



# Système d'Analyse de Feux et Emanations par Spectroscopie Infrarouge à Distance et Embarquée

<http://www.safeside-project.eu>

*Ouinten Chems-Eddine – Multitel ASBL – ouinten@multitel.be*

## Groupement De Recherche Feux 07/12/2018



# Présentation du plan



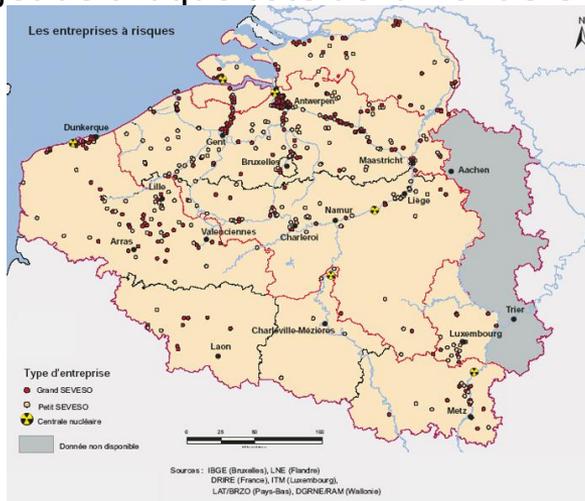
- I. Objectifs
- II. Présentation du consortium
- III. Différents développement en cours et résultats
- IV. Plan pour la suite





## But du projet

- Nouvelles solutions de caractérisation spectroscopique à distance et portables pour détecter la nature de gaz dans l'air
- Mesure des fumées d'incendie ou de rejets non contrôlés sur des sites à risque (type Seveso) ou suite à un accident lors du transport d'une substance dangereuse
- Setup doit être transportable, calcul rapide et dispositif non onéreux
- Mis à disposition des dispositifs finaux aux différentes équipes étant intervenues dans le projet de chaque côté de la frontière



# Présentation du plan

---



- I. Objectifs
- II. Présentation du consortium
- III. Différents développement en cours et résultats
- IV. Plan pour la suite





# Programme

# Interreg

France-Wallonie-Vlaanderen



UNION EUROPÉENNE  
EUROPESE UNIE

Programme INTERREG V Programma : France - Wallonie - Vlaanderen



# Partenaires



Avec le soutien de la



Wallonie



Région  
Hauts-de-France





- Certification ferroviaire
- Signal et systèmes embarqués
- Réseaux et télécoms
- Vision par ordinateur
- Photonique :
  - Biophotonique
  - $\mu$ usinage
  - Laser à fibre

Dans le cadre du projet : expertise dans les lasers à fibres et le prototypage



- Service de Génie des Procédés Chimiques et Biochimiques
- Institut des Risques
  - Développement de logiciels de modélisation d'accidents
  - Analyse des scénarios d'accidents majeurs
  - Etude de la production des substances chimiques émises lors d'un incendie à l'air libre ou en milieu confiné à l'aide d'un cône calorimètre équipé d'un boîtier de ventilation et d'un FTIR pour l'analyse des gaz
  - Application de la Directive Seveso
  - Aménagement du territoire autour des entreprises chimiques ainsi que la planification d'urgence



- Miniaturisation des composants et systèmes optiques sur puces à base des technologies de fabrication sur Silicium
  - Télécommunications
  - Transfert de données
  - Capteurs spectroscopiques



- Groupement de Spectrométrie Moléculaire et Atmosphérique
  - Expertise dans la spectroscopie



- Laboratoire de Physico-Chimie de l'Atmosphère
  - Source photonique et spectroscopie haute-sensibilité
- Centre Commun de Mesures
  - Mesure des composés gazeux à l'émission et dans l'environnement



Développement Laser  
Support prototypage



Raies d'absorption des gaz

Mesure portable

Spécifications

Laser accordable et  
cellule multipassages ou  
photoacoustique



Concentrations à détecter



Comparaison avec des équipements de  
référence présents dans le marché

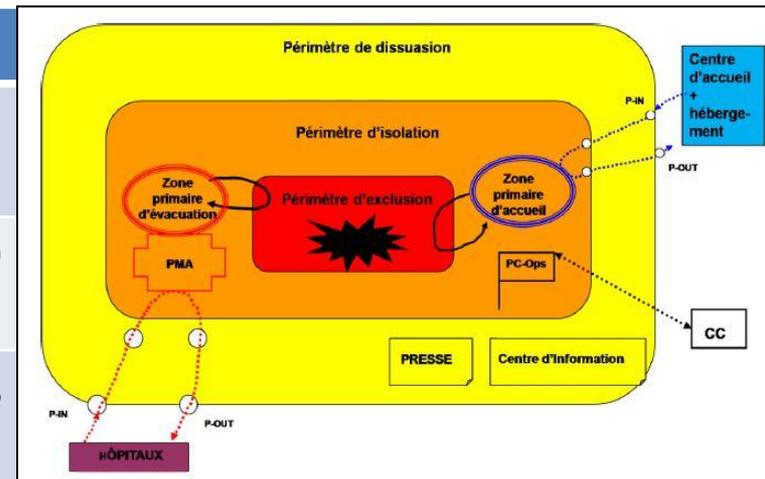




## Seuil ERPG des molécules d'intérêt

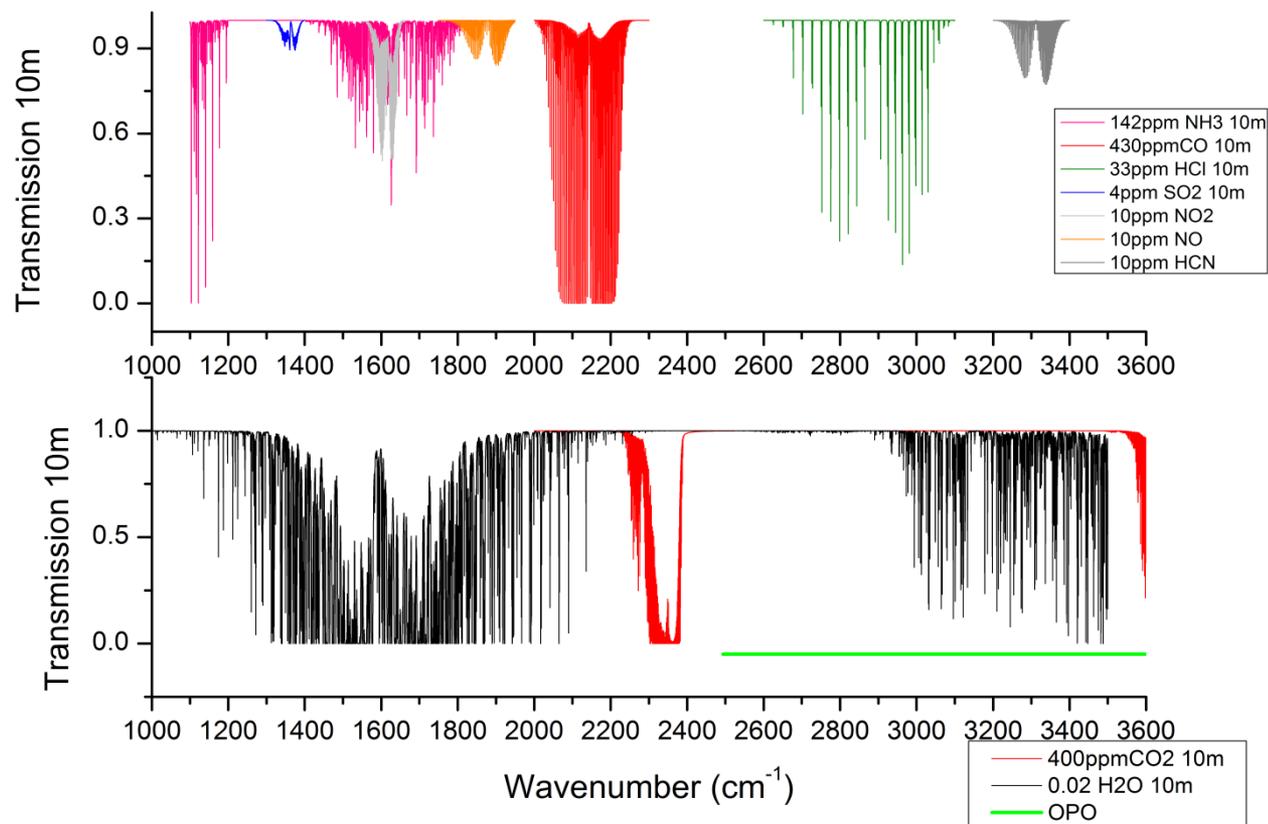
### ERPG : Emergency response planification Guidelines

