

Quelles innovations en matière de capteurs chimiques de gaz ?

Marianne GUILLEMOT
Département Métrologie des Polluants

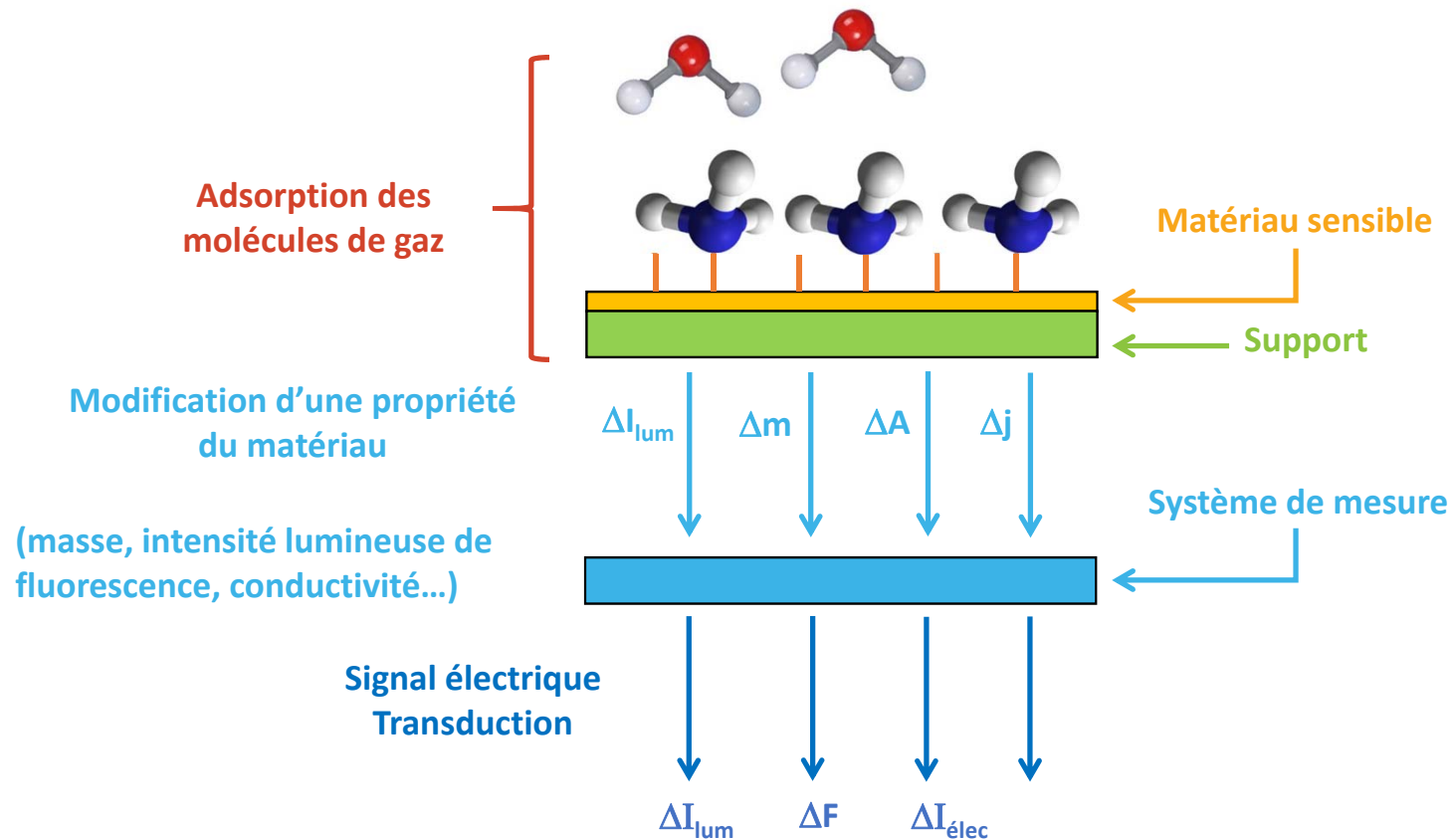
Notre métier,
rendre le vôtre plus sûr

www.inrs.fr

Introduction

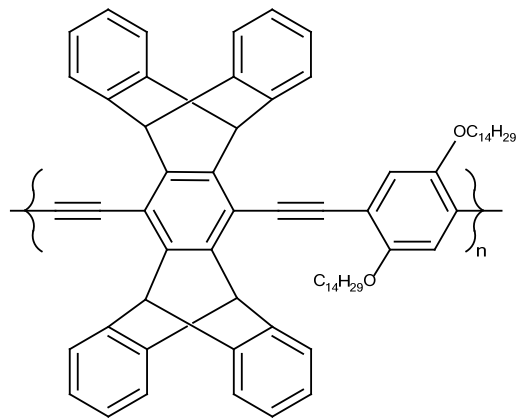
- Les capteurs chimiques sont des systèmes qui convertissent des stimuli chimiques en une forme de réponse qui peut être facilement détectée, tel qu'un changement de couleur, la fluorescence ou un signal électronique
- Détection simple et sensible pour une large gamme de composés ne pouvant pas être détectés par les méthodes traditionnelles
- Forte demande en santé au travail lorsqu'il n'existe pas de méthode traditionnelle validée
