



Don't let the market leave without you

Our know-how makes your success

Etat des lieux et perspectives de développement des technologies de tri des déchets

www.crepim.fr

Thomas TURF, Ingénieur Développement

Tél: 0321616405

Thomas.turf@crepim.fr

Etat de l'art

- Introduction: *Comment transposer les sources disponibles : étude AJI Europe / ADEME*
 - Les 6 techniques maîtrisées
 - Les attentes clés
-

Les Perspectives

- Faire évoluer la matière
 - Faire évoluer les techniques de détection
-

Conclusions

□ Le support bibliographique

- Rapport initial réalisé par **AJI Europe** et édité par l'ADEME en Octobre 2010
- Propose plusieurs sens de lecture



<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=72479&p1=02&p2=10&ref=17597>

□ Le support bibliographique

- Rapport initial réalisé par **AJI Europe** et édité par l'ADEME en Octobre 2010

Champ de l'étude	Zone géographique
<ul style="list-style-type: none">✓ Toute technologie d'identification renvoyant un signal ou un spectre<ul style="list-style-type: none">✓ Sont exclues les techniques de flottation, flottaison, tri balistique, électrostatique, triboélectrique, magnétique etc...	<ul style="list-style-type: none">✓ Europe✓ Etats-Unis✓ Canada✓ Japon

<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=72479&p1=02&p2=10&ref=17597>

□ Le support bibliographique

- La veille technologique semestrielle est éditée via des addendum sur une période de 3 ans
 - Dernière mise à jour disponible éditée en Novembre 2011



- Traite des évolutions et des tendances dans les projets de R&D
- Met à jour les dernières installations industrielles
- Met à jour les technologies commercialement disponibles adaptées au tri de déchets spécifiques (piles, plastiques, métaux...)

<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=72479&p1=02&p2=10&ref=17597>

Etat de l'art

- Introduction: Comment transposer les sources disponibles : étude AJI Europe / ADEME
 - Les 6 techniques maîtrisées
 - Les attentes clés
-

Les Perspectives

- Faire évoluer la matière
 - Faire évoluer les techniques de détection
-

Conclusions

□ Le principe de base

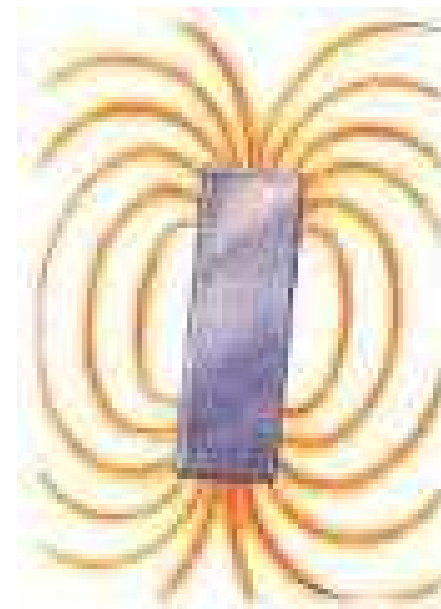
Pourquoi?

Epurer en amont un flux multi-matières
comprenant des pièces métalliques de petit
calibre

Comment?

En perturbant un champ magnétique par des
objets en mouvement

- Cette perturbation constitue une signature spécifique des métaux



□ Le principe de base

Pourquoi?

Séparer un flux en couleurs homogènes (PET, verre)
Identifier des cartes électroniques vertes dans un flux
Séparer les papiers des cartons

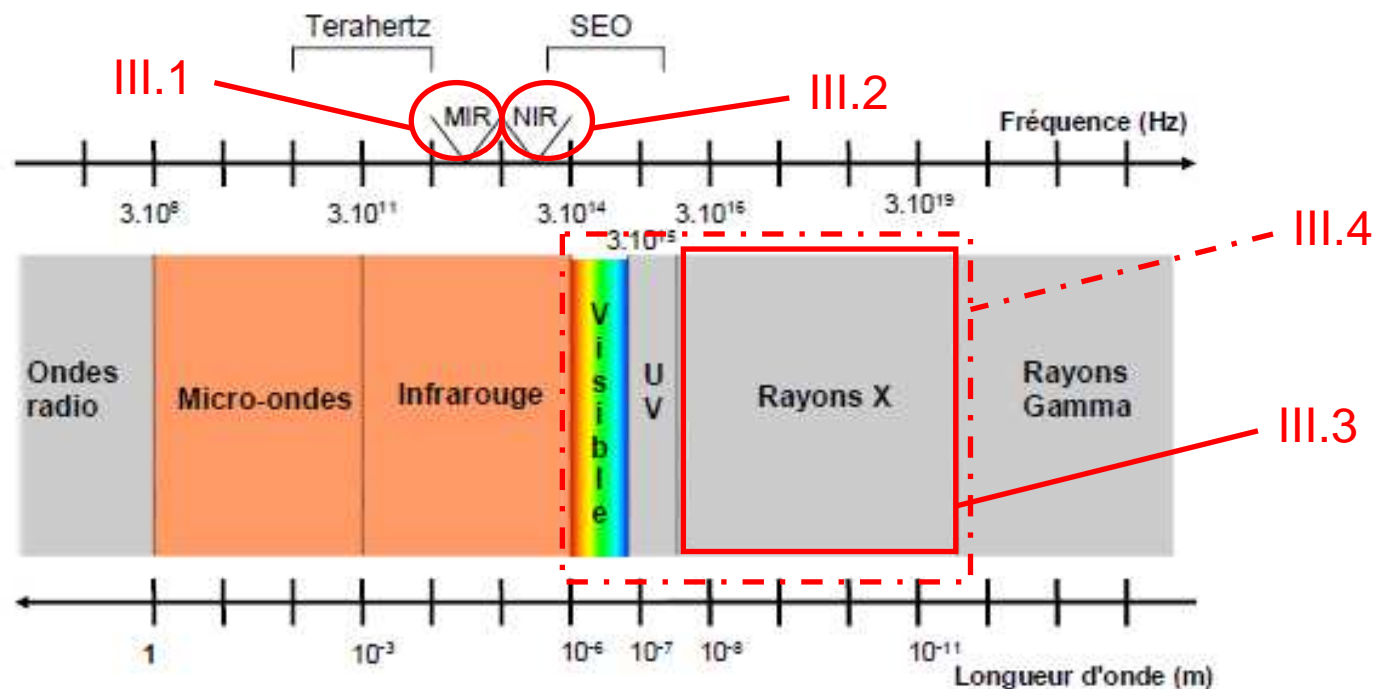


Comment?

