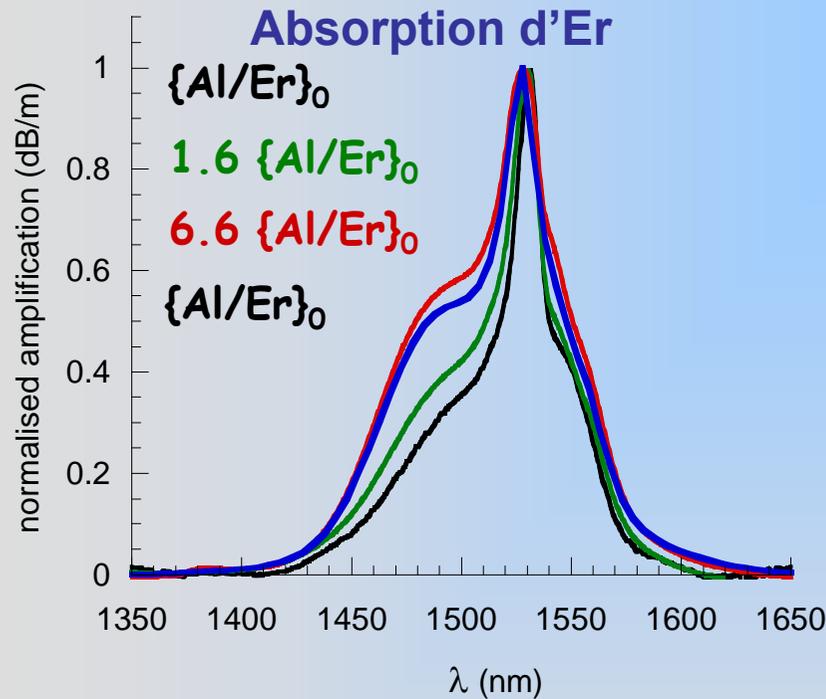
Bohemite => γ -Alumine Al₂O₃



Collaboration: LCMCP, Paris VI



Fibre dopée NPs



- Contrôle d'environnement d'Er
- Distribution plus homogène le long de la fibre
- Meilleur contrôle de la distance entre les atomes d'Er
- Impacte de la matrice est plus faible ?



Laser de forte puissance: >1 kW
Longueur d'onde signal: 976 nm et 1050 nm – 1100 nm
Longueur d'onde pompe: 940 nm ou 975 nm

- Vieillesse des lasers: décalage du seuil, chute de puissance
- Apparition d'une forte absorption dans le visible: Absorption Photo Induite **A.P.I.**
- Photodarkening, photonoircissement

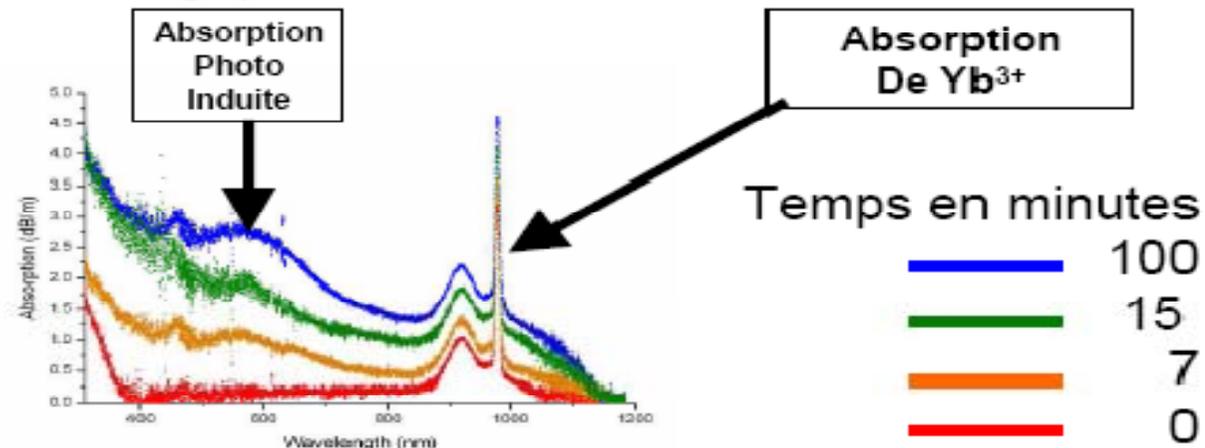


Fig. 1. Absorption spectra of a new Yb-doped LMA fiber (lower curve, red) and of the same fiber at different states of photodarkening at 7 min, 15 min and 100 min (upper curves, orange, green and blue) of pumping the fiber by light of 45 W at 976 nm.



