

P1-0 000 R1 1
TRH: +0.4

La détection en mer sous la surface pendant l'accident de Deepwater Horizon



Richard Camilli

**Woods Hole Oceanographic Institution
Dept of Applied Ocean Physics and Engineering
Deep Submergence Laboratory**



QUESTIONS SIMPLES



Ampleur Des Dégâts Pour Le Puits?

Taux De Fuite Des Hydrocarbures?

Composition Chimique?

Où Vont Les Hydrocarbures?

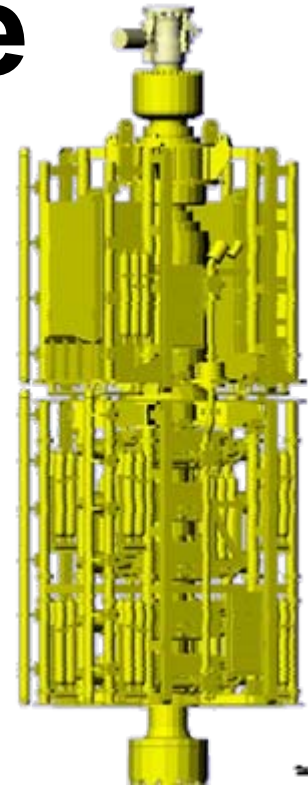
Impacts Environnementaux?

Une Question d'Échelle

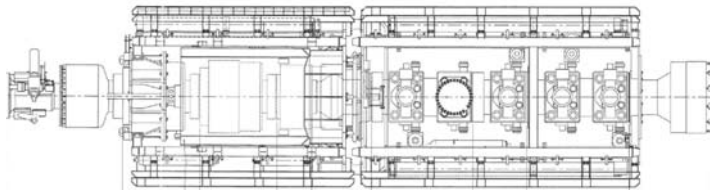
Tank M1 (9.8 m 61 tonnes)



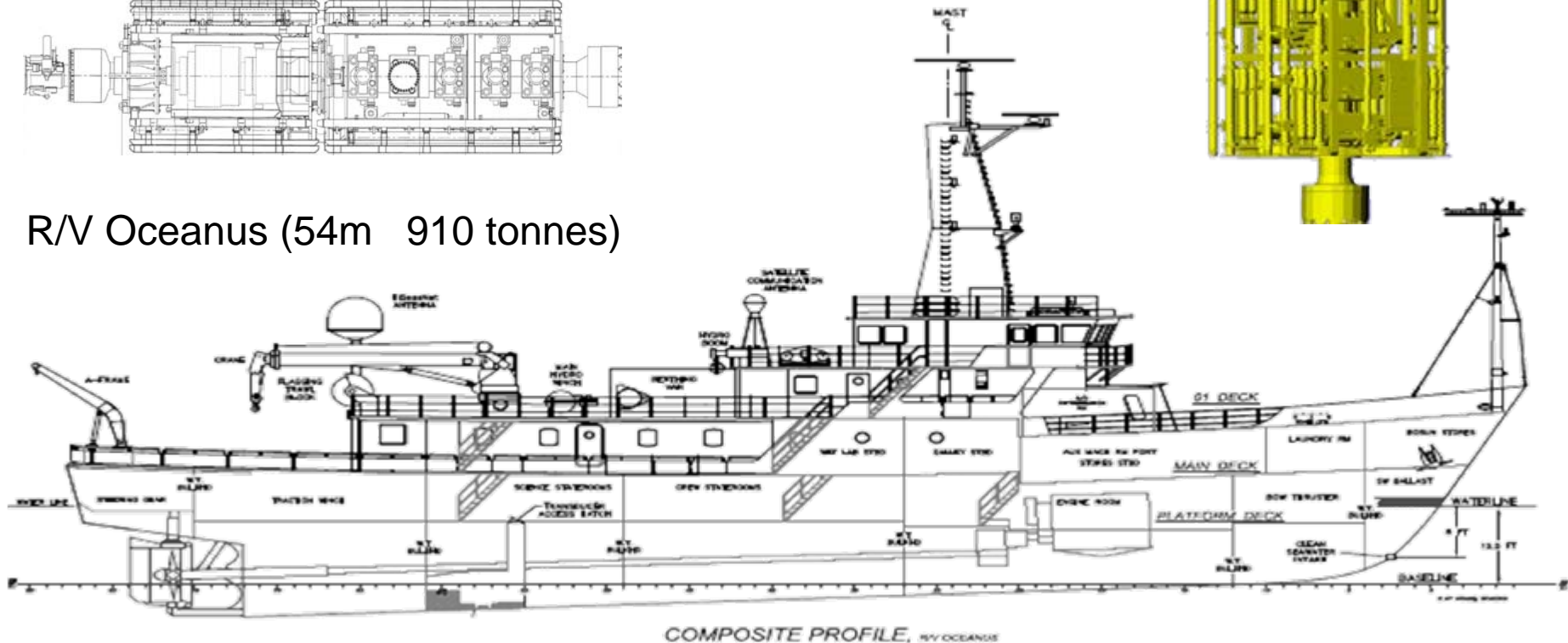
TL BOP
48 cm diamètre
1,000 bars de pression de service



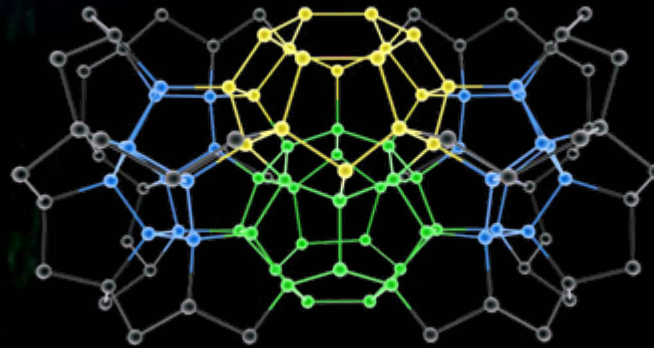
BOP (16.5 m 280 tonnes)



R/V Oceanus (54m 910 tonnes)