A l'aide d'une caméra et d'un prisme (Interprète les couleurs primaires)

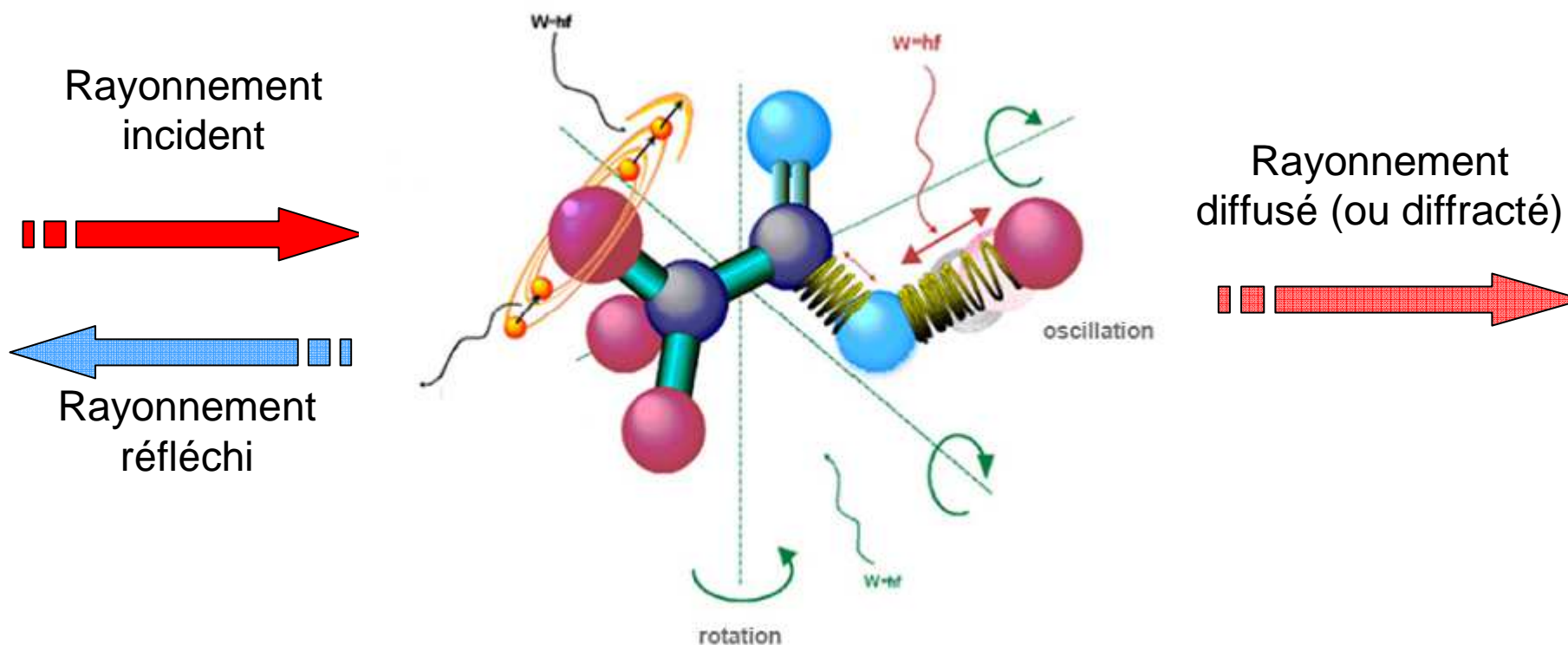
A l'aide d'un spectromètre (Spectre Visible entier → Plus précis et discriminant)

□ Le principe de base



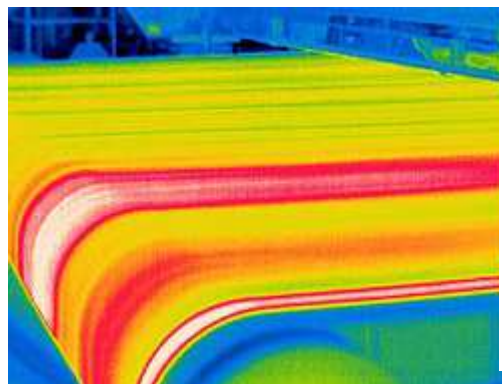
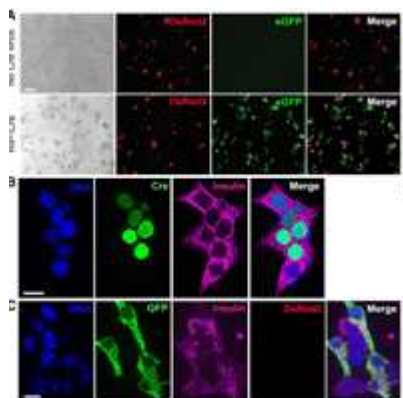
Discriminer les matières par rapport à leurs propriétés physico-chimiques

