

Les besoins en imagerie hyperspectrale dans l'exploration pétrolière

Malcolm Massuyeau, Jean-Paul Xavier
TOTAL S.A., Avenue Larribau, 64000 PAU Cedex 18

Colloque d'inauguration de la Société Française de Télédétection Hyperspectrale (SFTH)
7-8 avril



Techniques de Télédétection en exploration pétrolière

- Aujourd'hui, de nombreuses techniques de Télédétection sont déjà employées dans le secteur pétrolier, en vue de la détection et de la caractérisation d'objets de la surface.

- Les applications concernent principalement les domaines suivants :

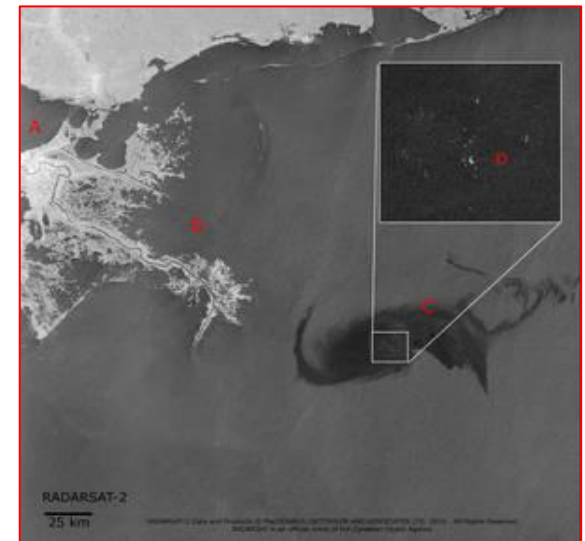
- l'onshore et le offshore
- la géologie, l'environnement ou l'occupation du sol

- Exemples concrets :

- photo-intrepretation à partir d'images SPOT ou Landsat, DEM
- Quantifications des éléments géomorphologiques à partir de MNT
- Détection de pollution à partir d'images radar

Aujourd'hui, le besoin primordial concerne le passage de la simple détection visuelle, ou cartographie, à la caractérisation physico-chimique des objets de surface et cela pour de nombreux domaines.

Exemple : Image de la marée noire au niveau de la plateforme Deepwater Horizon, Louisiane (Avril 2010), obtenue à partir du satellite Radarsat



[Canadian Space Agency](http://www.asc.ca)

Domaines d'intervention : les besoins

- La caractérisation spectrale et la cartographie des hydrocarbures et de ses environs :
 - Les sols impactés
 - La végétation et son stress
 - Les altérations de la lithologie des affleurements
- La caractérisation et la distinction de différents types de roches à la surface terrestre
 - Distinction de corps sédimentaires (*exemple : calcaires et dolomies*)
- La caractérisation et la cartographie des milieux marins peu profonds :
 - Etude de la cartographie en milieu peu profond (*exemple : Récifs coralliens*)
 - Cartographie des zones littorales (*exemple : mangrove, roseaux*)
- La recherche d'affleurements ayant un contenu de type volcanique ou salifère
- La détection et la caractérisation de gaz atmosphériques tels que COV, H₂S ou CO₂

→ Intérêt de la télédétection hyperspectrale

La Télédétection hyperspectrale dans le secteur pétrolier

- Actuellement, les points précédemment cités ont déjà connus des avancées dans le domaine hyperspectral.
- De nombreux résultats et hypothèses ont pu être émis, principalement par l'utilisation de capteurs aéroportés ou de spectroradiomètres de terrain. Les domaines privilégiés de l'étude hyperspectrale restent aujourd'hui :
 - la minéralogie, la lithologie
 - la végétation
 - Le littoral
 - La détection des gaz
- Des axes de progrès concernent l'étude plus précise des domaines marins peu profonds, notamment sur les sujets :
 - les milieux coralliens
 - la bathymétrie
- La détection et la caractérisation des hydrocarbures, ainsi que leurs interactions avec les environs, en domaine onshore et offshore sont des points essentiels.