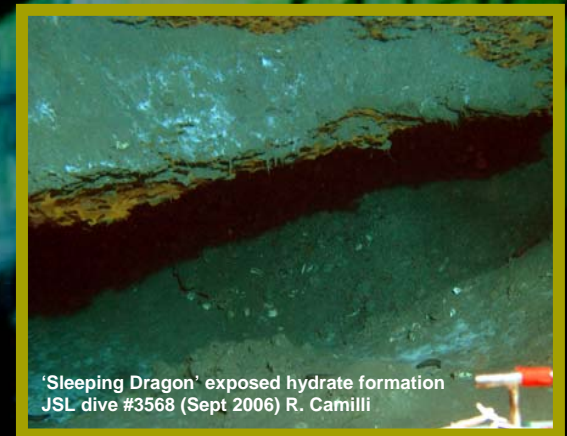
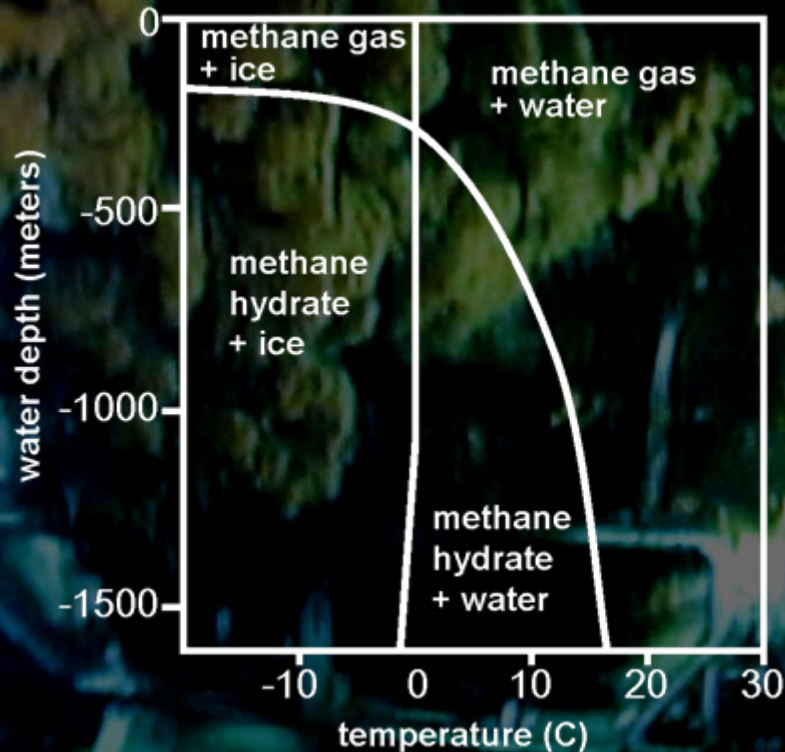
...et de Profondeur



from K. Jordan *Projects in Scientific Computing* 2005



P. Kelley,
US Coast Guard



'Sleeping Dragon' exposed hydrate formation
JSL dive #3568 (Sept 2006) R. Camilli





MEDICAL CHART

Patient: **Golfe du Mexique**

maladie: hémorragie interne sévère

détails: explosion du puits Macondo

Médecin traitant: Dr. Rov-Auv

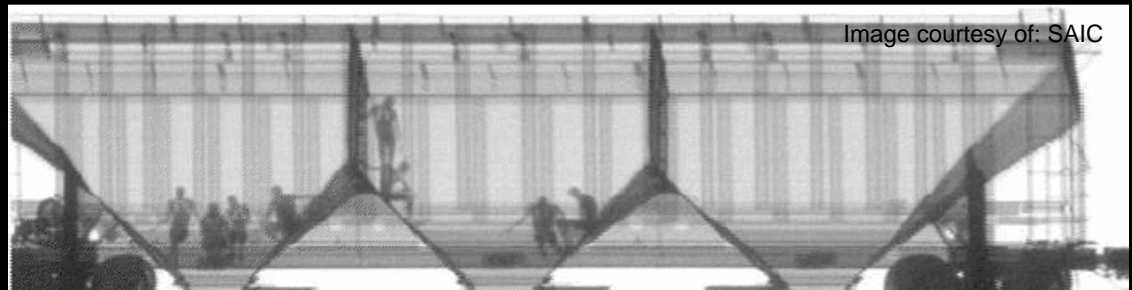
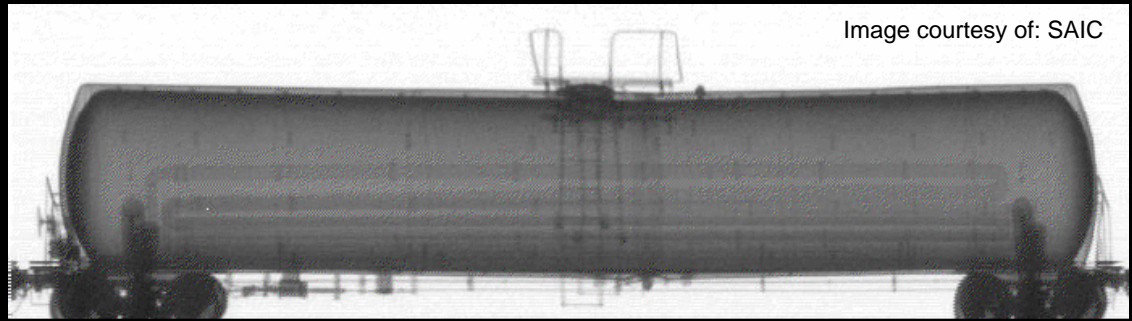
Procédure/Outil

- ✓ **Signes vitaux** *Écouter pour entendre les restrictions de débit avec un hydrophone à contact direct*
- ✓ **Radios** *Imagerie Cobalt-60 gamma*
- ✓ **Échographie Doppler** *Évaluation du débit avec imagerie & sonars Doppler*
- ✓ **Prélèvements Sanguins** *Échantillon de fluide prélevé à l'extrémité du BOP*
- ✓ **Angiographie par Tomodensitométrie** *Analyse du panache sous-marin avec spectrophotomètre de masse (SM) in situ*

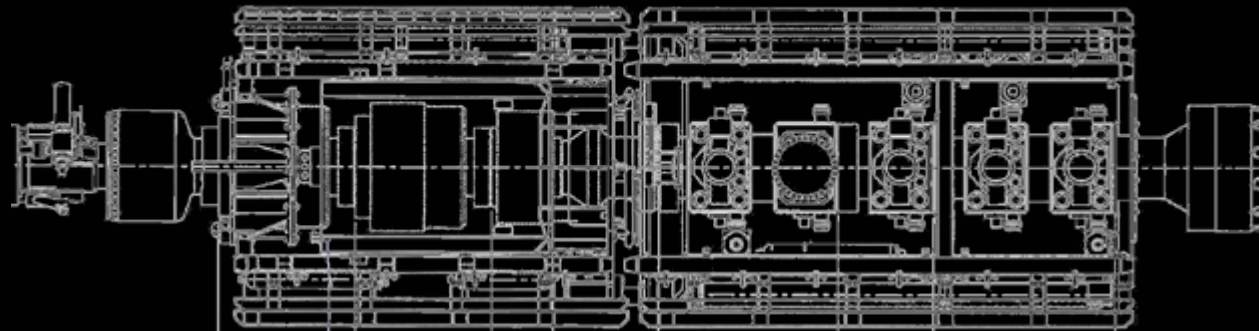
- ✓ **Cathéter** *Rosette de prélèvement geo-référencé*
- ✓ **Respiration & Test de la fonction pulmonaire** *Modélisation de mécanique des fluides numérique pour consommation microbienne d'oxygène*
- ✓ **Bilan toxicologique** *Analyse des COV avec survol de P3 et analyse CRDS sur le navire de recherche*
- Test d'anticoagulants** *Échantillon de dispersants submergés et analyse MS à transformée de Fourier*
- Pince artérielle** *Dôme de colmatage*
- Suture** *Cimentation «bottom kill»*
- ✓ **Biopsie post-opératoire** *Carotte de sédiments & analyse d'un échantillon de corail*