□ Le principe de base



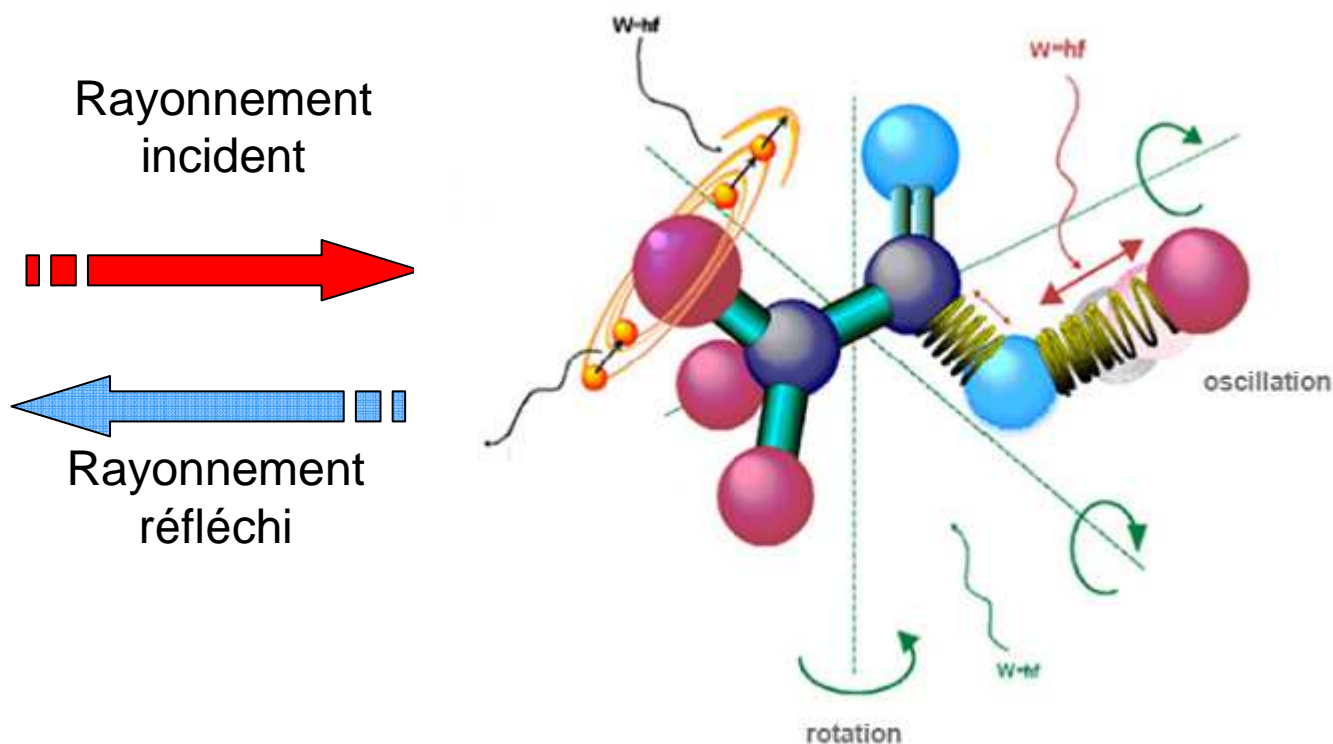
La détection repose sur un couple **Emetteur-Détecteur**

□ Le principe de base



Différenciation des matières par leur « signature »

□ Le principe de base



□ Le Moyen Infra Rouge (MIR)

Quelle information récolte-t-on?

Un thermogramme (dispersion de la chaleur en fonction de la matière et de l'épaisseur) avant et après éclairage par une source MIR

Que sépare t'on?

Les papiers et cartons entre eux

Les papiers par qualité

Les contaminants dans un flux papier



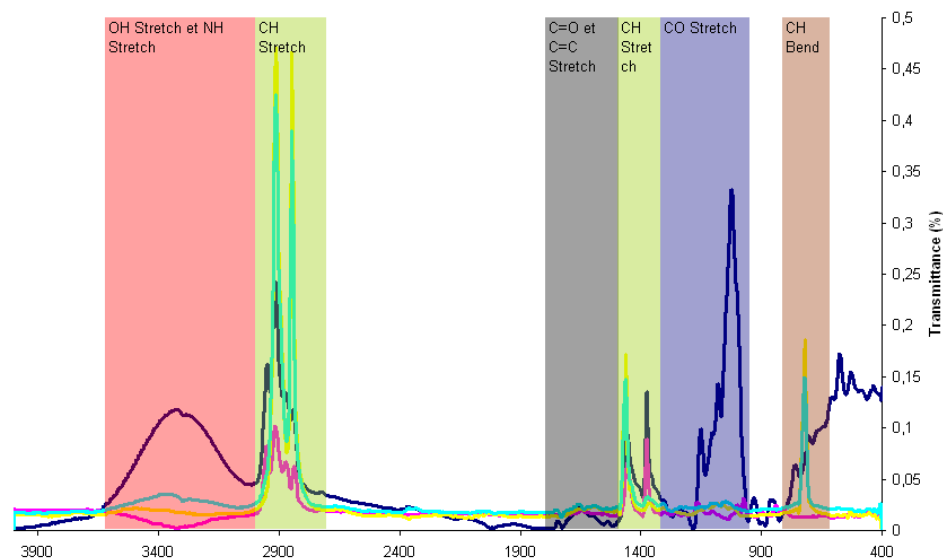
□ Le proche Infra Rouge (NIR)

Quelle information récolte-t-on?

*Des bandes d'absorbance →
L'empreinte spectrale de la matière*

Que sépare t'on?

*Les polymères entre eux
Les fibreux entre eux (papier, coton)
Les inertes*



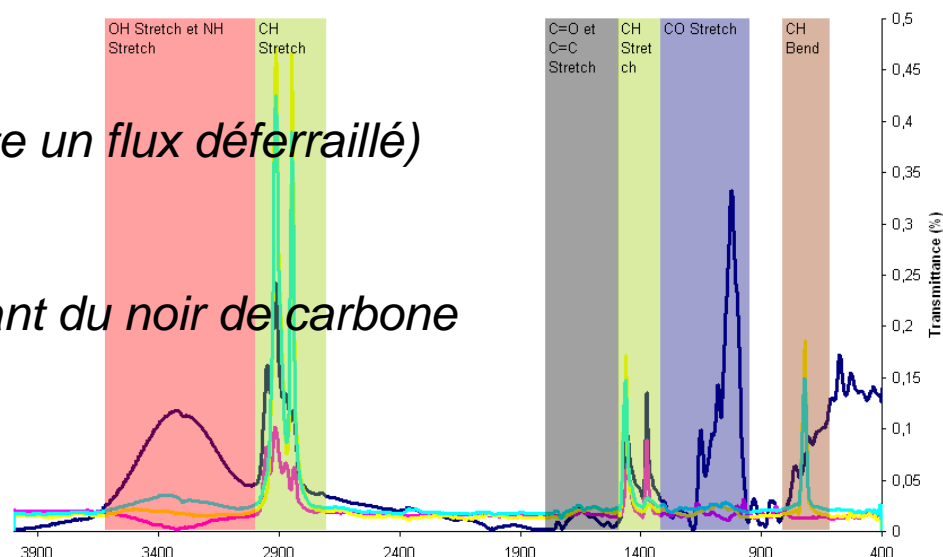
□ Le proche Infra Rouge (NIR)

Point faible:

Ne « voit » pas les métaux (nécessite un flux déferrillé)

Ne distingue pas les additifs bromés

Ne « voit » pas les sables contenant du noir de carbone



Limitations:

Analyse de surface (en réflexion), un bois recouvert de plastique serait mal éjecté

□ Le proche Infra Rouge (NIR)

Dans la pratique:

Le proche Infra Rouge est utilisé en combinaison avec la vision couleur et l'induction pilotée dans:

Ordures Ménagères séparation plastiques, papiers, cartons, aluminium, inertes...