La caractérisation spectrale des Hydrocarbures : *le domaine offshore*

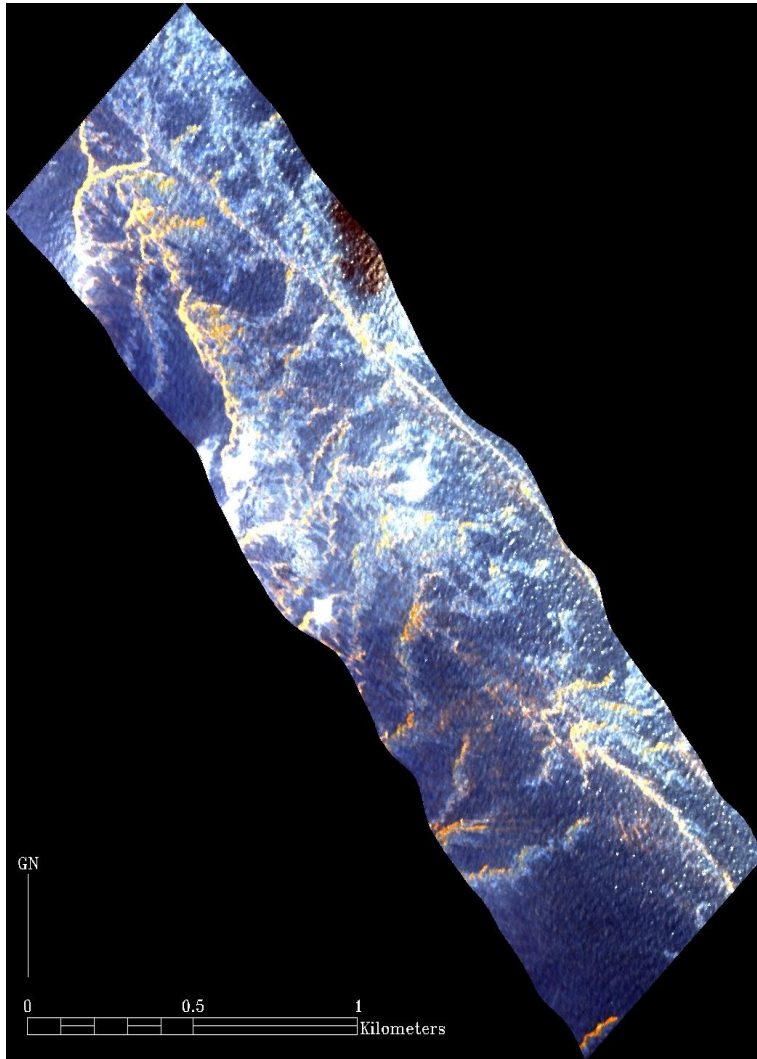
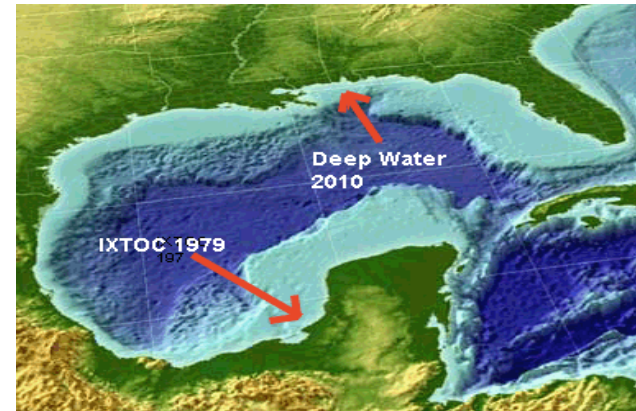


Image AISA DUAL (représentation TRUECOLOR)