Imagerie Cobalt-60 Gamma

Structures internes et contenus de wagons de chemin de fer rendus visibles avec un système d'imagerie gamma



Modèle filaire CAD du bloc obturateur de puits (BOP) du puits Macondo



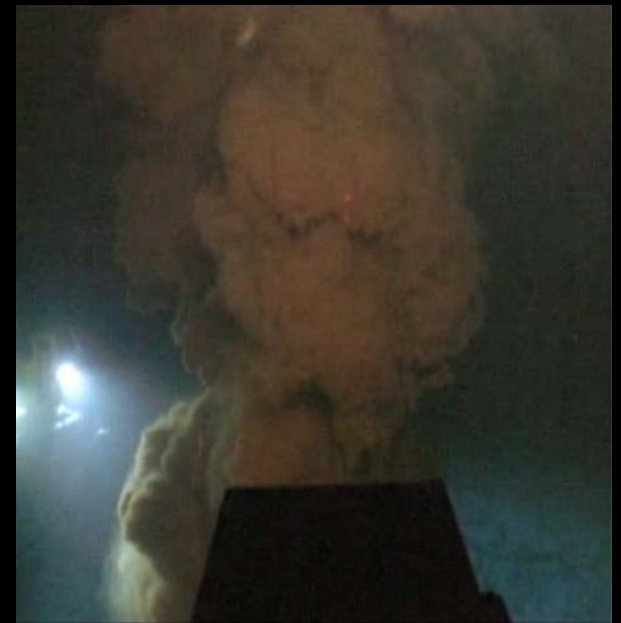
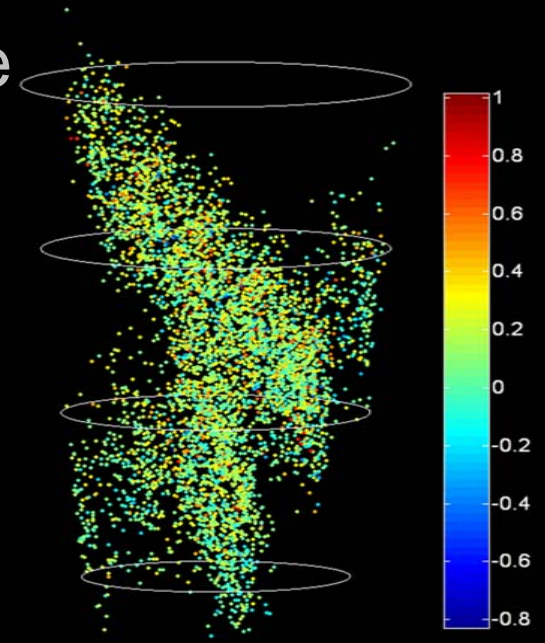
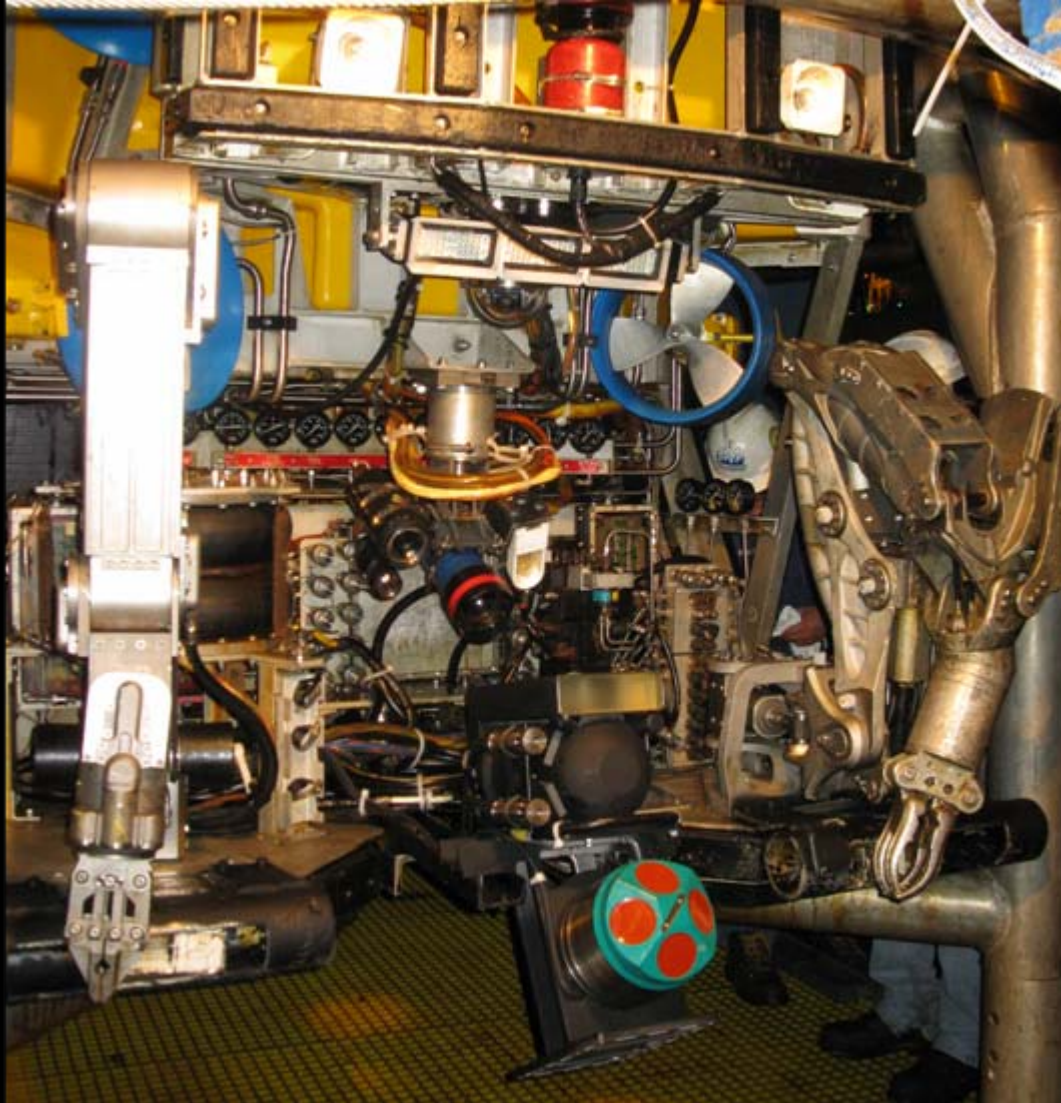
Échographie Doppler

montrant la vitesse et la direction du flux sanguin dans le cordon ombilical d'un foetus