DEEE extraction des plastiques bromés → très peu développé en France

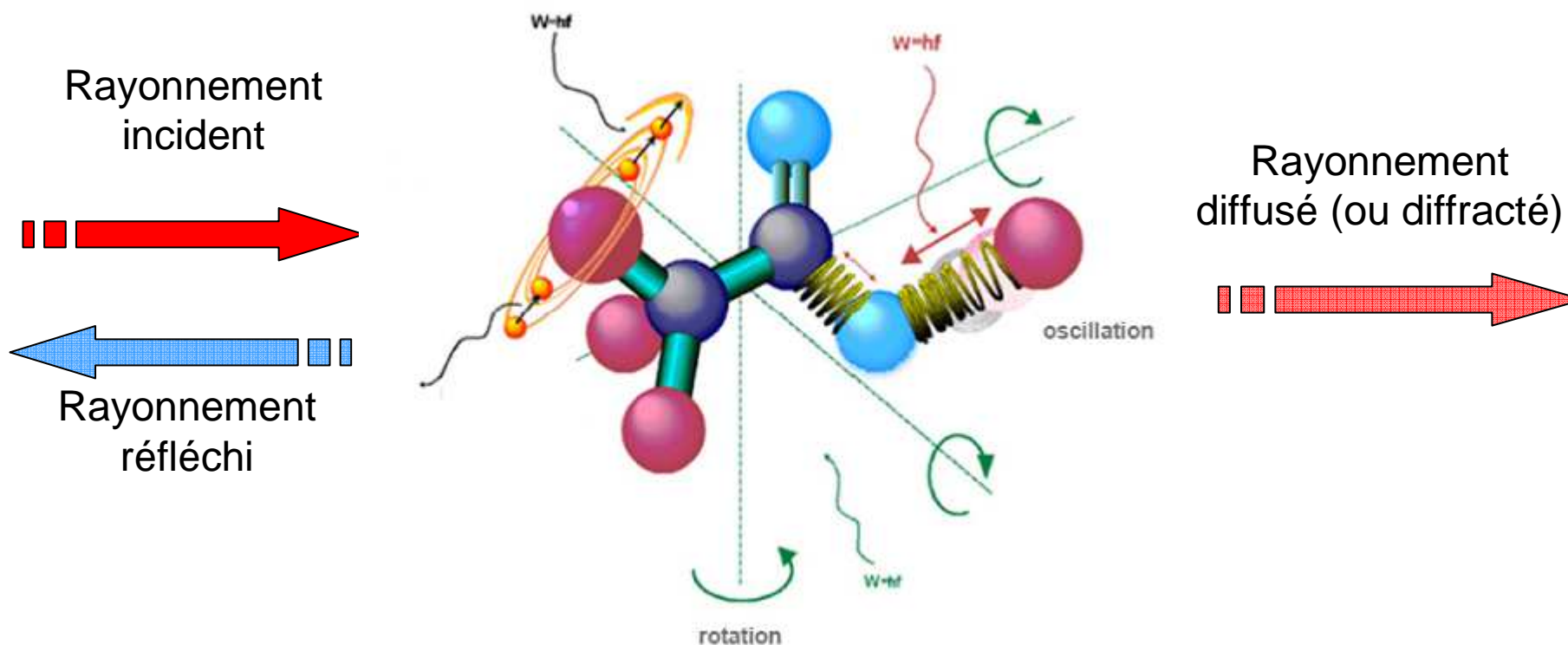
VHU séparation plastiques et métaux après broyage

Déchets de construction Tri des menuiseries PVC (par nuances de blanc), des plâtres

Tri des bois entre eux

L'épuration et le tri du verre par couleur

□ Le principe de base



□ Le Rayonnement X (RX)

Quelle information récolte-t-on?

XRT → L'atténuation du signal la densité atomique

XRF → La composition atomique

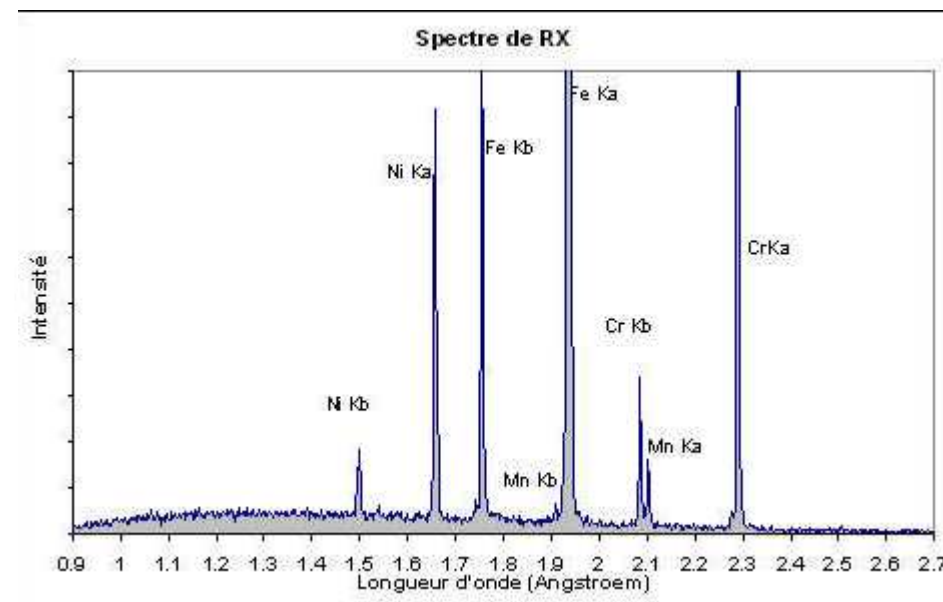
Que sépare t'on?