	HCl	NH3	HCN	NO	NO2	SO2	CO	CO2
<b>ERPG1 (ppm)</b>	3	29	5	1	1	1	86	-
<b>ERPG2 (ppm)</b>	33	142	9	8	5	4	430	27309
<b>ERPG3 (ppm)</b>	132	706	45	40	27	76	859	54618





## Plage d'absorption des molécules d'intérêt

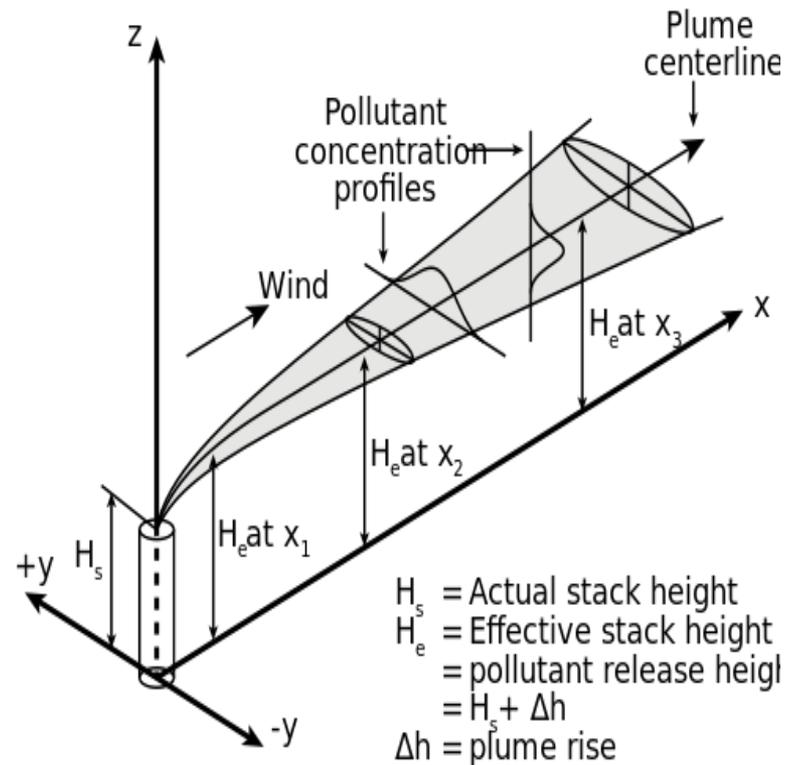


NO<sub>2</sub>, NO et SO<sub>2</sub> abondonné (raie d'absorption qui se chevauche avec l'eau (H<sub>2</sub>O) ou le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>))



## Simulation de rejets gazeux

- **Logiciel Phast DNV**
- **Modèle de dispersion gaussien**
- **Paramètre important :**
  - Débit de fuite
  - Vitesse du vent
  - Stabilité atmosphérique
  - Rugosité



# Présentation du plan

---



- I. Objectifs
- II. Présentation du consortium
- III. Différents développement en cours et résultats
- IV. Plan pour la suite





## Raie d'absorption des molécules d'intérêt

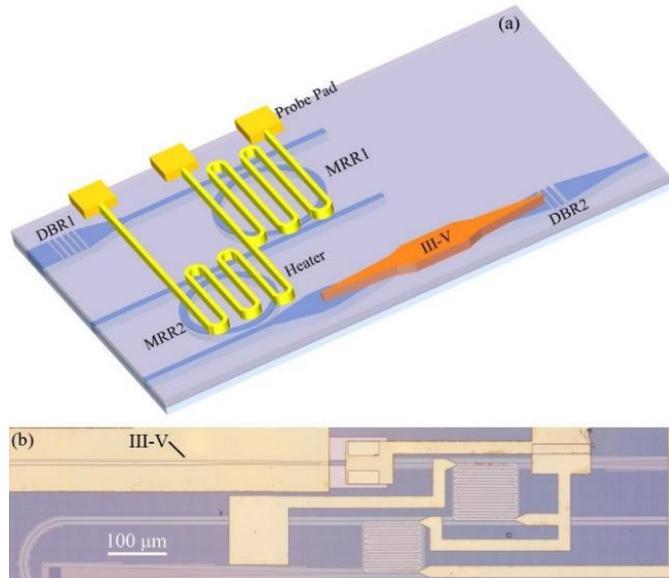
Gas	ERPG2 (ppm)	Best spectral region (cm-1)	Reduced spectral region due to interferences (cm-1)	Wavelength (nm)	Possible technology
HCL	33	2600-3100	2673-3046	3 283-3 741	OPO
NH3	142	1100-1200 (1500-1700)	1100-1200		QCL
		5 094, 4 367, 4 348	4 348	2 300	OPO
CO	430	2000-2250	2 027-2 038 ; 2 093-2 140 ; 2 145-2 210	~ 4 580	OPO
CO2	27 309		4835-5124	1 951-2 068	OPO
SO2	4	1300-1400	1347		QCL
HCN	10	3200-3400	3 268, 3 290, 3 305, 3 331, 3345	3 059, 3 039, 3 025, 3 002, 2 989	OPO
NO	10	1750-1950	Interferences		Impossible: low absorption and interferences with H <sub>2</sub> O
NO2	10	1560-1660	1 596-1 600		QCL



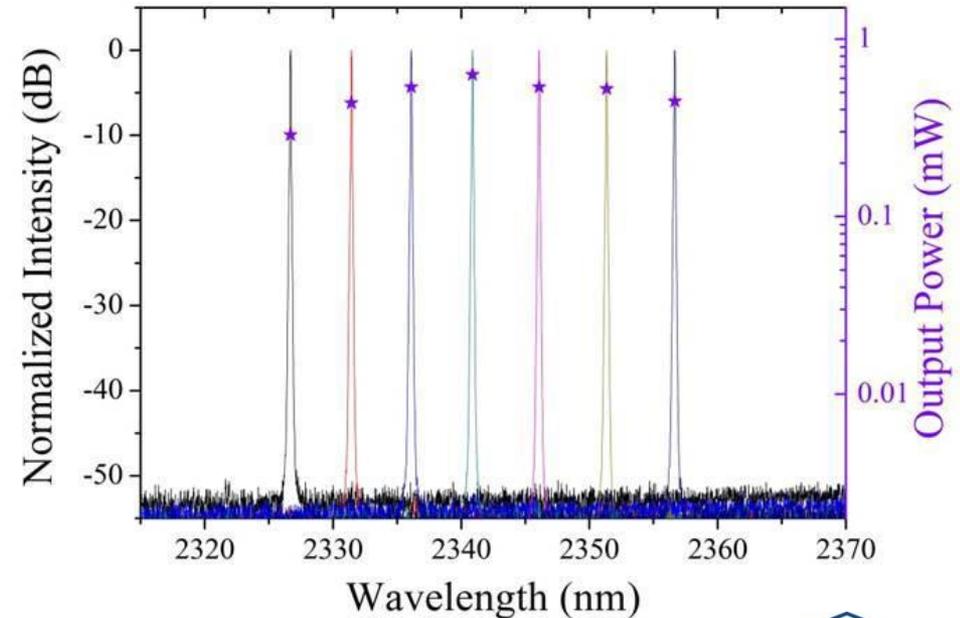


## Design du capteur spectroscopique intégré sur puce

Ce type de plateforme a été réalisée en particulier pour combiner des lasers dans la gamme 1.5 à 1.6  $\mu\text{m}$  ainsi qu'à 2.3  $\mu\text{m}$ , conformément aux molécules d'intérêt.