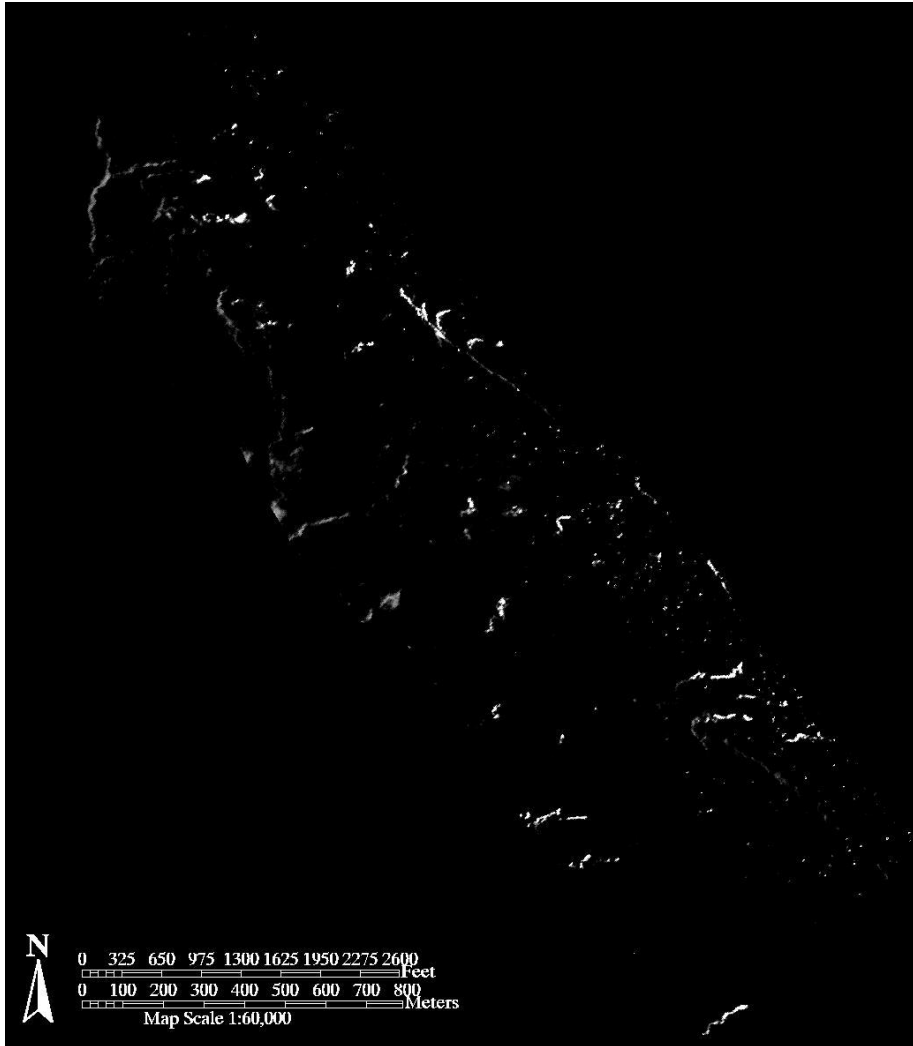
Exemple : Accident Deepwater Horizon, 20 avril 2010 (Golfe du Mexique, au sud des USA)



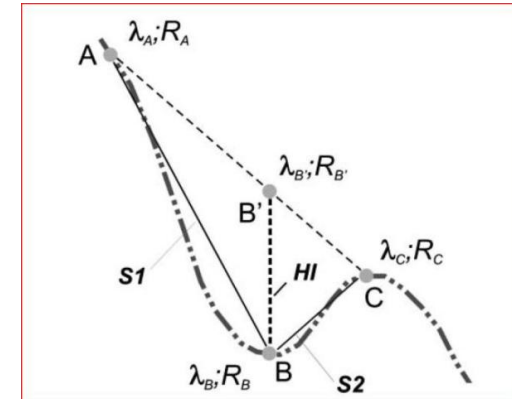
Localisation de l'accident Deepwater Horizon (Golfe du Mexique)

- Ce que l'on peut voir sur l'image AISA DUAL :
 - en jaune/orange : sûrement hydrocarbures
 - presque jaune/orange : irisations
 - bleu : zones d'eau les moins touchées
 - zone marron au nord-est : faible concentration en hydrocarbures
- Utilisation des bandes à 1,73 μm et 2,31 μm notamment pour quantifier hydrocarbures (*Hydrocarbon Index, ou HI*) (d'après Kühn et al., 2004)

La caractérisation spectrale des Hydrocarbures : le domaine offshore



Application de l'indice HI sur l'image AISA DUAL



avec $\lambda_A = 1707,30$ nm, $\lambda_B = 1731,29$ nm, $\lambda_C = 1743,29$ nm, et R_A , R_B et R_C leur radiance respective

Mode de calcul de « l'Hydrocarbon Index »

Questions :

- Peut-on quantifier des volumes, des épaisseurs à partir de ce type de données?
- De tels résultats possibles peuvent-ils être obtenus avec des capteurs satellite type Hyperion ?
- Peut-on faire la distinction Hydrocarbures / sosies (algues, zones de vitesse de vent, etc.) ?

La caractérisation spectrale des Hydrocarbures : *le domaine onshore*

Caractériser, à partir d'images satellite, des micro-suintements en surface (« microseepages »).

Exemple : Image Hyperion, en Californie, à l'est de Santa Barbara, au niveau de Sulphur Mountain.