Les polymères Bromés et/ou Chlorés

Les nuances d'alliages métalliques et d'aciers inoxs

Les verres au plomb, au baryum

Les piles usagées

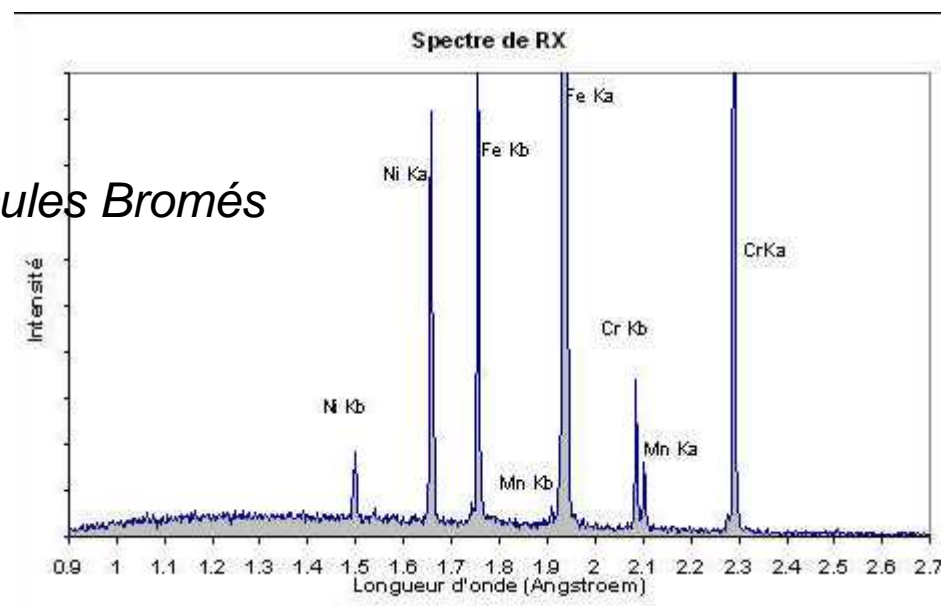
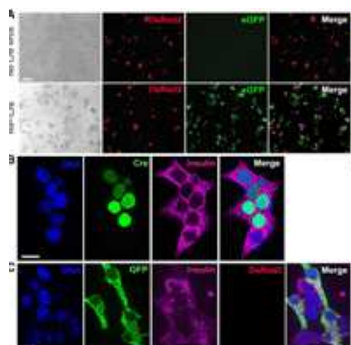


□ Le Rayonnement X (RX)

Point faible:

Ne distingue pas les différentes molécules Bromés

Détecte « mal » les éléments légers



Limitations:

Moins souple d'utilisation que le NIR dans l'épuration des PVC par exemple

□ Le Rayonnement X (RX)

Dans la pratique:

En fonction du moyen de détection (Transmission, Dispersion d'énergie ou Fluorescence), les rayons X sont utilisés dans:

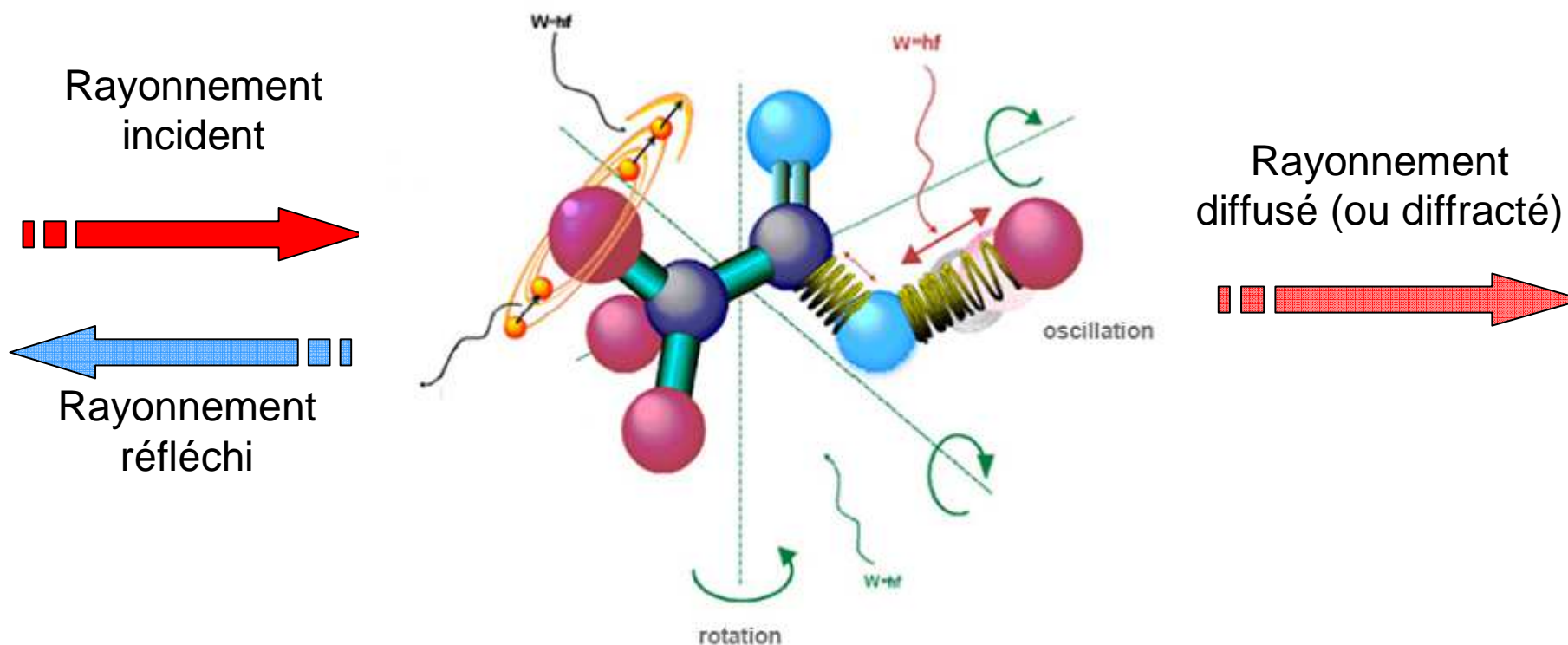
Métallurgie séparation des aciers et alliages par nuances

DEEE extraction des plastiques bromés

Le tri des verres et des piles

CSR Epuration par la détection des chlorés

□ Le principe de base



□ L'effet Raman

Quelle information récolte-t-on?