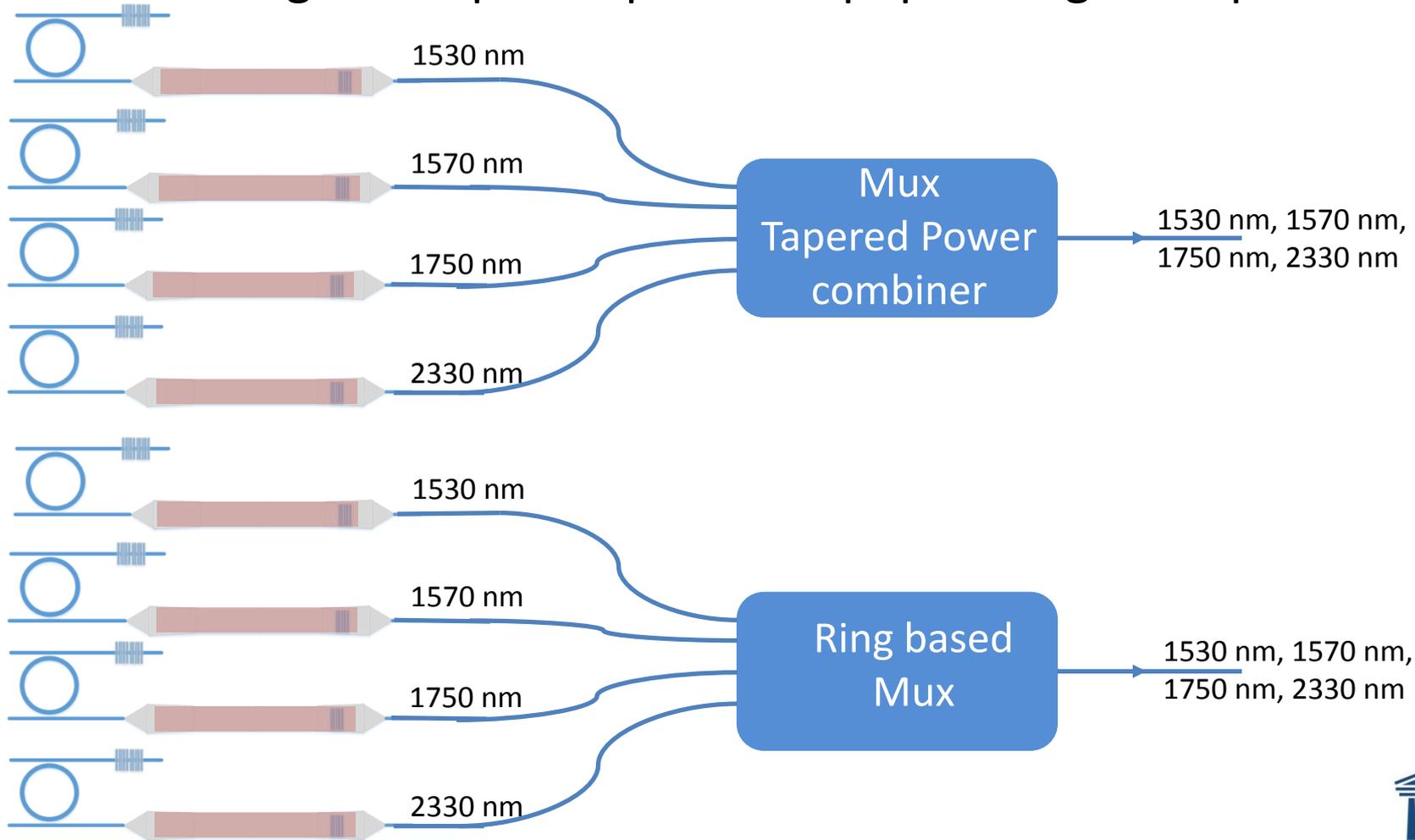


Widely tunable laser 2.3 $\mu\text{m}$



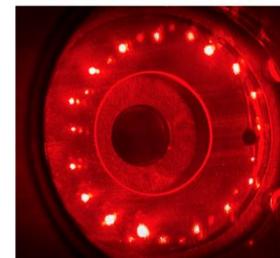
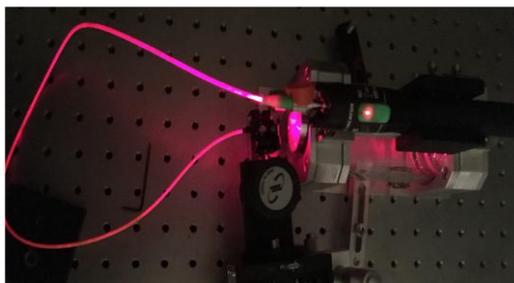
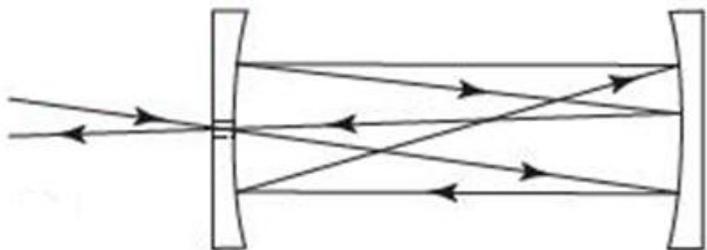
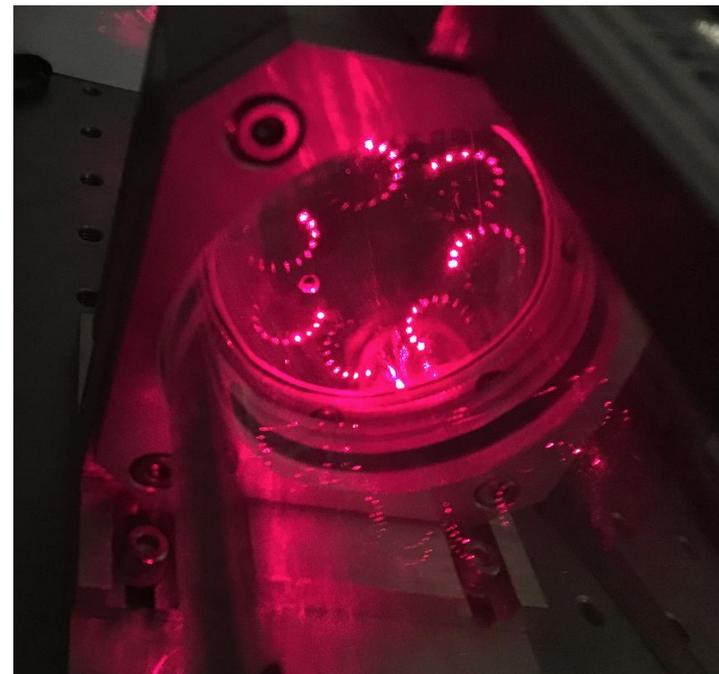
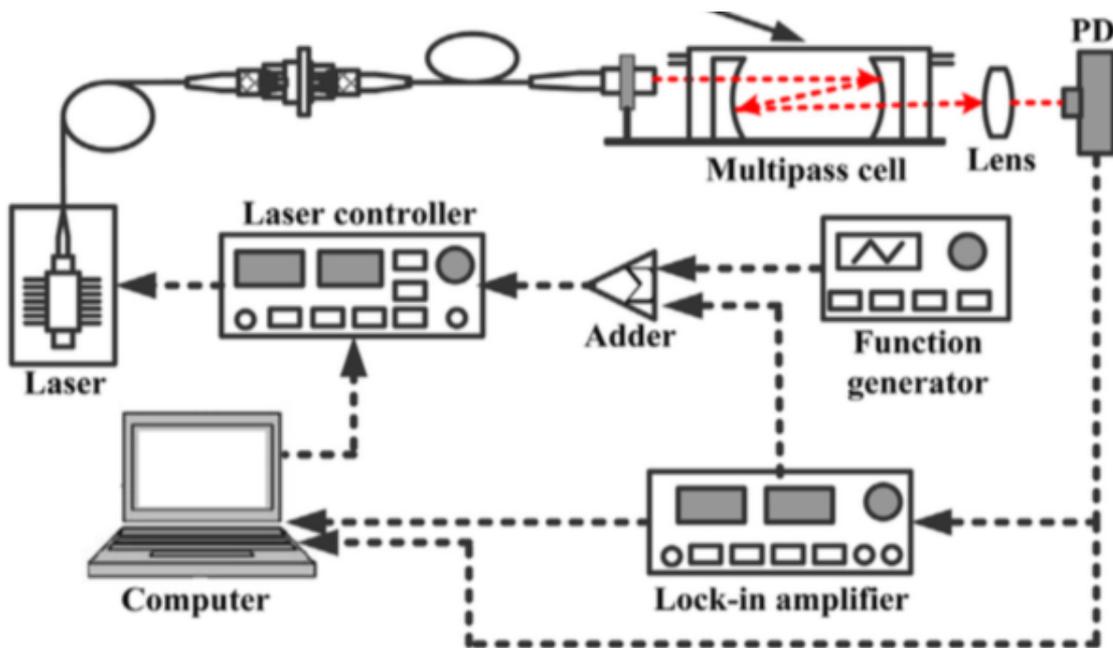