- Utile pour la surveillance de la qualité de l'air, la détection de composés organiques volatils, les diagnostics cliniques, la détection des gaz toxiques ou dangereux

Principe de fonctionnement d'un capteur chimique de gaz



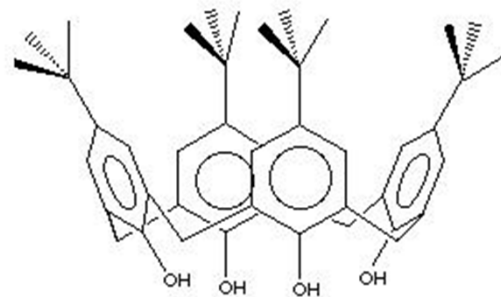
Le matériau sensible : interactions hétérogènes solide / gaz
Le substrat : support du matériau sensible + transducteur

Exemple de matériaux sensibles



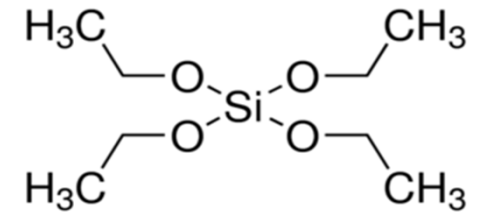
Poly(pentiphenylene) :

Polymère solide,
poreux, fluorescent,
 π -conjugué



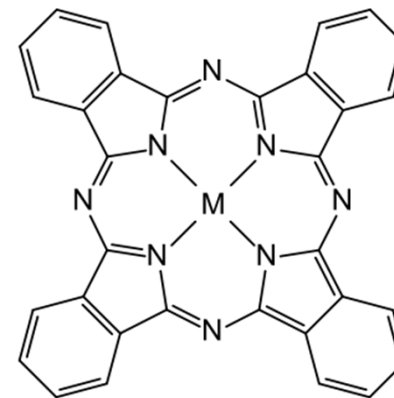
p-t-butylcalix[4]arène :

Pouvoir complexant ; grande
sélectivité apporté par les
groupements fonctionnels



Silice nanostructurée :

Précurseur de silice :
tétraéthoxysilane (TEOS)



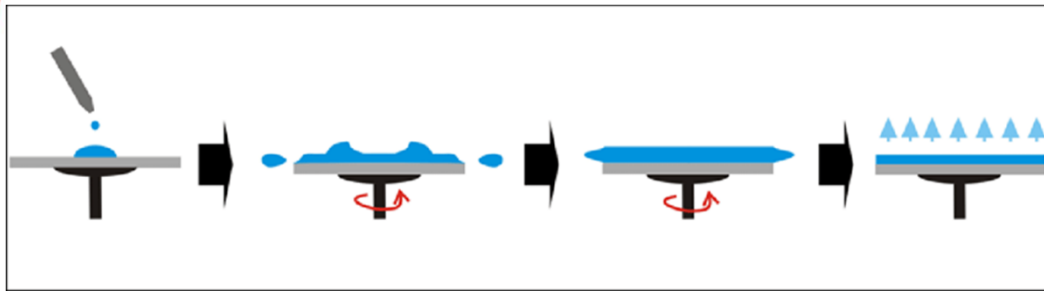
Phtalocyanine :