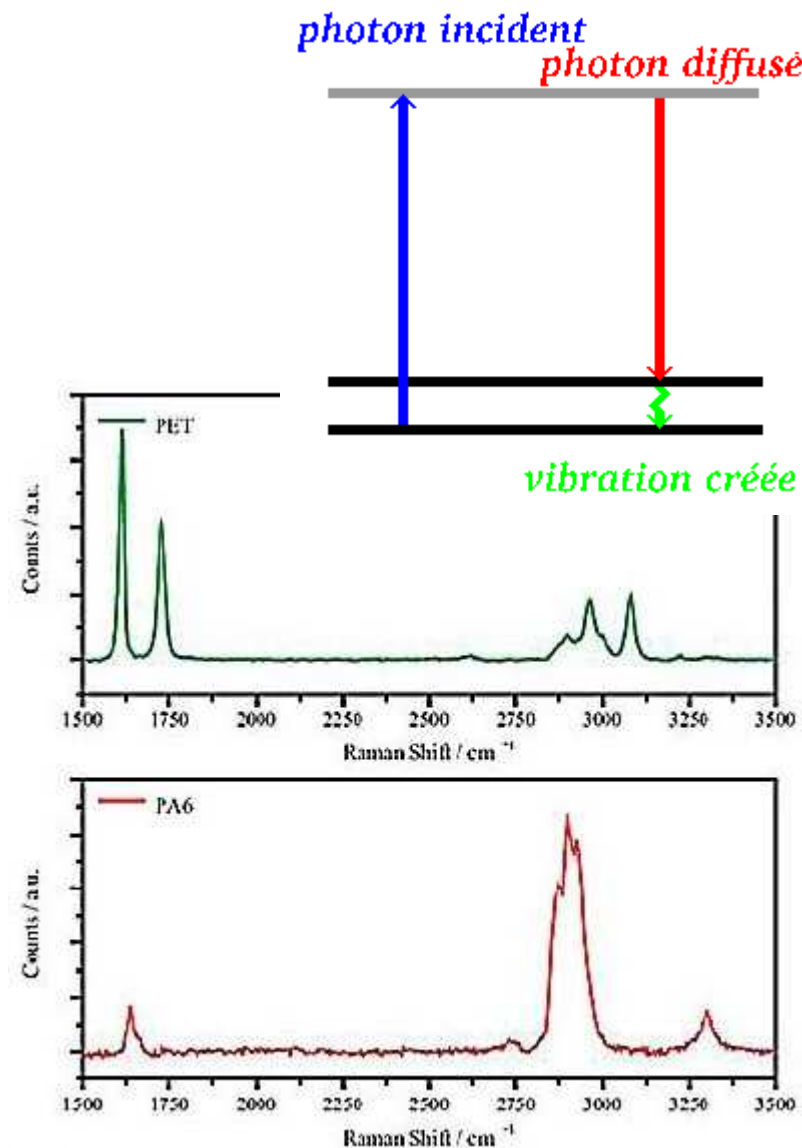
Un déplacement de longueur d'onde → L'empreinte spectrale de la matière

Que sépare t'on?

Les polymères entre eux

Les polymères additivés (PET et PET+TiO₂)

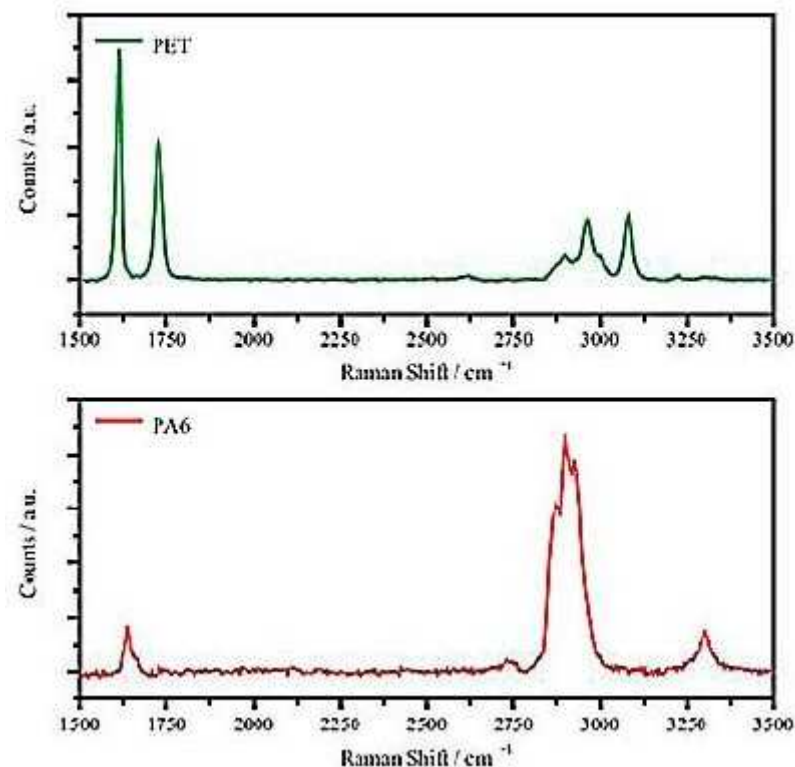
Les polymères multi-couches



□ Le Raman

Point faible:

N'est dédié qu'aux plastiques



Limitations:

Les phénomènes de fluorescence écrase le signal et rendent impossible l'identification des raies Raman.

□ Le Raman

Dans la pratique:

Le Raman est une technique émergente qui est utilisée en combinaison avec un détecteur de fluorescence et une vision couleur dans:

Déchets Ménagers *Epuration d'un flux de PET broyés par couleur et par niveau de « contamination »*

Déchets Ménagers *Identification des contenants multi-couches*

VHU séparation plastiques sombres après broyage (PVC et SMA)

Etat de l'art

- Introduction: Comment transposer les sources disponibles : étude AJI Europe / ADEME
 - Les 6 techniques maîtrisées
 - Les attentes clés
-

Les Perspectives

- Faire évoluer la matière
 - Faire évoluer les techniques de détection
-

Conclusions

Les plastiques

- Par type d'additifs bromés
- Les plastiques sombres utilisant du noir de carbone
- Certains alliages de plastiques

Les aciers

- Améliorer la détection des teneurs en nickel dans les aciers inox

Les déchets du BTP

Les mâchefers d'incinération

- Comment détecter et collecter les métaux (en particulier l'aluminium ménager)