- Application du « HI » , en utilisant la bande située vers 1730 nm.
- Détection des « microseepages » par d'autres indices
 - ✓ altérations argileuses, carbonatées
 - ✓ stress de la végétation

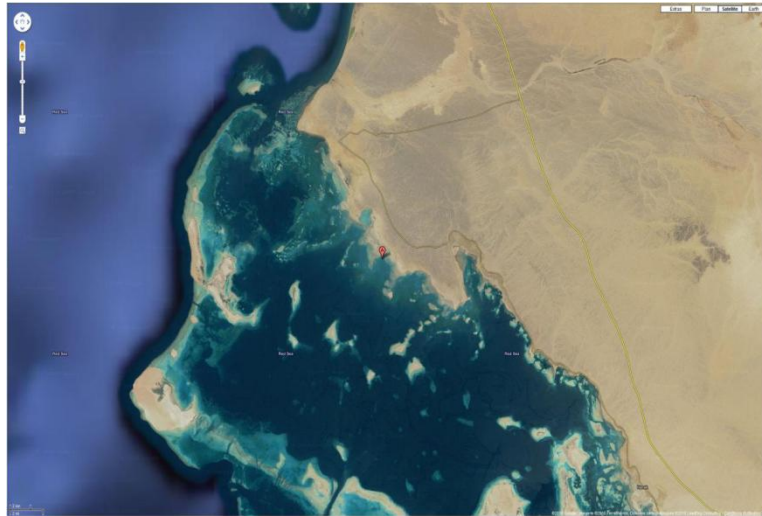
Questions :

- Existe-t-il d'autres moyens de détecter des microseepages en domaine onshore en utilisant des capteurs satellite ?
- De tels capteurs ont-ils une résolution suffisamment bonne pour permettre la détection de fuites à l'échelle du mètre, voire même du centimètre ?

Image HYPERION (représentation TRUECOLOR)

Application de l'indice HI sur l'image HYPERION

La caractérisation spectrale des domaines marins peu profonds



→ Exemple : *Etude au nord-ouest de Hanak, sur les côtes de la Mer Rouge*

- Classification isodata 20 classes :
 - une classification semble être faite sur la bathymétrie peu profonde
 - la distinction des coraux avec la bathymétrie n'est pas bien visible

- Application dérivée « Hydrocarbon Index » :
« **Coral Index** »

→ distinction propre du corail

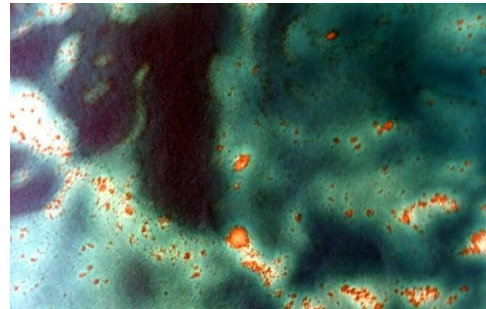
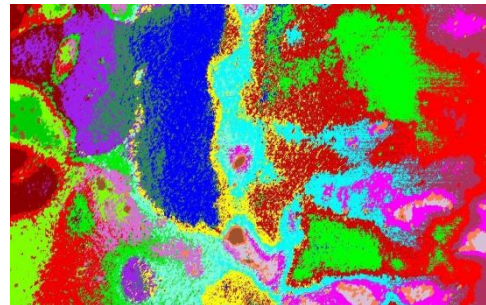
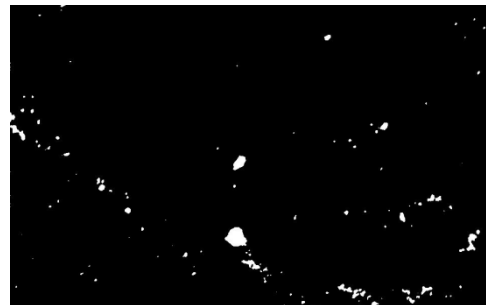


Image AISA (représentation TRUECOLOR)



Classification ISODATA 20 classes (d'après N. Pohyer)



Application « Coral Index » (d'après N. Pohyer)

Questions :

- Peut-on cartographier simplement, avec quelques classes, les domaines peu profonds avec seulement des capteurs aéroportés et satellite ?
- Peut-on établir une librairie spectrale de référence pour classer ce domaine d'un point de vue opérationnel ?
- La caractérisation de la bathymétrie peu profonde (10 premiers mètres), avec un capteur satellite, est-elle possible?
- Peut-on établir des relations entre les récifs coralliens et la bathymétrie?

Conclusions

- De nombreux besoins dans le secteur pétrolier commencent à apparaître en Télédétection hyperspectrale. Ils concernent la caractérisation physique des différents objets présents à la surface de la Terre.
- De nombreux travaux ont été réalisés mais certaines applications restent à développer.
- La principale question qui se pose est celle de la mise en œuvre opérationnelle de ces applications :
 - Techniques aéroportées , y compris les drones ? → mise en œuvre complexe
 - Techniques spatiales ? → quid des futurs programmes satellites