Macrocycle aromatique
symétrique fluorescent ;
matériau conducteur

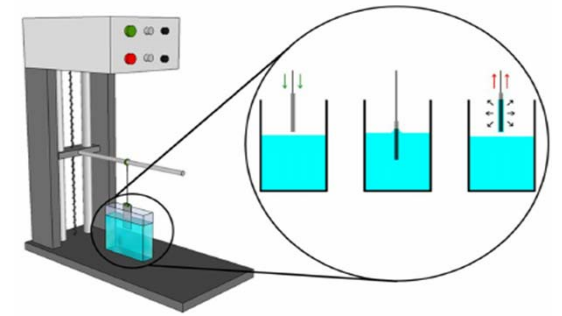
Polymères à empreinte moléculaire

Techniques de mise en forme

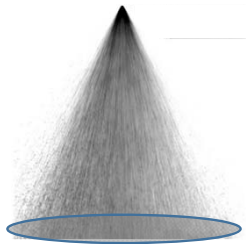
Spin-coating



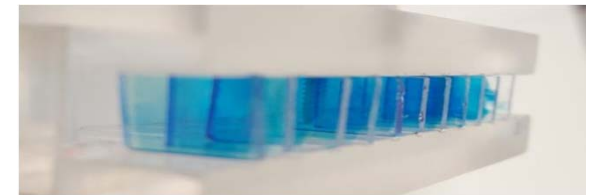
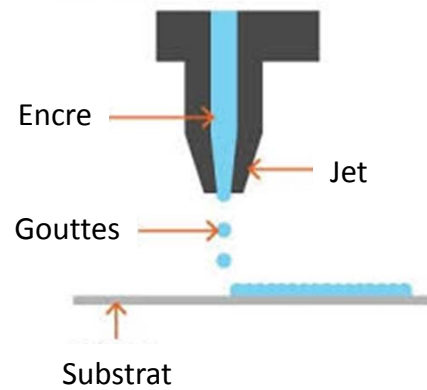
Dip-coating



Spray-coating



Jet d'encre

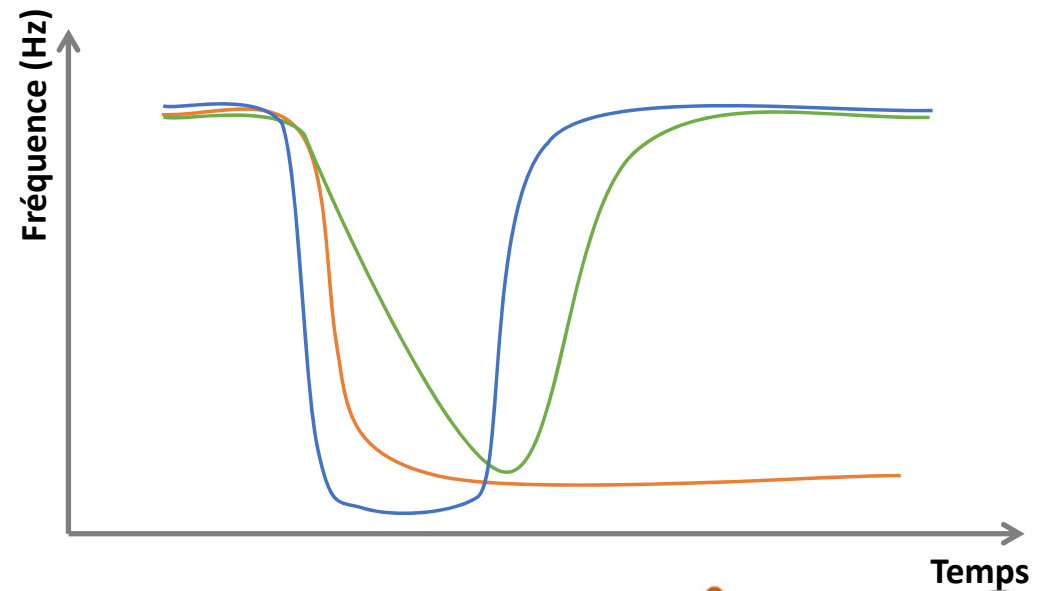
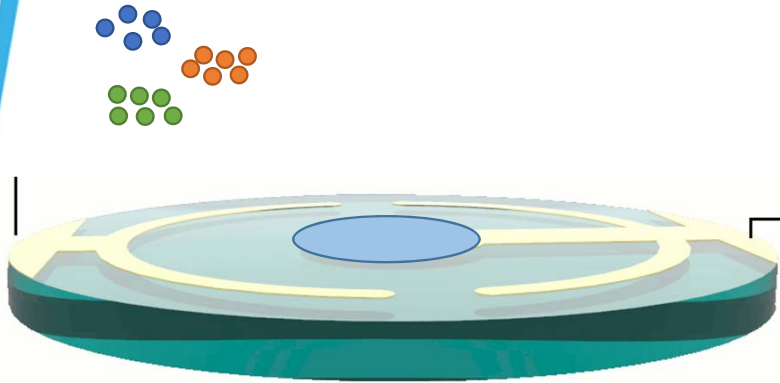