- **Augmentation** du noircissement avec la **concentration d'Yb** [Kitabayashi *et al.* , 2006].
- **Diminution** du noircissement avec la concentration d'**aluminium** [Kitabayashi *et al.* , 2006] et de **phosphore** [Lee *et al.* ,2008].
- Forte **augmentation** du noircissement avec la densité de **puissance** d'excitation.
- Observation spectres **API** comparables à ceux sous irradiation à 980 nm sous irradiation **UV** et visible (**488** nm) [Yoo *et al.* 2007, Morasse *et al.* 2007].
- Ralentissement du noircissement avec pré-traitement thermique sous atmosphère concentré en oxygène [Yoo *et al.* 2007]
- Corrélation entre absorption dans l'UV et efficacité à noircir [Engholm *et al.* 2008].
- **Diminution** du noircissement en présence d'erbium [Morasse *et al.* 2007].
- Blanchiment d'une fibre noircie sous irradiation UV [Manek-Honninger *et al.* 2007] ou infrarouge [Jetschke *et al.* 2007].

Collaboration: LPCML, Univ. Lyon



Draka

Laser à fiber Yb

- Solution actuel pour cette problème est codopage avec Al et P
- Mais il n'y a pas d'explication homogène de ce phénomène.

Effets coopératifs des ions Yb^{3+} amenant à des hautes énergies [Suzuki et al.; 2009- Koponen et al.; 2005- Morasse et al. 2007].



Création de défauts absorbant dans le visible (ou centres colorés) dans la silice,

- Vacances d'oxygène [Yoo et al. 2007]
- Ions Yb^{2+} [Guzman Chávez et al. 2007, Engholm et al. , 2007, Koponen et al. 2008]

Collaboration: LPCML, Univ. Lyon

Draka Comteq | Optical Fibre

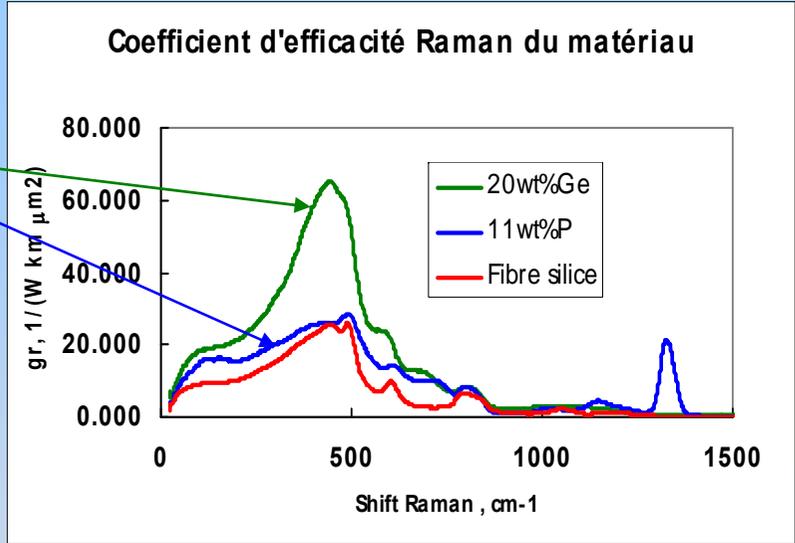
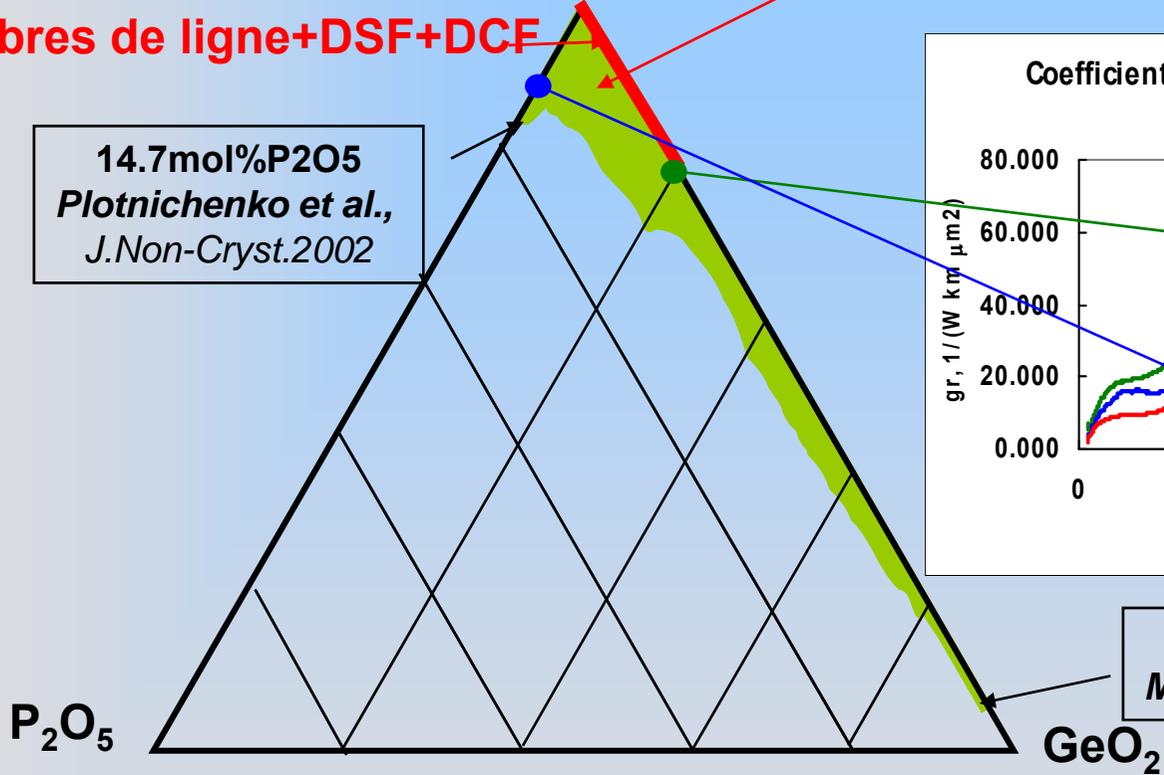
19-Febt-09