## Design du capteur spectroscopique intégré sur puce





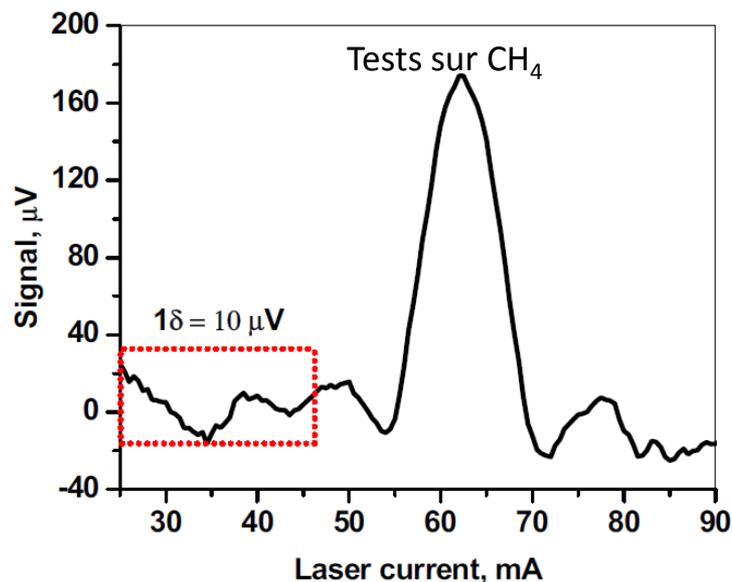
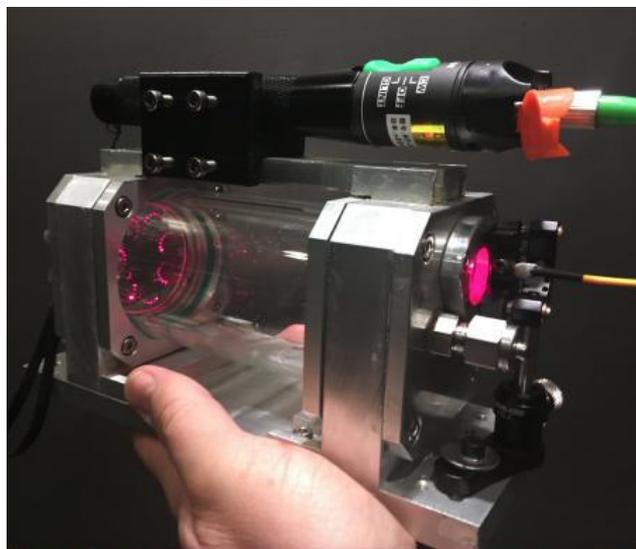
## Design d'un capteur multi-passages miniaturisé





## Résultats : design d'un capteur multi-passages miniaturisé

Les mesures réalisées à UGHENT nous ont permis de détecter des concentrations de 90 ppm d'Ammoniac (dilué dans l'azote). Elles valident ainsi le cahier des charges qui demandait une mesure d'une concentration de 142 ppm d'ammoniac..





## Raie d'absorption des molécules d'intérêt

Molécule	ERPG2 (ppm)	Trajet optique(m)	Position de la raie n° 1 (cm-1)	Largeur spectrale (cm-1)	Absorbance (%)
<b>HCN</b>	10	10	3268.2	0.23	15
<b>HCl</b>	33	10	2963.3	0.18	15
<b>NH3</b>	143	10	4337.4	0.24	8
<b>CO</b>	430	10	4297.7	0.12	15
<b>CO2</b>	27309	10	4867.7	0.18	50

Molécule	ERPG2 (ppm)	Trajet optique(m)	Position de la raie n° 2 (cm-1)	Largeur spectrale (cm-1)	Absorbance (%)
<b>HCN</b>	10	10	3287.2	0.23	20
<b>HCl</b>	33	10	NaN	NaN	NaN
<b>NH3</b>	143	10	NaN	NaN	NaN
<b>CO</b>	430	10	4300.7	0.12	15
<b>CO2</b>	27309	10	NaN	NaN	NaN