(Nicolaides, et al., Placental and fetal Doppler, 2000)

Vitesse par système Doppler acoustique et imagerie sonar multifaisceaux



(Camilli , Di Iorio, et al., PNAS, 2011)



Analyse acoustique de flux

- Mesures sonar de flux a travers une section transversale
- Mesure de vitesse du fluide par sonar Doppler
- Analyse de la composition du fluide

CAGE
THR: 1214'
DPT: 4951'
HDG: 031
TRN: 0.4

MIII 42



TRN: 0.5

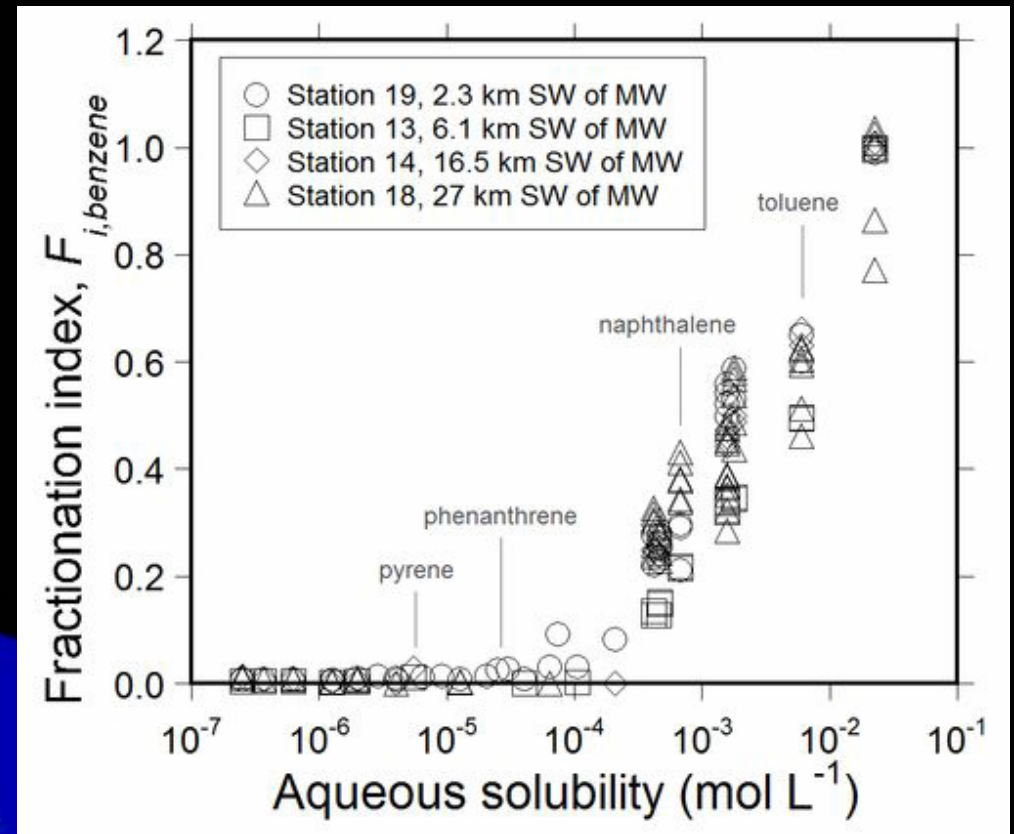
ROV
DPT: 4936'
ALT: 57'
BTY: 4993'