Etat de l'art

- Introduction: Comment transposer les sources disponibles : étude AJI Europe / ADEME
- Les 6 techniques maîtrisées
- Les attentes clés

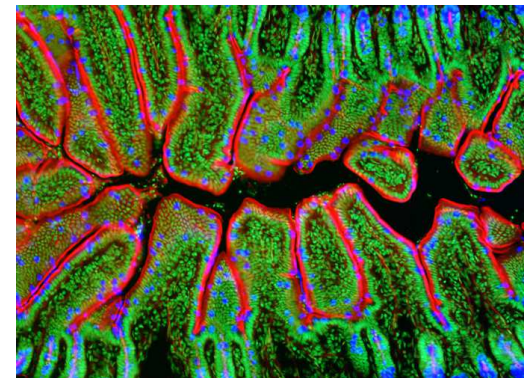
Les Perspectives

- Faire évoluer la matière
- Faire évoluer les techniques de détection

Conclusions

❑ Pourquoi?:

- Donner une signature aux formulations de plastiques pour améliorer la pureté et la sélectivité des systèmes de tri.



❑ Définition:

- Un traceur est un élément du tableau périodique dont une des couches électroniques est incomplète. Un traceur possède la capacité de passer de l'état excité à l'état fondamental en émettant un photon distinctif.
- Un traceur peut être un élément aux propriétés magnétiques distinctives

❑ Comment?:

- En mettant en évidence la présence de ces traceurs par tri magnétique, fluorescence X ou par UV.
- En normalisant le traçage des matériaux polymères avec l'AFNOR (Projet TRIPTIC)



Un plastique sombre (au noir de carbone) équipé d'un traceur fluorescent restera invisible aux rayons UV.

□ Pourquoi?:

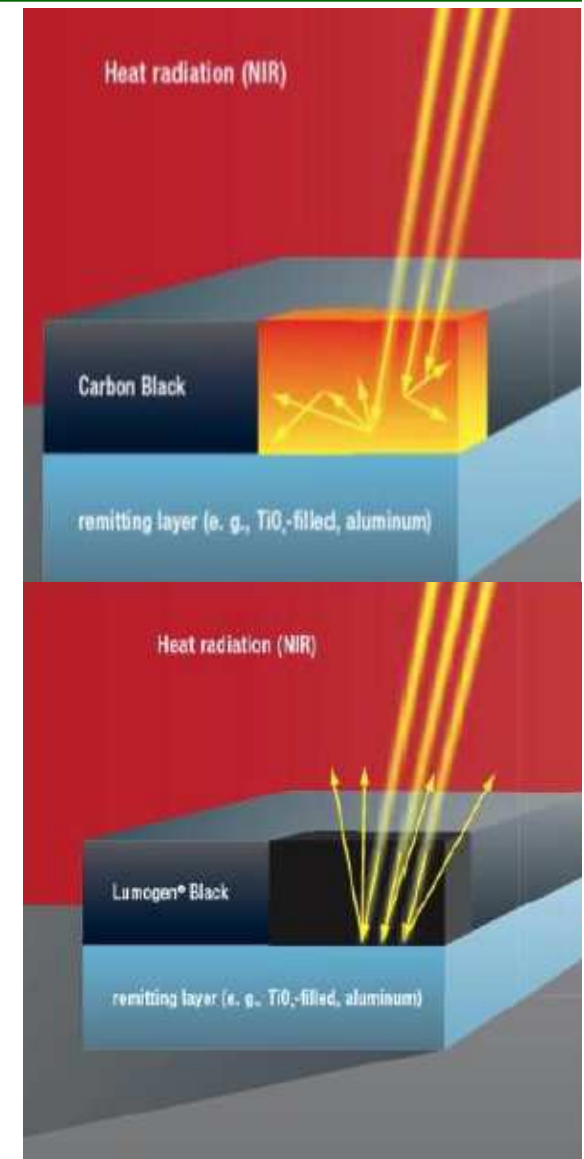
- Permettre aux technologies actuelles (NIR) d'identifier les plastiques sombres par nature de polymères.

□ Définition:

- La couleur nait des longueurs d'ondes du spectre visible absorbées par la matière.

□ Comment?:

- En développant des molécules absorbant les longueurs d'ondes du spectre visible tout en étant transparentes aux longueurs d'onde du proche IR



http://www.wrap.org.uk/recycling_industry/publications/black_plastic.html

Etat de l'art

- Introduction: Comment transposer les sources disponibles : étude AJI Europe / ADEME
- Les 6 techniques maîtrisées
- Les attentes clés