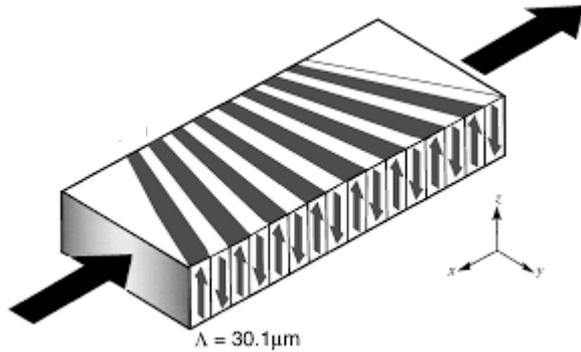
**Multitel**  
INNOVATION CENTRE



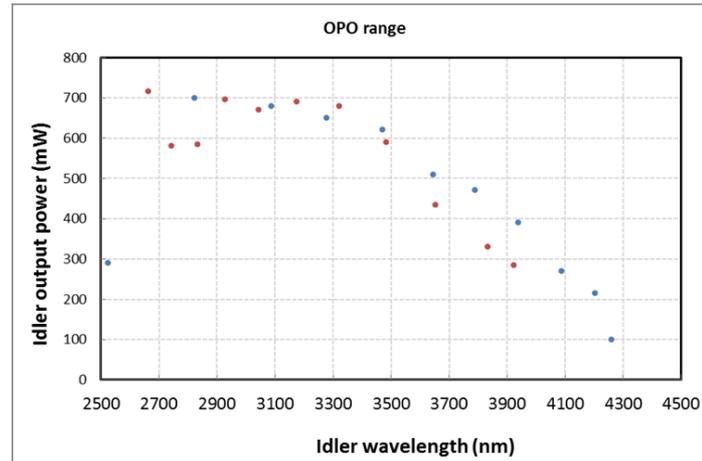
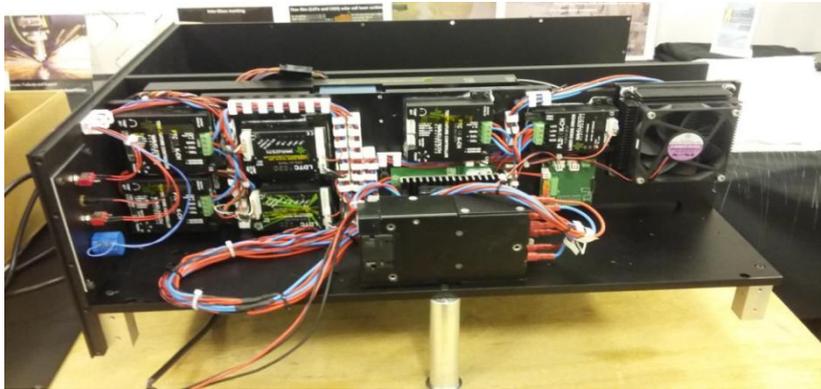
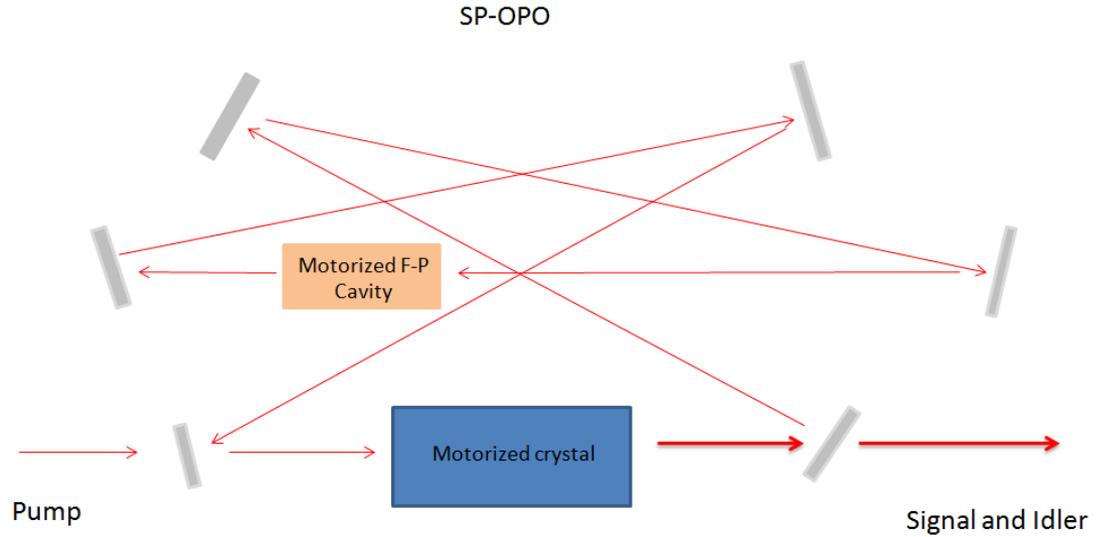
UNIVERSITÉ  
DE REIMS  
CHAMPAGNE-ARDENNE



### SP-OPO setup



Fanout PPLN

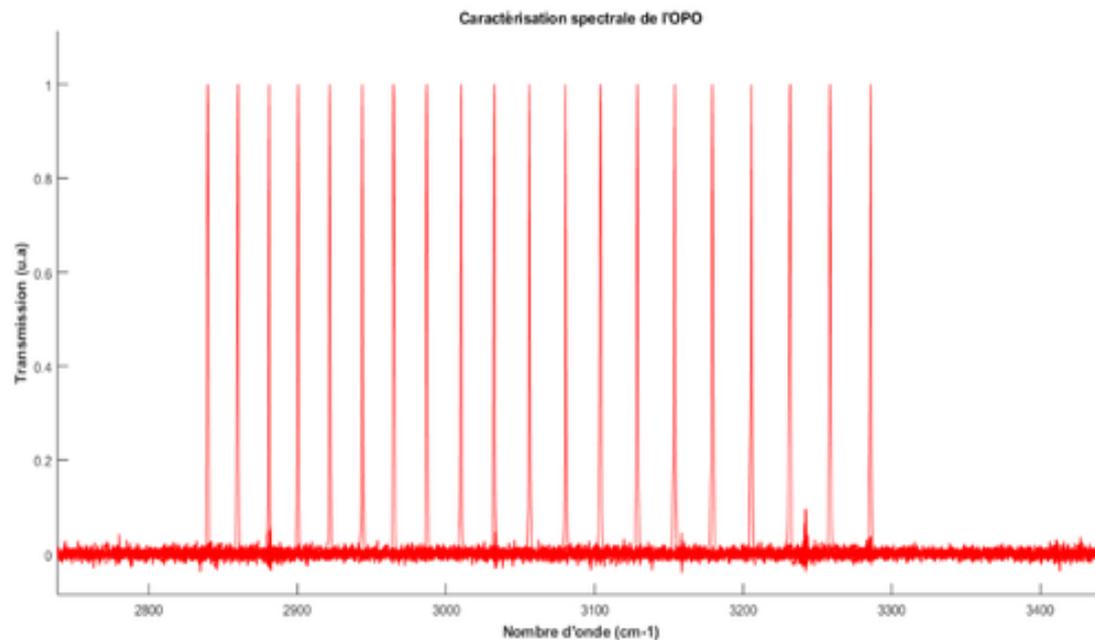
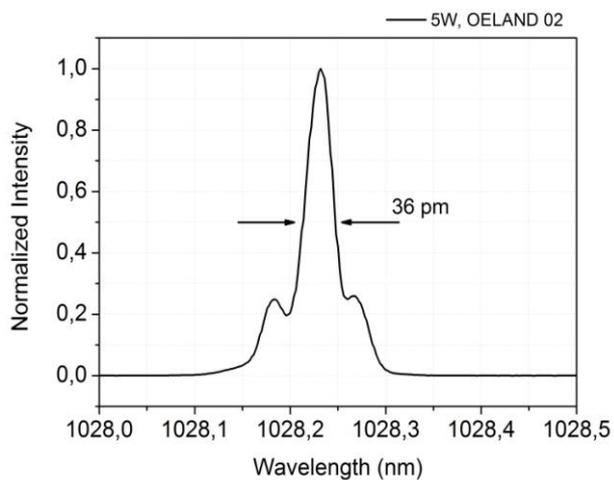