OCEANEERING

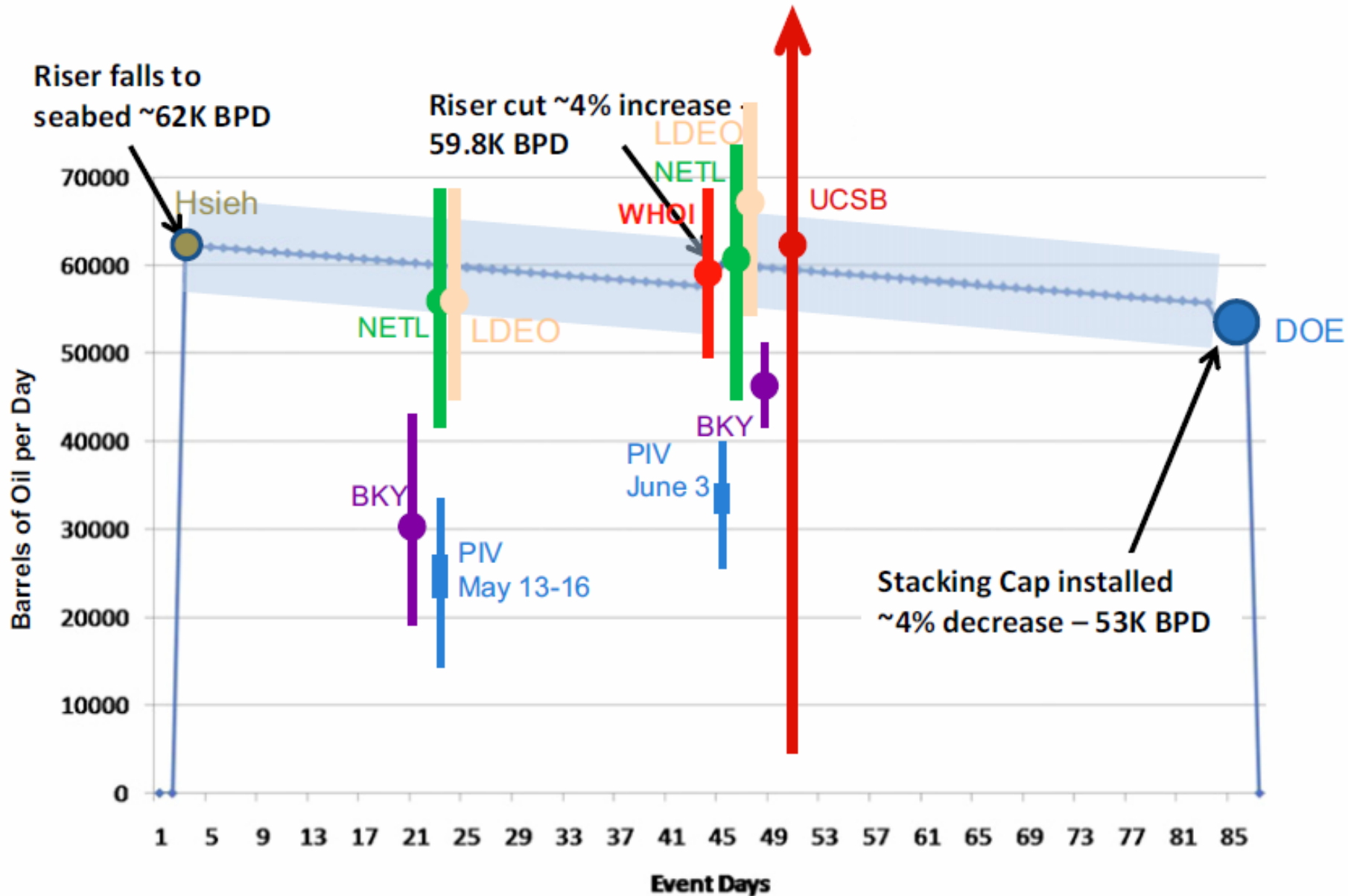
Dive Number: 70

06/21/10
05:34:15

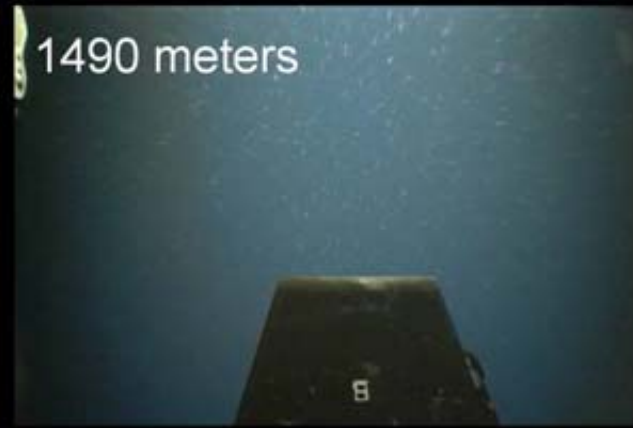
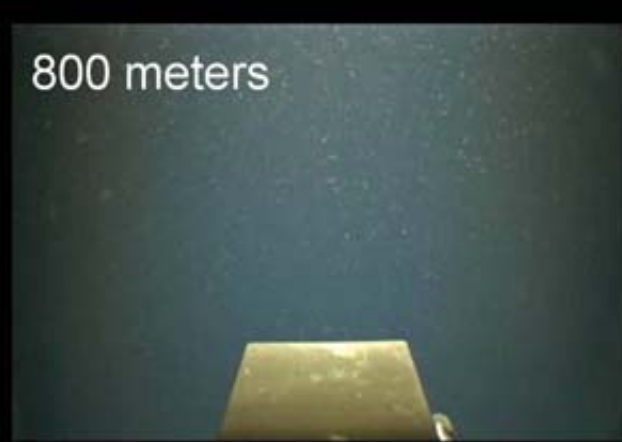
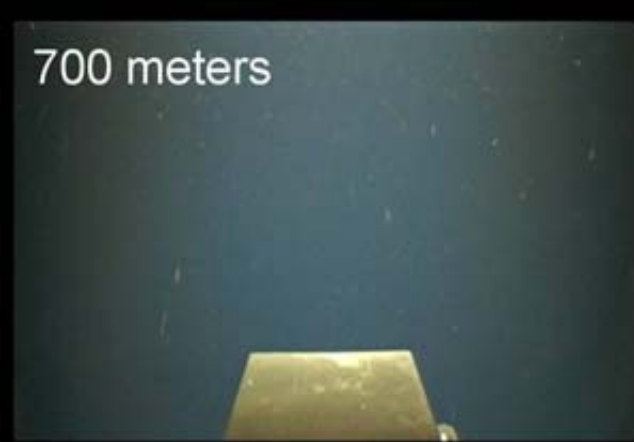
Analyse détaillée de la composition des hydrocarbures du Puits Macondo



(Reddy, Arey, et al., PNAS 2011)



(McNutt, Camilli, et al., PNAS, 2011)