20



Fibres de ligne+DSF+DCF **SiO₂(+<2wt%F)** **Fibres Raman spéciales**

14.7mol%P2O5
Plotnichenko et al.,
J.Non-Cryst.2002



97%molGeO2
Mashinsky et al., ECOC2003

Limites des solutions MCVD:
 Choix des dopants et niveau de dopage limités
 Faible efficacité Raman

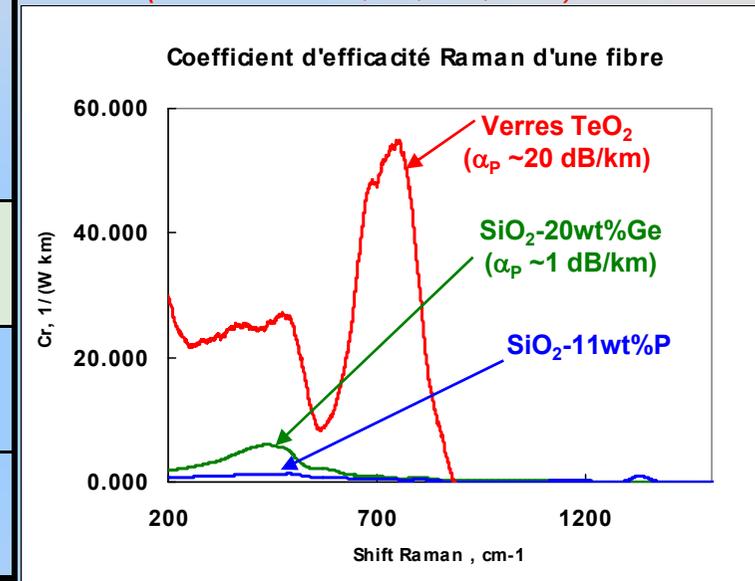
- Puissance de la pompe 2 fois plus élevé que pour EDFA
- Longueur de fibre importante



Raman: Autres solutions proposées

Verres à base de TeO_2 (contenant Zr, W, Pb, etc.)