**Multitel**  
INNOVATION CENTRE



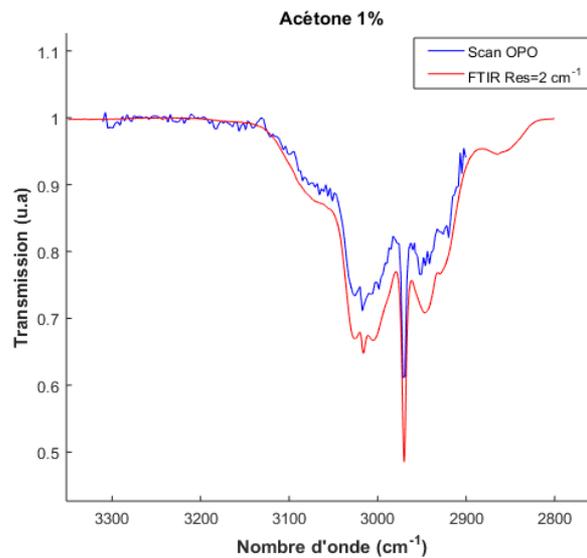
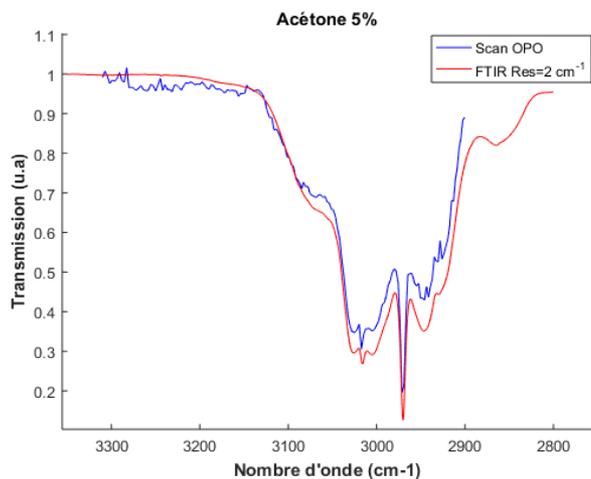
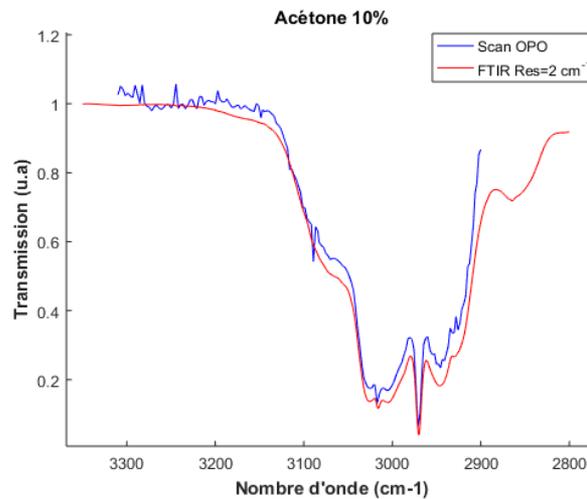
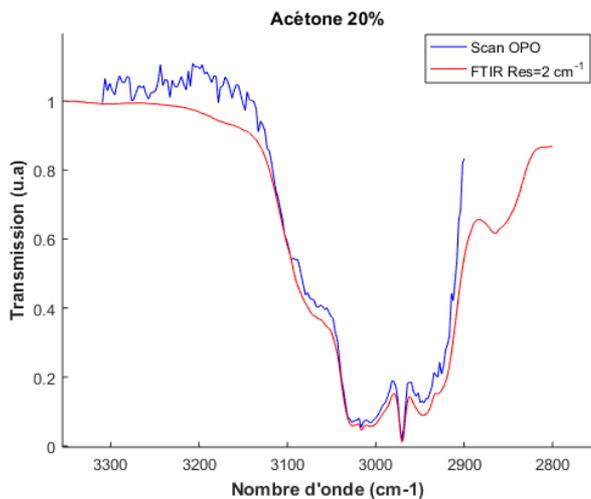


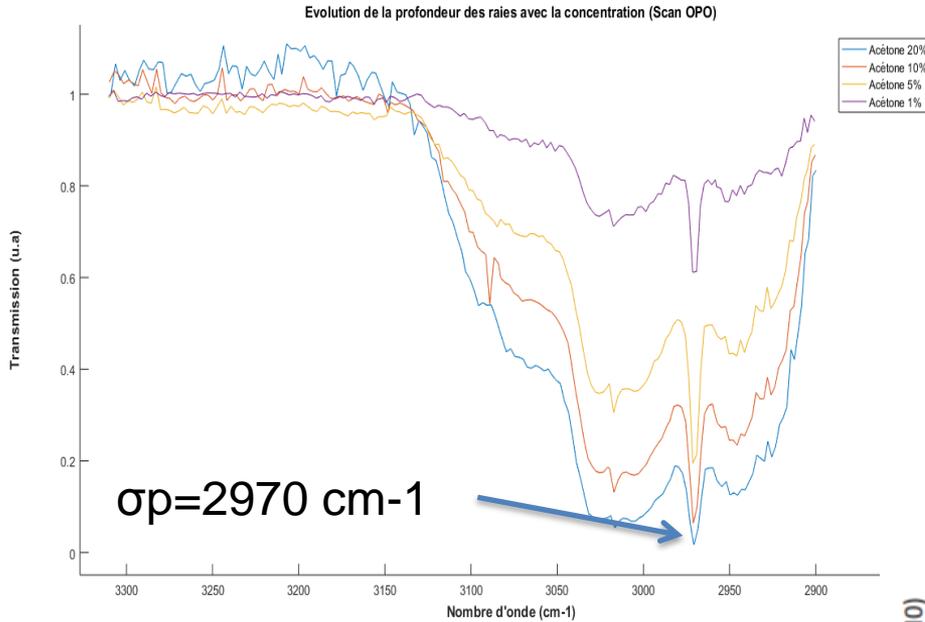
## Spectre de la pompe et caractérisation de l'OPO





## Comparaison spectre OPO et spectre FTIR

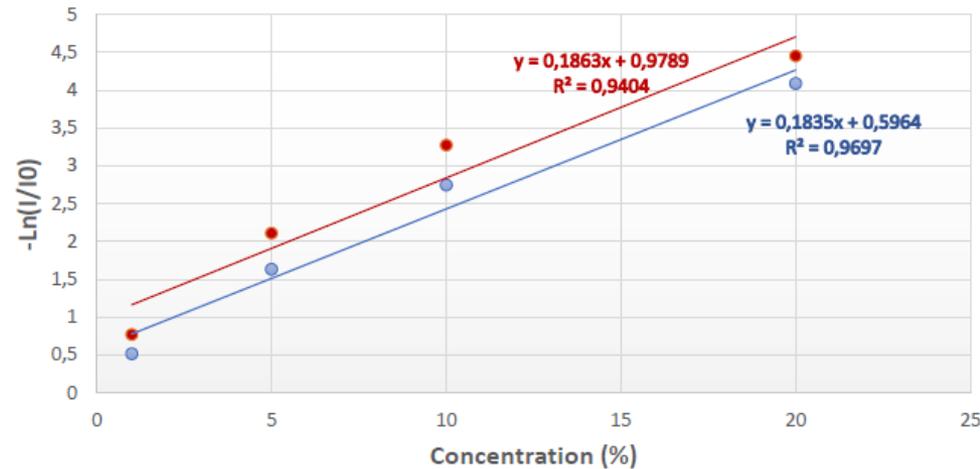




Profondeur de la raie d'absorption en fonction de la concentration

Comparaison entre le FTIR et l'OPO de cette évolution

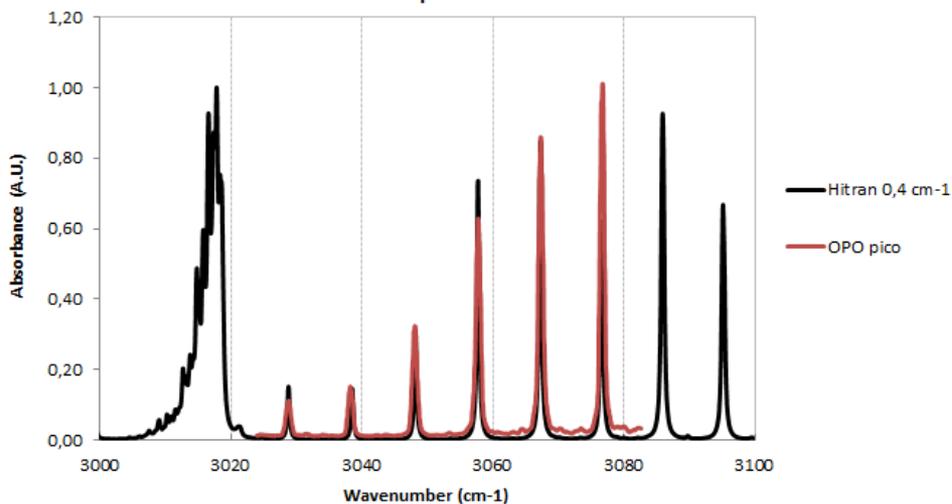
Linéarité de l'absorbance de la raie principale (σ<sub>p</sub>)