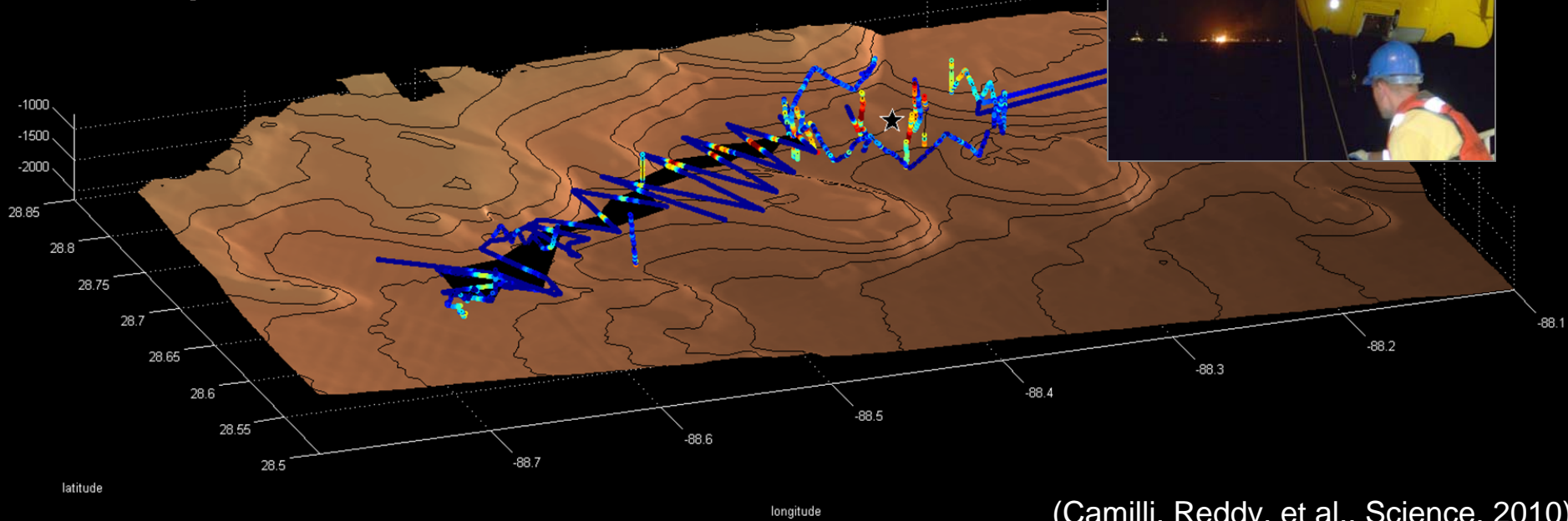


Angiographie par tomodesitométrie

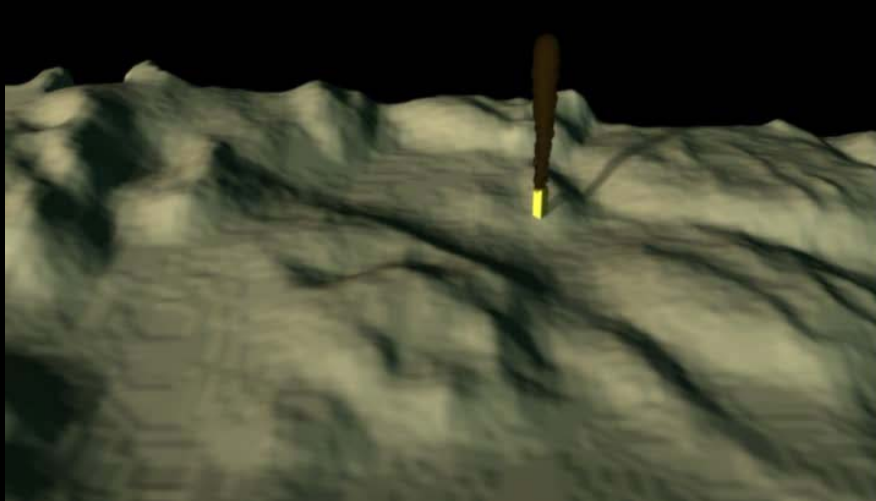
Image montrant la veine cave inférieure, sa structure de veines rénales, et les reins



Réponse aux incidents par multiples robots



(Camilli, Reddy, et al., Science, 2010)





NRDA GATHERER SHIP ROSETTE

(Camilli, Reddy, et al., Science, 2010)

TETHYS spectrophotomètre de masse in situ

APRIL 1, 1938

PHYSICAL REVIEW

VOLUME 53

A New Mass Spectrometer with Improved Focusing Properties

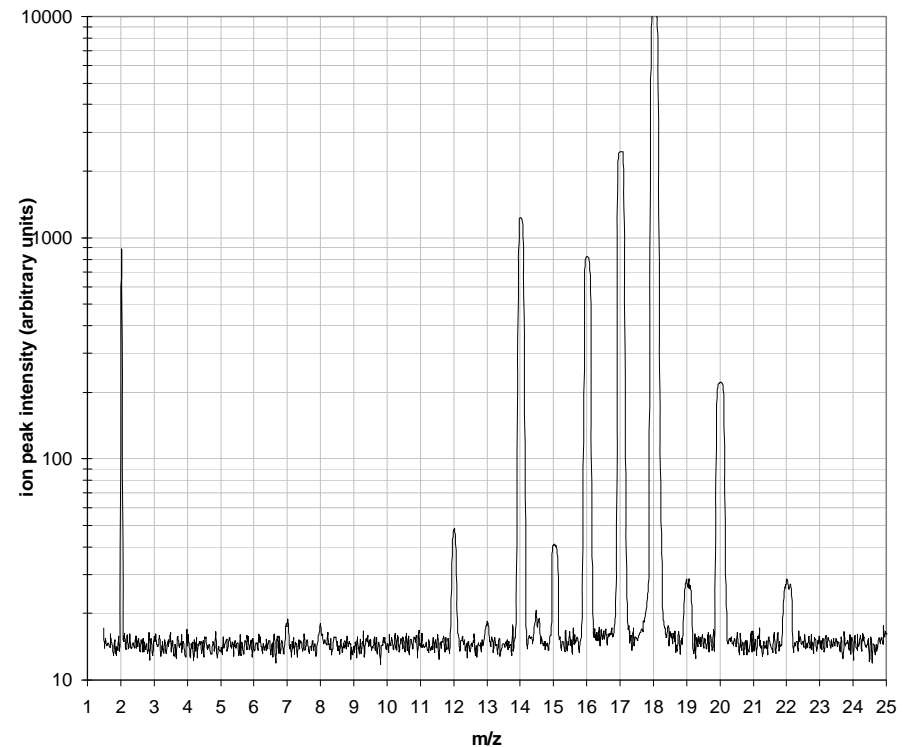
WALKER BLEAKNEY AND JOHN A. HIPPLE, JR.
Palmer Physical Laboratory, Princeton University, Princeton, New Jersey
(Received February 7, 1938)