Films homogènes et répétables

Systèmes «matériau sensible/substrat/système de mesure»

Les systèmes piézoélectriques :

- Se déforme lorsqu'il est soumis à une tension électrique
 - Quartz : oscille à une fréquence stable
- L'adsorption entraîne une variation de masse → variation de fréquence d'oscillation
- Variation différente en fonction du type d'interaction analyte/matériau



Systèmes «matériau sensible/substrat/système de mesure»

Les systèmes semi-conducteurs (MOS) :

- Capteurs chimiques de gaz les plus utilisés dans divers secteurs
- Inconvénients majeurs : très peu sélectifs et peu sensibles
- Développement actuel pour améliorer :
 - la sensibilité : MOS nanostructurés
 - la sélectivité : développement de complexes métalliques plus sélectifs

Exemples :

Nanofils à base de cristallites de NiO : détecte le toluène à 11 ppm – interférents : éthanol, acétone, triéthylamine et méthanol

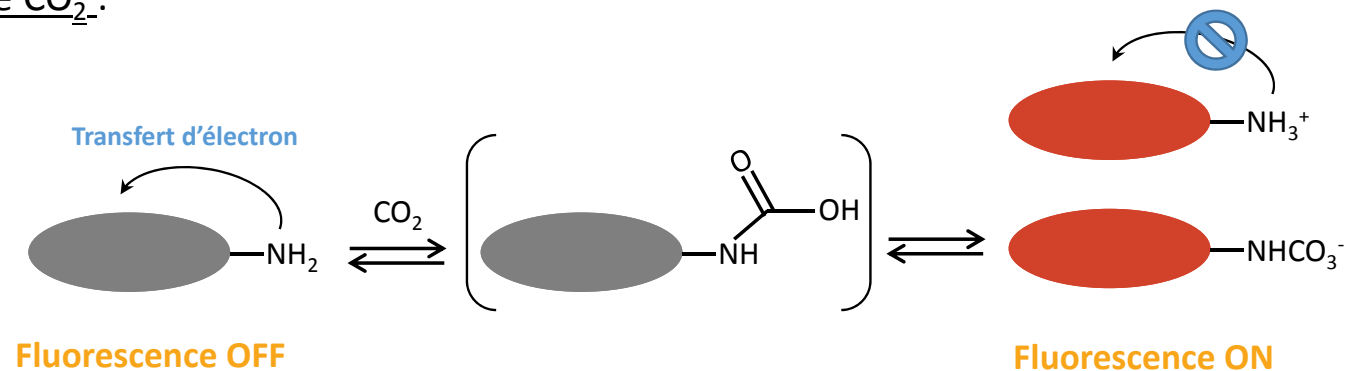
→ complexe métallique $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{NiO}$: sensible à 5 ppm et plus sélectif

Systèmes «matériau sensible/substrat/système de mesure»

Les polymères fluorescents :

- Sous un rayonnement UV, ces matériaux fluorescent naturellement à une longueur d'onde donnée
- L'adsorption à leur surface d'une molécule cible particulière entraîne une variation de la fluorescence
- Système très sélectif mais nécessite la mesure en continu de la fluorescence