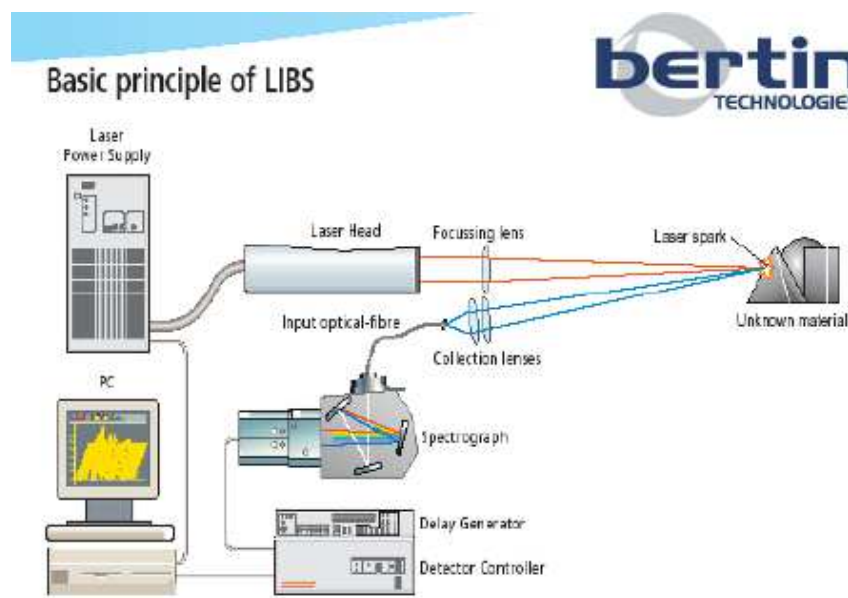
Les Perspectives

- Faire évoluer la matière
- Faire évoluer les techniques de détection

Conclusions

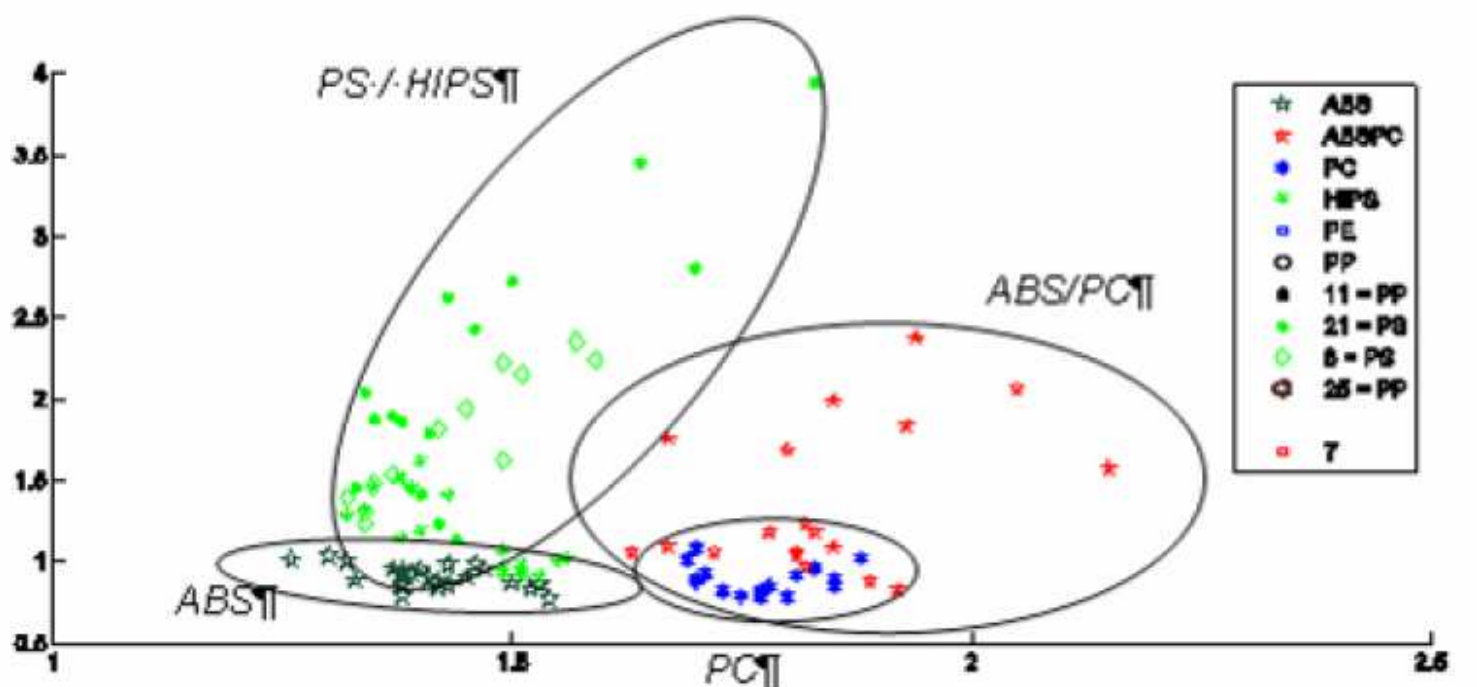
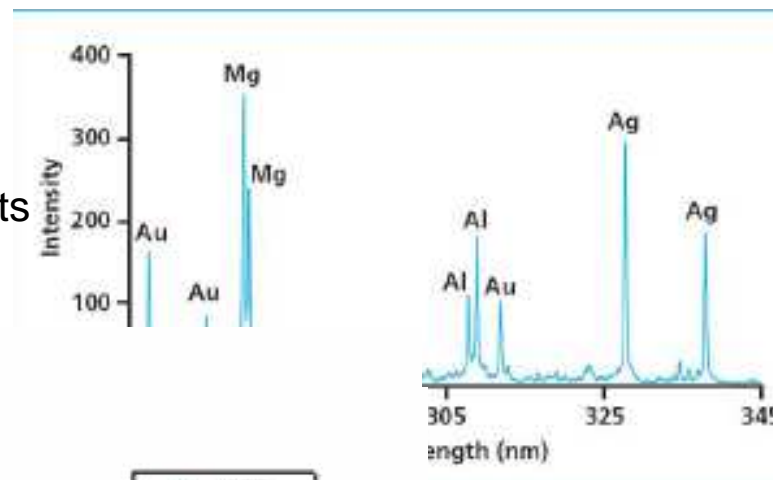
□ Principe de base:

- Focaliser un rayon laser monochromatique de basse longueur d'onde (très énergétique) à la surface d'un échantillon.
- La forte énergie par unité de surface sublime instantanément la surface du matériau avant l'extinction du laser
- La fin de l'impulsion laser transforme la vapeur de matière en un plasma dont les émissions dans le visible et l'UV sont caractéristiques



□ Quelle information:

- La composition élémentaire
- La mesure quantitative des atomes présents
- L'identification via des bibliothèques



□ peut s'appliquer au tri de:

- Des métaux, semi-conducteurs, verres, tissus biologiques, plastiques

□ Les avantages:

- Analyse indépendante de la couleur ou de la matière
- Détecte les atomes légers (contrairement au XRT et XRF)
- Limite de détection très faible (contrairement au XRF)
- Détecte les dérivés bromés (contrairement au NIR)
- Le laser peut décaper la surface d'un matériau revêtu

□ Les inconvénients:

- Analyse destructive
- Analyse statique (pour le moment)

Etat de l'art

- Introduction: Comment transposer les sources disponibles : étude AJI Europe / ADEME
- Les 6 techniques maîtrisées
- Les attentes clés

Les Perspectives

- Faire évoluer la matière
- Faire évoluer les techniques de détection

Conclusions

- ❑ Le choix et le développement des technologies de tri est fortement lié aux méthodologies de collecte, de démantèlement mis en place et de stockage en amont.

- ❑ L'efficacité d'un système d'identification et de tri repose sur:
 - La connaissance des propriétés physico-chimiques « différenciantes »
 - La préparation du flux
 - Le couplage des émetteurs-détecteurs



Questions ?