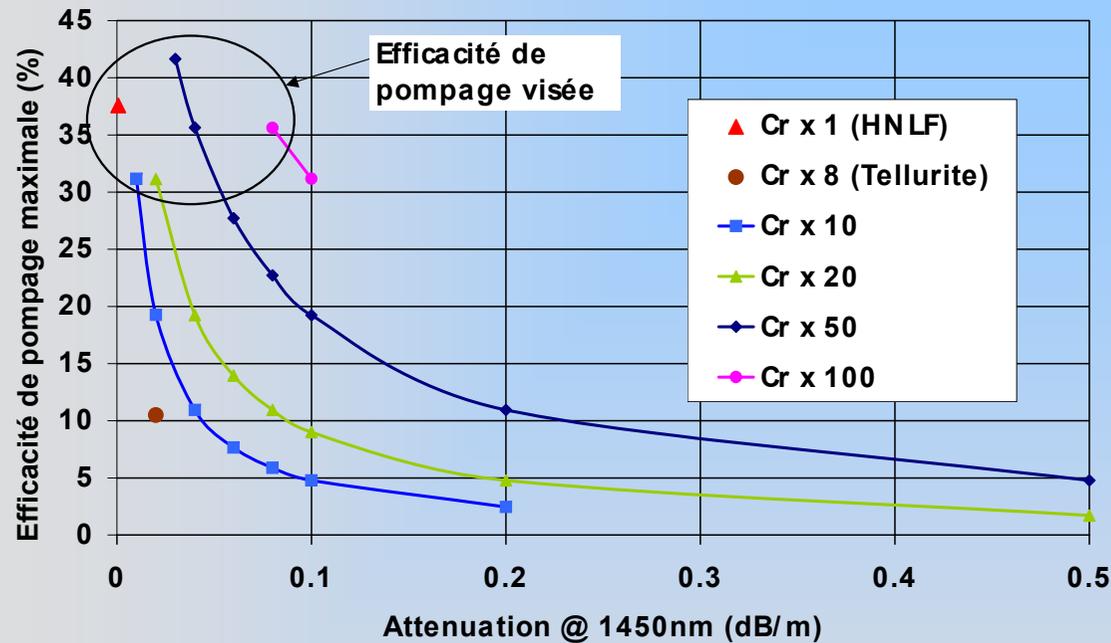
	Shift Raman (nm)	FWHM _r (nm)	g_r/g_{silice}	Cr/a_p ($\text{W}^{-1} \text{dB}^{-1}$)
SiO_2 - 20wt%Ge	100	~40	~3.5	8.2
Verres GeO_2 (contenant Bi, Pb, Sb, Tl)	<100	~60	~30	
Verres TeO_2	170	~115	~30	2.75



Autres pistes matériaux : les verres calcogénures, borates, etc.

Limites des solutions:

- Compatibilité limité avec les fibres de ligne (soudure)
- Coût de la pompe reste élevé
- Pertes importantes



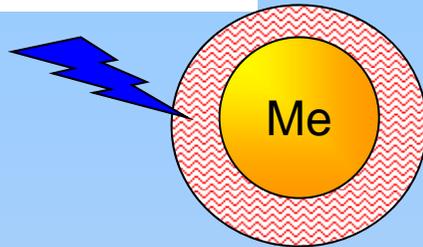
Compromis à trouver entre l'augmentation du gain et les pertes induite par le dopage



Draka

Nouvelle recherche: Nanoparticules Métallique

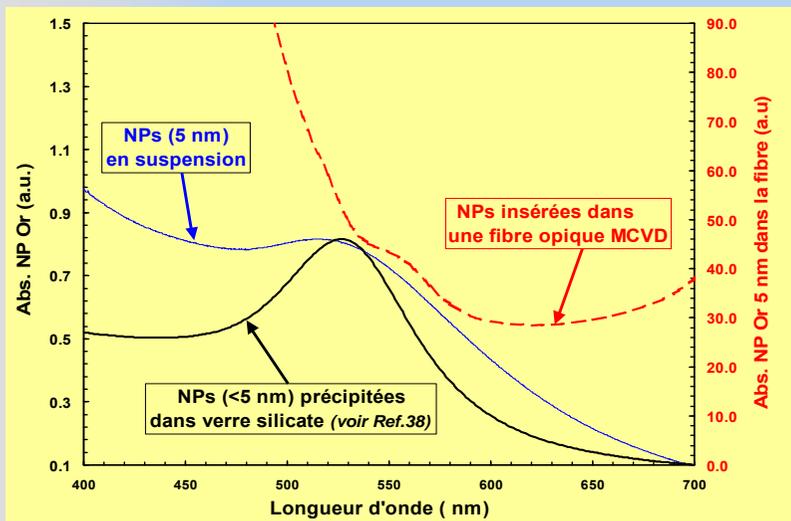
Idée de base



- Nanoparticules métallique dans un verre: confinement des électrons sur la surface de la particules:

- Plasma d'électrons: plasmons
- Modes plasmons localisés
- Augmentation spectaculaire des réponses optiques linéaires et non linéaires du matériau

Application à la fibre optique



En trois derniers années:

- ✓ on commence à bien comprendre la physique
- ✓ Explosion des démonstrations des applications



Draka

Thank you for your attention