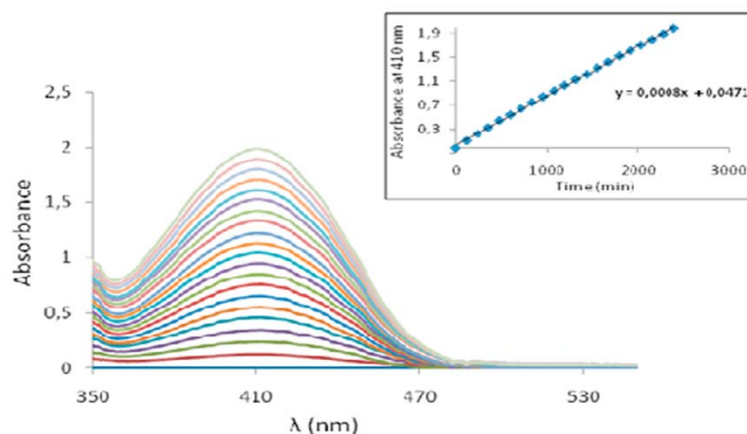
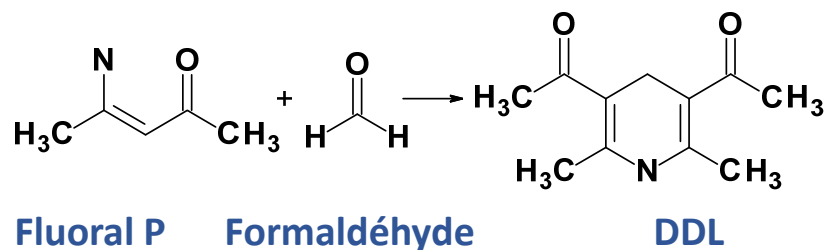
Capteur de CO₂ :



Systèmes «matériau sensible/substrat/système de mesure»

Les systèmes optiques :

- Mesure de la variation d'une propriété optique du matériau après exposition à la molécule cible
- Capteurs utilisables une seule fois nécessitant une réactivité forte vis-à-vis de la molécule cible
- Détection du formaldéhyde : Sol-gel de silice imprégné de fluoral P



Etude des performances

Paramètres à contrôler

- Concentration de polluants
- Température
- Humidité
- Co-polluants gazeux

Paramètres à étudier

- Sensibilité
- Stabilité
- Sélectivité
- Reproductibilité

Traitement du signal

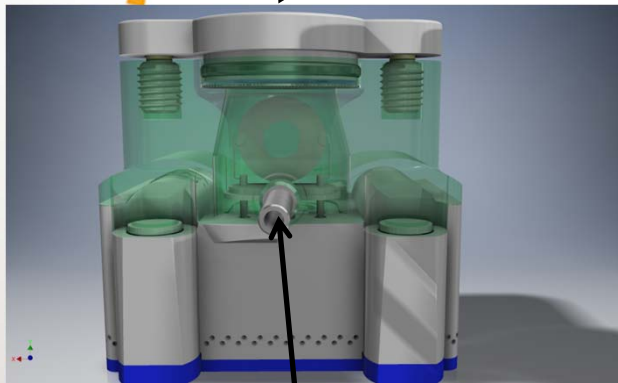
- Modèle théorique cinétique de réaction
- Algorithme de détection
- Miniaturisation