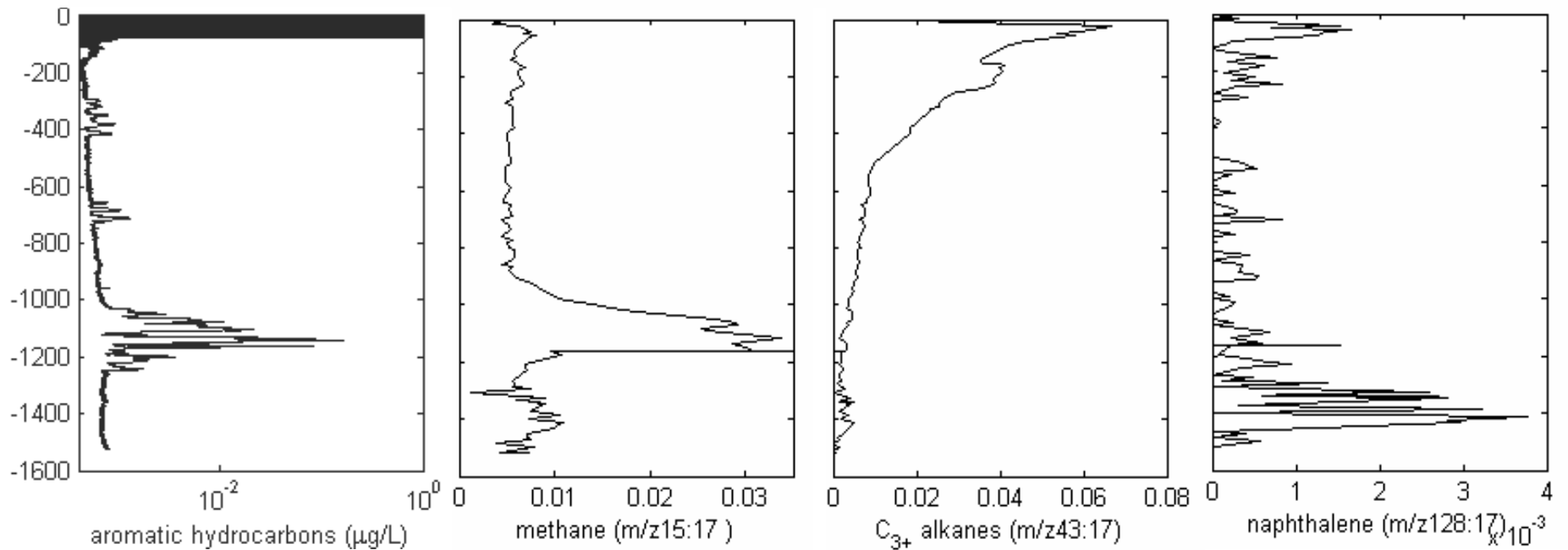
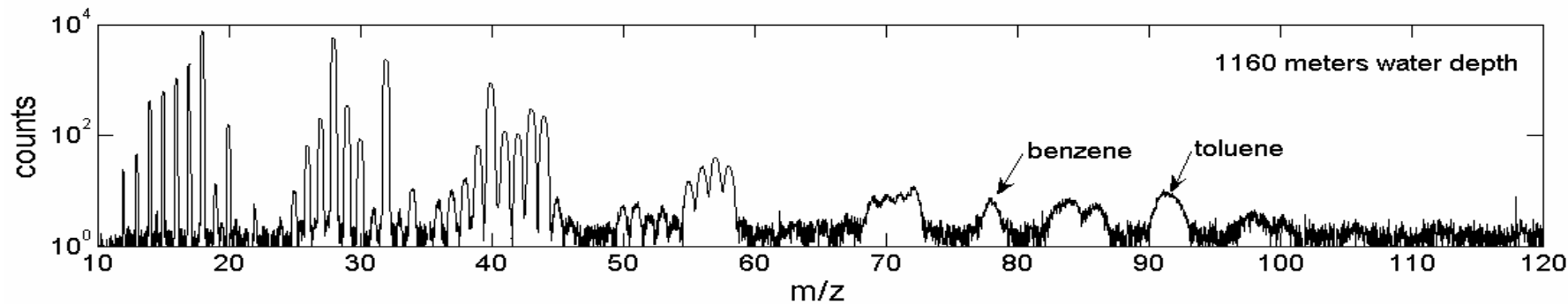
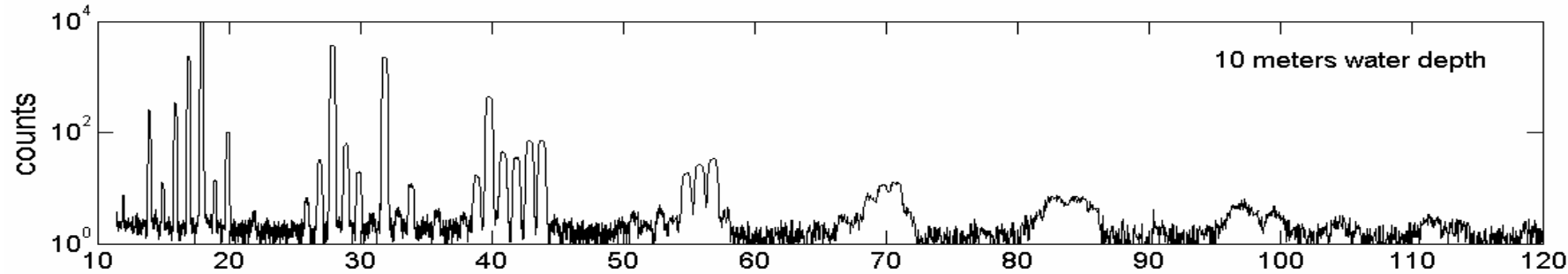
The use of crossed electric and magnetic fields for a mass spectrometer is discussed. It is shown that this arrangement has perfect focusing properties; the focusing depends only on the m/e of the ion selected, and not on the velocity or direction of the charged particles entering the analyzer. The projection of the path in the plane perpendicular to the magnetic field is a trochoid. The theory necessary for the design of the apparatus is developed in some detail. A method of drawing the trochoids is described as well as a chart which is a great help in rapidly correlating the many variables. It is shown that there are two types of path to be considered, the curtate and the prolate. The former was employed in the first model constructed and gave encouraging results in spite of some structural difficulties encountered. The second apparatus was the prolate type and worked exceptionally well. Some typical mass spectra are shown. It was found that a distribution in energy amounting to 50 percent of the potential accelerating the ions had no effect on the resolution.

Plage de masse atomique	2-200 UMA
Puissance	25 Watts @ 24V
Profondeur maximale	5,000 mètres
Endurance	~1 an en continu
Temps de réponse	~5 secondes
Sensibilité (limite de détection)	<1 µg/L
Dimensions extérieures (boîtier pour 5.000m de profondeur)	23 cm diamètre x 61cm longueur
Poids (y compris le boîtier pour 5.000 m de profondeur)	13 kg submergé 35 kg dans l'air
Pièces mobiles	aucune



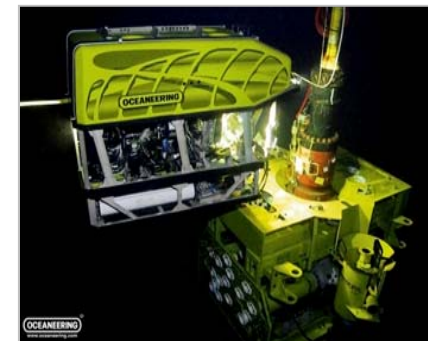
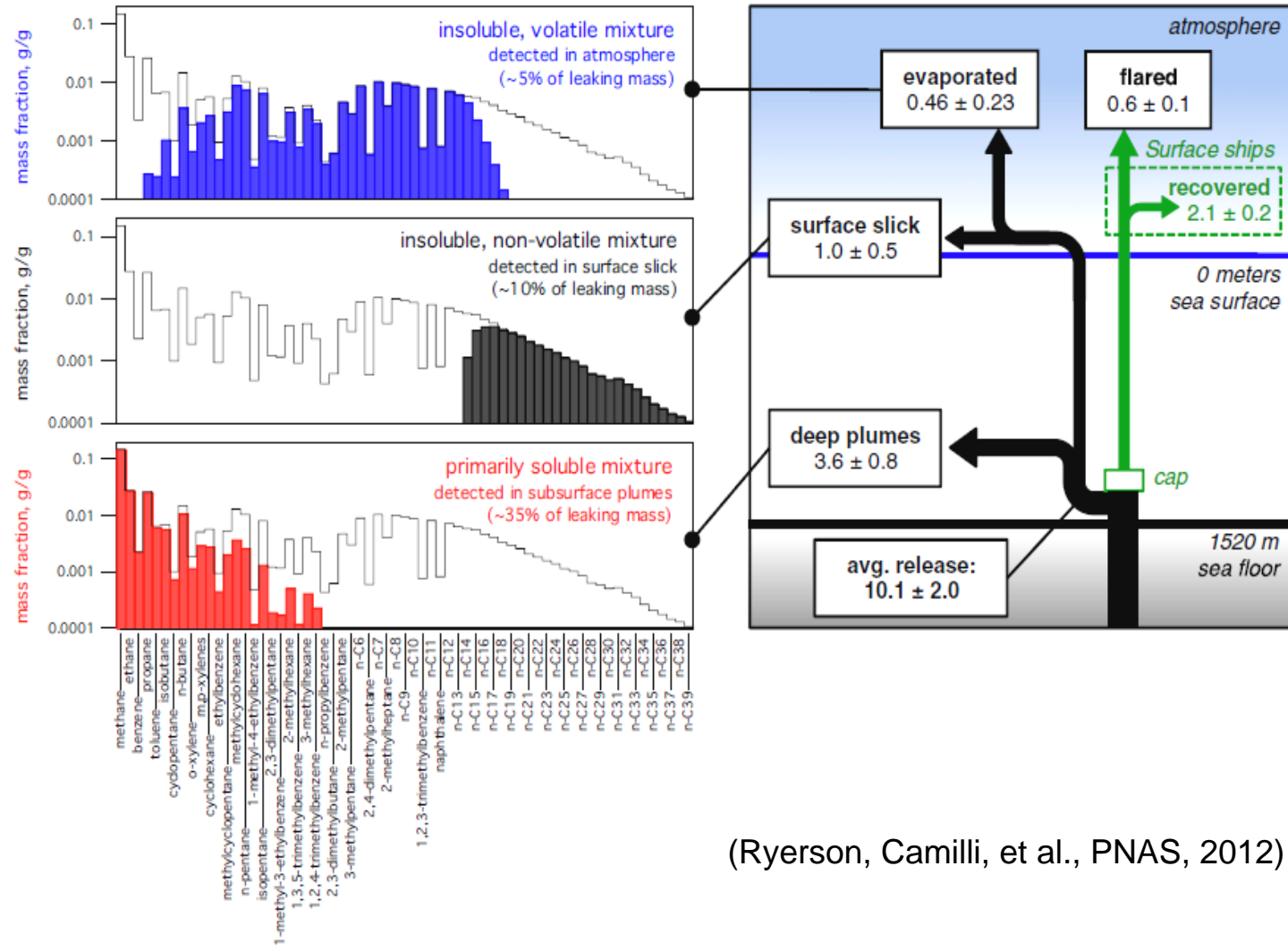
(Camilli et Duryea, ES&T, 2009)