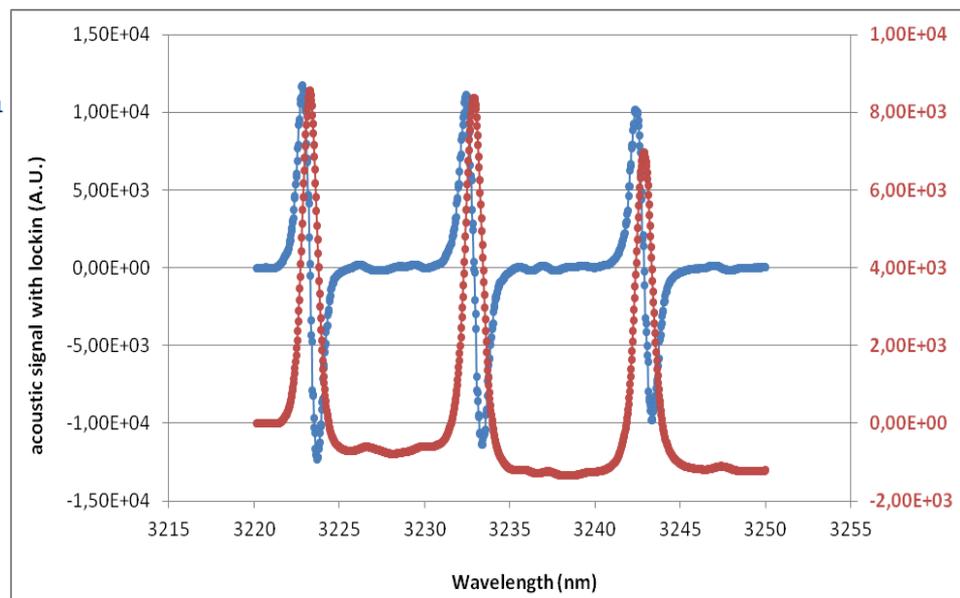
## Mesure d'absorption du methane

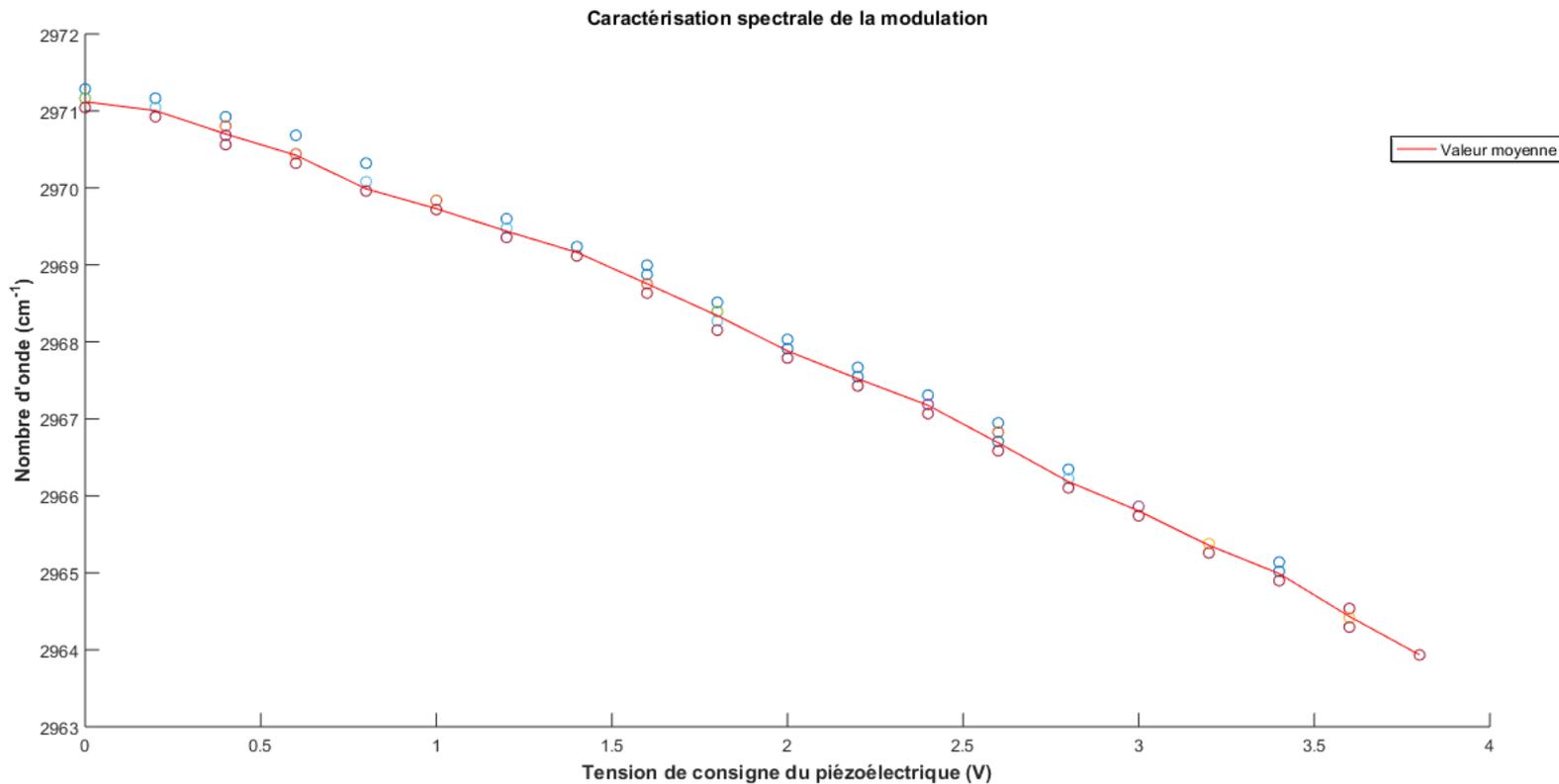
CH4 IR spectrum



Sans Piezo

Avec Piezo





# Présentation du plan

---



- I. Objectifs
- II. Présentation du consortium
- III. Différents développement en cours et résultats
- IV. Plan pour la suite





## Suite dans le développement laser

- Poursuite étude de l'université de Ghent
- Réflexion détection insitu
- Côté Multitel:
  - 1ere Problématique : raies concernées trop petite -> FBG long, peu réflectif, complication instrument de mesure, FBG inexistant dans le marché actuellement
  - Hypothétique : FWHM 100 pm FBG -> FWHM 40 pm pompe OPO – FWHM 30 pm FBG -> FWHM < 10 pm? Pompe OPO
  - Certain : Laser CW avec FWHM < 10 pm + EOM -> Laser pico
  - 2eme Problématique : rajout d'un EOM (prix + encombrement dans le prototype) / inconnu comportement dans la cavité OPO / variation longueur d'onde diode laser avec la température -> long



## Tests à petite échelle en cône calorimètre

Caractérisation et quantification des substances émises pendant la combustion en mode normal et sous ventilé de substances liquides et solides.

*But* : identification d'interférents potentiels

Tests effectués sur des composés cibles liquides (hydrocarbure, composés azotés, soufrés, chlorés), du PVC et du bois.