Récents développement de capteurs chimiques pour la détection de gaz toxiques

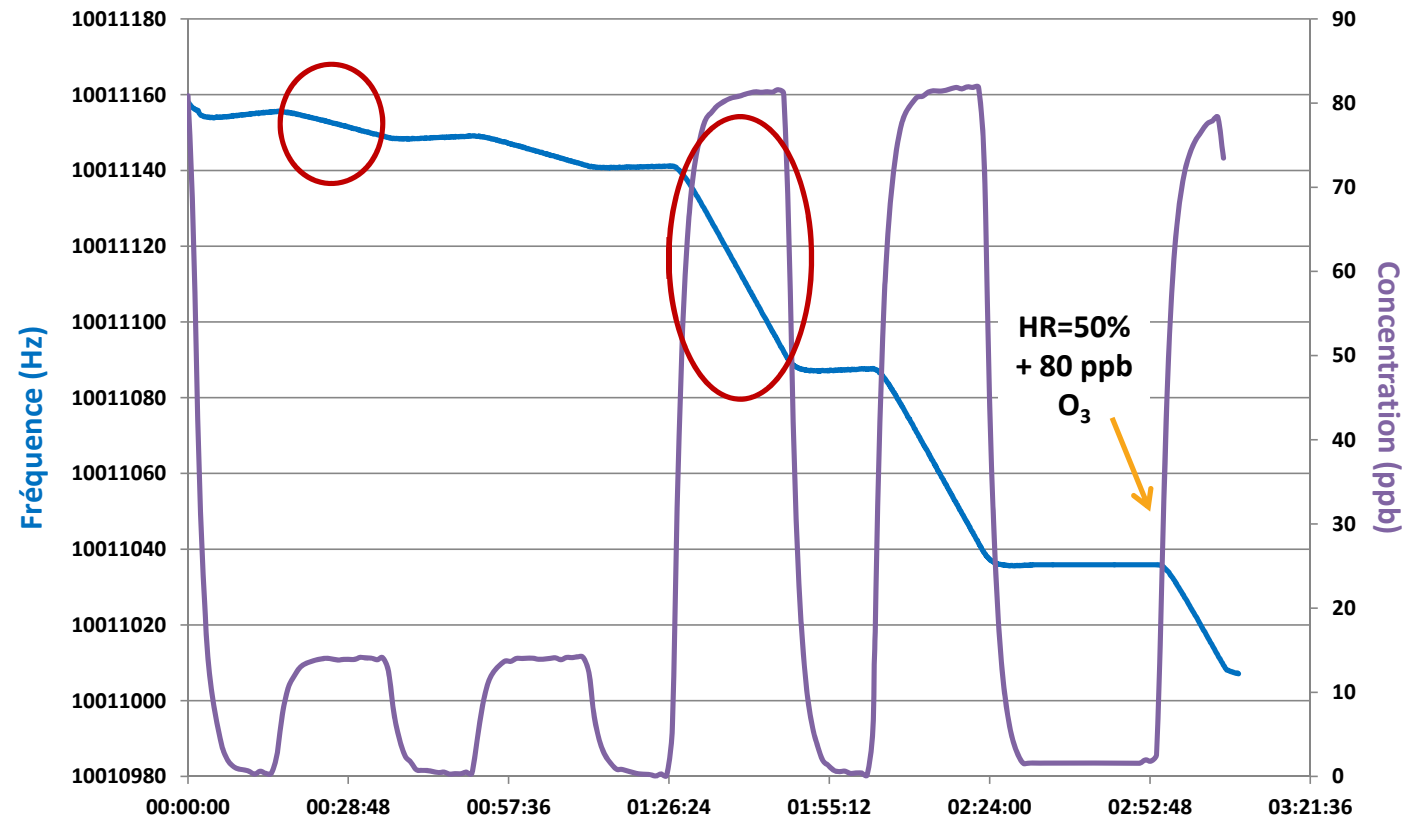
Etude INRS : Microbalance à quartz/polybutadiène pour la détection d'ozone

Pas de méthode conventionnelle validée → besoin d'une méthode pour l'évaluation des expositions individuelles