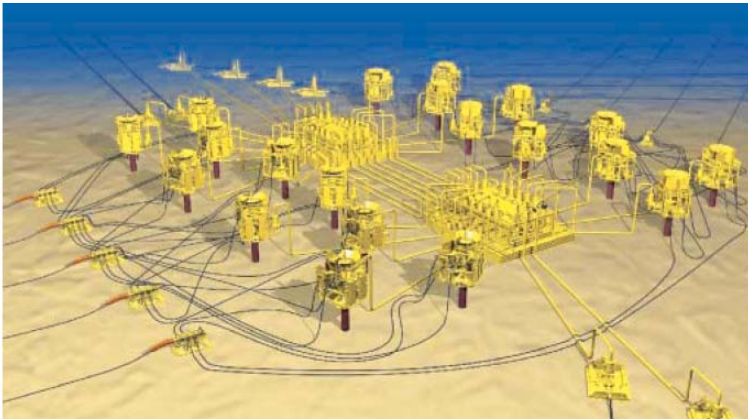
(Camilli, Reddy, et al., Science, 2010)

Partition d'hydrocarbures et bilan de masse général



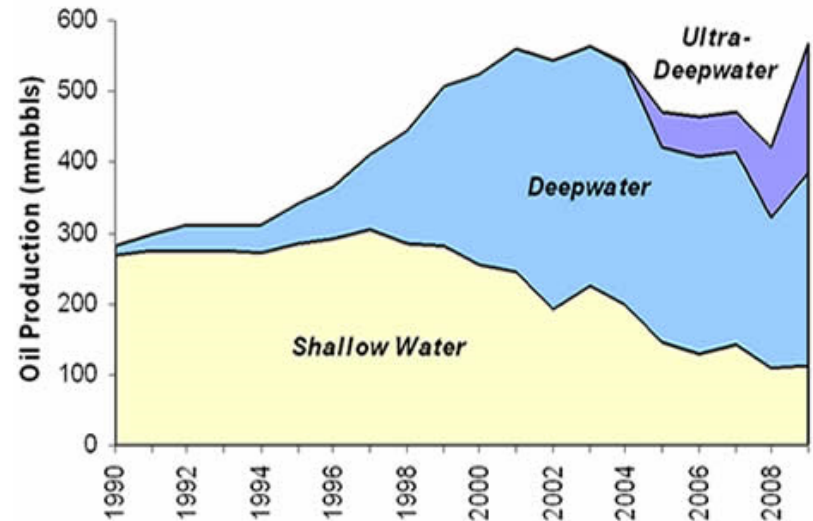
(Ryerson, Camilli, et al., PNAS, 2012)



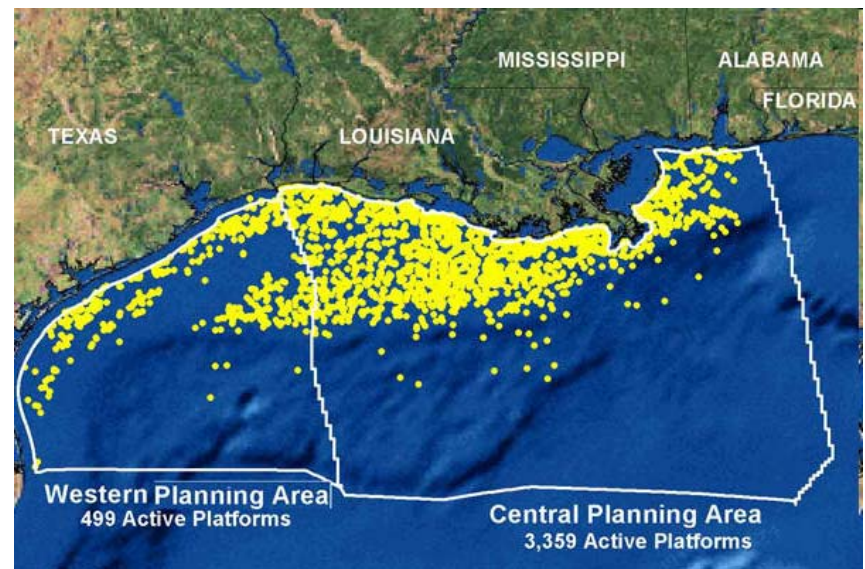


Des défis techniques en évolution permanente

- Infrastructure vieillissante
 - 3,800 plateformes (dont 1,000 sont inactives)
 - 27,000 puits abandonnés
 - 45,000 km de pipeline
- Sédimentation et mouvement de masse
- Erreurs de cartographie et de relevés
- Collisions, glissements d'ancre, et impacts
- Formation d'hydrates
- Panaches piégés sous la surface
- Augmentation de pression/température des puits
- Capacité/accès limités de la technologie (robots)
- Compétence/mise en application de règles appliquées aux fonds sous-marins



Sources: MMS, EIA Office of Oil and Gas; includes lease condensate



Probabilité d'échec x conséquence = ampleur du risque

MERCI!