Mesures effectuées :

- Gaz de combustion ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $NO_x$ ,  $SO_2$ , hydrocarbures totaux) par analyseurs dédiés (paramagnétisme, IR, FID)
- Composés organiques volatils spécifiques : analyse en direct par GC/MS portable et prélèvements sur cartouche d'adsorbant pour analyse en différé (Tenax pour les composés aromatiques et DNPH pour les aldéhydes)
- HCN, HCl par barbottage pour mesure en différé



Cellule du cône calorimètre (Umons)

Laboratoire mobile (CCM)



Combustion en mode normal

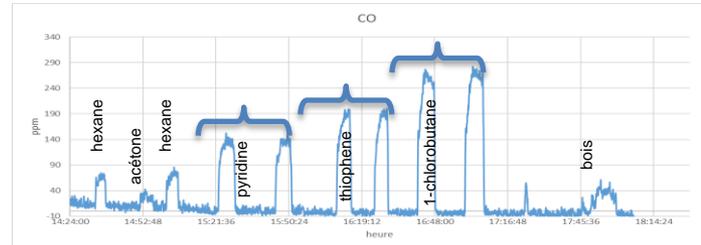
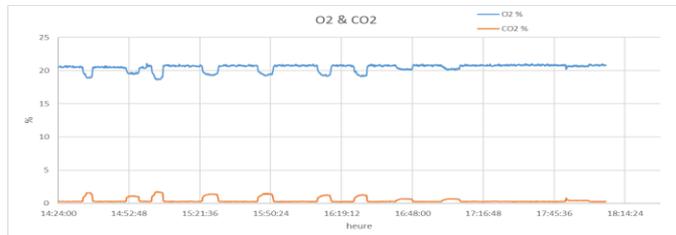
Analyse (GC/MS) et prélèvement de COV spécifiques



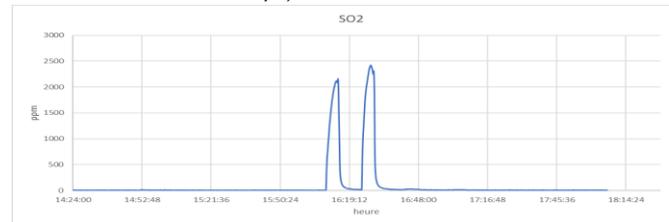
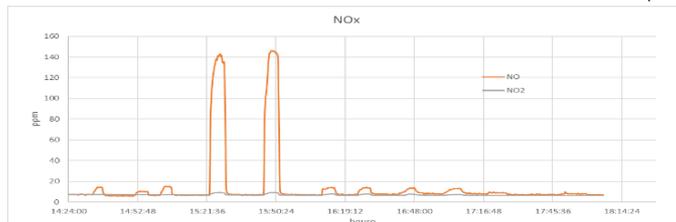
Combustion en mode sous ventilé



Combustion d'échantillon solide

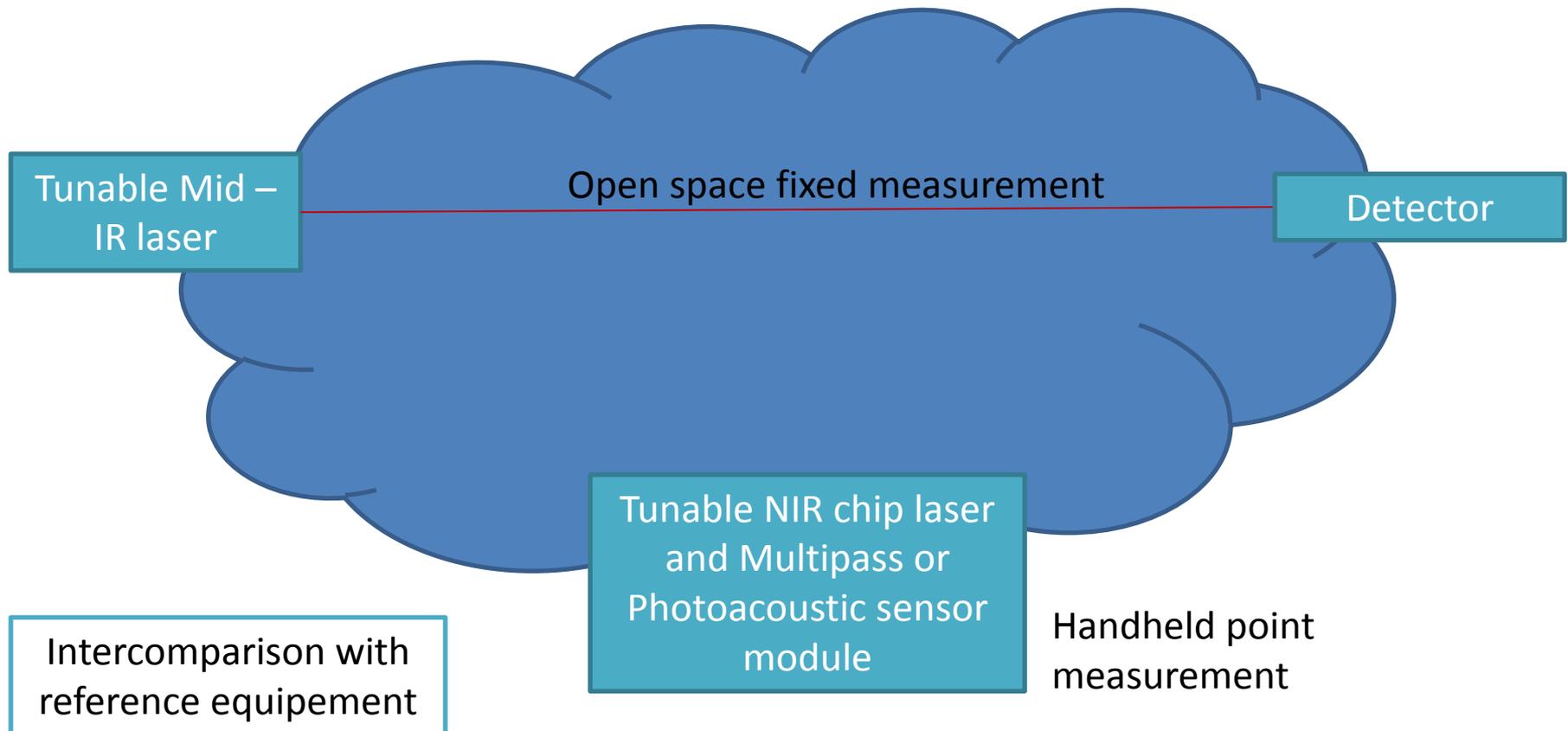


Combustion en mode normal (concentration en fonction du temps)





## Test sur le terrain pour la dernière phase du projet



# Contacts



- Information et news sur le projet :
  - <http://www.safeside-project.eu>
  - [ouinten@multitel.be](mailto:ouinten@multitel.be) / Responsable du département Photonique et chef de projet SAFESIDE Yves Hernandez : [hernandez@multitel.be](mailto:hernandez@multitel.be)
- Demande de tests avec le GC/MS et autres dispositif de l'ULCO :

Gas	Techniques	Analyseur
Hydrocarbures (THC, NMHC, méthane)	Détecteur à Ionisation de Flamme	Graphite 655 (Cosma)
O <sub>2</sub>	Paramagnétisme de l'oxygène	Magnos 6 G (Hartmann & Braun)
SO <sub>2</sub>	Détection Infra-rouge non-Dispersif	URAS 10P (Hartmann & Braun)
NO et NOx	Détection Infra-rouge non-Dispersif	URAS 10P (Hartmann & Braun)
NO, NOx, NH3	Détection Infra-rouge non-Dispersif (NO, NH3) - UV (NO <sub>2</sub> )	X-Stream (Emerson)
CO et CO <sub>2</sub>	Détection Infra-rouge non-Dispersif	URAS 10P (Hartmann & Braun)

<https://ccm.univ-littoral.fr>

*Fabrice Cazier – Directeur du CCM*

[cazier@univ-littoral.fr](mailto:cazier@univ-littoral.fr)

**CCM-ULCO**

Centre Commun de Mesures  
Université du Littoral Côte d'Opale  
MREI 1

145 avenue Maurice Schumann  
59140 Dunkerque  
tel : 03.28.65.82.40  
[ccm.univ-littoral.fr](http://ccm.univ-littoral.fr)





Merci pour votre attention !  
<http://www.safeside-project.eu>