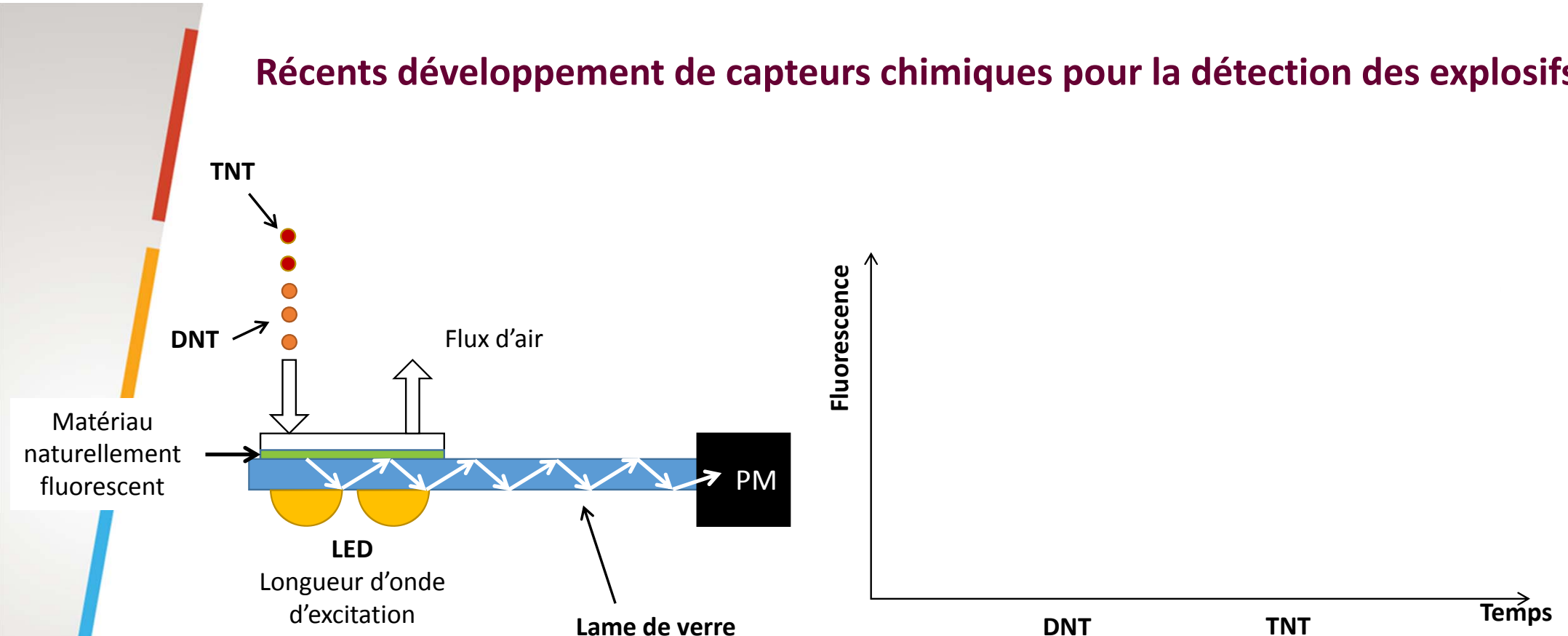
Air, O₃ 10-100 ppb
HR ≈ 50%



Pompe de
prélèvement



Récents développement de capteurs chimiques pour la détection des explosifs



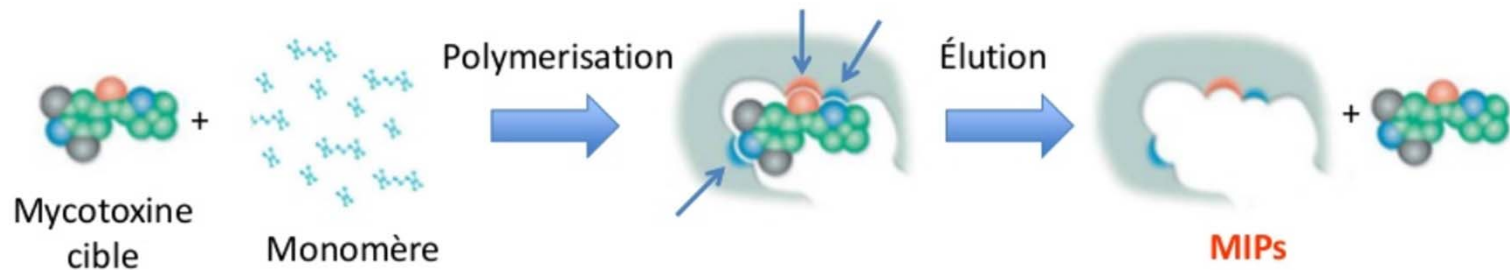
PM : photomultiplicateur : enregistre la fluorescence du matériau

T. Caron et al. Ultra trace detection of explosives in air: development of a portable fluorescent detector, Talanta, 81, 2010, 543-548

Récents développement de biocapteurs

Les polymères à empreintes moléculaires (MIP) pour la détection des mycotoxines :

→ Polymères synthétiques possédant une cavité complémentaire et spécifique de la molécule cible



→ Sélectivité et robustesse

→ Matériau compatible avec différents types de transductions (électrochimique, piézoélectrique)

Lise BARTHELMEBS (EA 4218)

Conclusion

- ✓ Demande croissante en santé au travail pour les substances sans méthode traditionnelle validée
- ✓ Différents types de matériaux sensibles et/ou de mesures (optique, fluo, semi-conducteurs, ...)
 - Capteurs chimiques adaptables à la substance cible :
 - Sélectif
 - Sensible
 - Robuste
- Santé au travail, sécurité des procédés et de la population, détection de maladies ou substances biologiques



Notre métier, rendre le vôtre plus sûr

Merci de votre attention



www.inrs.fr

YouTube



in.