



Les technologies spatiales au service de la surveillance des pollutions

Vincent Kerboal

Membre du bureau du Campus mondial de la mer

Philippe Monbet

Coordinateur du booster MORESPACE

La surveillance maritime bénéficie aujourd'hui d'avancées technologiques significatives, dans les domaines de l'observation, de la navigation ou des télécommunications. Des altitudes extrêmes de l'espace aux profondeurs sous-marines, elles touchent à tous les domaines depuis la recherche scientifique jusqu'à l'amélioration de la sécurité en mer et à la sauvegarde de notre environnement. A titre d'exemple, et au regard de la succession des événements qui conduisit au naufrage de l'*Amoco Cadiz*, on ne saurait affirmer que les moyens satellitaires disponibles à l'heure actuelle pour la surveillance maritime auraient permis d'éviter ce drame. Il est certain néanmoins que ceux-ci auraient contribué à apporter un éclairage nouveau de cette situation maritime d'exception. Mais, au-delà de l'intérêt certain que constituent les technologies spatiales en tant qu'outils d'aide à la décision dans la gestion de crise, leur principale vertu est d'avoir, sans conteste, contribué à réduire de plus de moitié l'occurrence des pollutions opérationnelles des navires sur les eaux européennes, par leur effet dissuasif au quotidien. Cet article présente un focus sur les technologies issues du spatial qui sont utilisées opérationnellement depuis plus de dix ans pour la surveillance des pollutions par hydrocarbures en Europe.

L'imagerie satellite radar

Bien que les pollutions accidentelles issues du naufrage d'un navire ne contribuent que de façon minoritaire au déversement d'hydrocarbures dans la nature¹, ce sont elles qui s'impriment dans nos mémoires, par les images qu'elles véhiculent, au travers des médias ou de l'imaginaire collectif. C'est, d'ailleurs, une catastrophe pétrolière d'envergure, celle du *Prestige* en novembre 2002 qui mettra en lumière de manière spectaculaire, le potentiel de l'imagerie satellite radar, pour observer les pollutions par hydrocarbures depuis l'espace. Le 17 novembre 2002 à 10h45 UTC, l'instrument radar à ouverture synthétique (*Synthetic Aperture Radar* ou SAR en anglais), embarqué à bord du satellite européen ENVISAT, permit de visualiser de manière instantanée l'étendue des nappes de pollutions causées par du fioul lourd s'échappant du *Prestige*, pendant l'opération de remorquage.

Largement utilisée déjà à bord des missions aériennes de surveillance maritime, la technologie radar permet d'observer la surface de la mer de jour comme de nuit, et ce, indépendamment de la couverture nuageuse. Une autre propriété précieuse de cette technologie radar à ouverture synthétique repose sur la capacité d'obtenir, depuis l'Espace, des résolutions spatiales fines allant du mètre à quelques dizaines de mètres. L'intensité des images satellitaires sur la surface de la mer est proportionnelle au niveau de « rugosité » de la surface de la mer. Cette dernière est générée au premier ordre par les petites vagues que le vent soufflant sur la surface de la mer contribue à lever.

Plus le vent souffle, plus la surface de la mer est rugueuse. A l'inverse, lorsque la surface de la mer est localement « lissée » par la présence d'une nappe d'hydrocarbure, la rugosité de la surface diminue par rapport aux zones environnantes d'eau libre, c'est-à-dire non polluées. L'intensité de l'image radar sur les zones de pollution diminue et apparaît alors plus sombre. Cette propriété de sensibilité à la rugosité de surface permet à l'imagerie

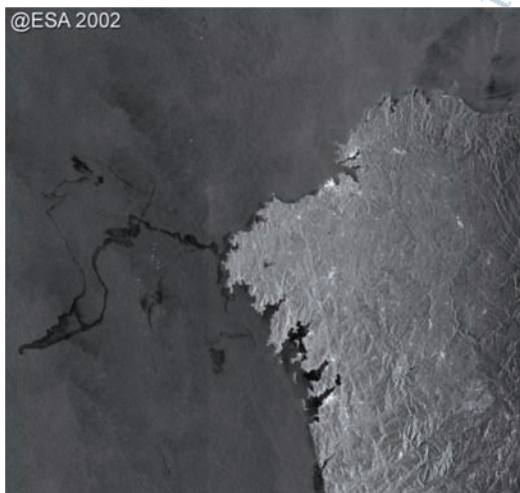


Image SAR du satellite ENVISAT couvrant la catastrophe du Prestige

1. Mieux comprendre les marées noires, dossier pédagogique, CEDRE, 2006



satellitaire radar de capter bien d'autres phénomènes que les pollutions par hydrocarbures, comme des phénomènes atmosphériques (e.g. front atmosphérique, cellules de pluie) et océanographiques (e.g. tourbillons, ondes internes, nutriments en surface). Enfin, l'imagerie satellitaire radar permet de détecter et de localiser, précisément, la position des navires, mais aussi des infrastructures, telles que des plateformes offshore ou des champs d'éoliennes, et de les caractériser, le cas échéant, en termes de dimensions, de vitesse ou de cap. L'utilisation aujourd'hui maîtrisée de l'imagerie satellitaire radar pour la détection des pollutions par hydrocarbures, en particulier des rejets opérationnels des navires, a conduit à la mise en place d'un service européen de surveillance des pollutions par hydrocarbures, le service *CleanSeaNet*, mis en place par l'Agence européenne de sécurité maritime.

Dans le cas de l'*Amoco Cadiz*, nul doute que la couverture répétée par l'imagerie satellite radar de la pointe bretonne, les jours qui suivirent le naufrage, à l'instar de ce qui se pratique aujourd'hui dans le cas d'une marée noire, aurait certainement permis de mieux appréhender l'étendue globale des nappes de pétrole et ses mouvements fluctuant au gré des vents et des marées.

Systèmes de localisation et de suivi de navires

Si l'imagerie satellitaire haute résolution permet aujourd'hui d'observer « ce qui se passe » à la surface de nos zones maritimes, elle ne permet pas identifier avec certitude les navires qu'elle image. Différents systèmes de suivi de navires (e.g. VMS², LRIT³) pourvoient à ce besoin d'identification. Mais le système le plus ouvert et le plus utilisé ces dernières années est indubitablement l'AIS.

Le système AIS

L'AIS consiste en un système d'échange de messages entre navires, par voie VHF, qui permet de rapporter à intervalles réguliers l'identifiant, le statut, la position, la direction et la vitesse de l'émetteur pour se signaler aux navires alentours, ainsi qu'aux centres côtiers de surveillance de trafic maritime. Depuis fin 2004, la réglementation l'impose à tous les navires effectuant des voyages internationaux de jauge brute supérieure à 300, ainsi qu'à tous les navires à passagers quelle que soit leur longueur. L'accès aux informations AIS est ouvert, ce qui rend son utilisation croissante. Toutefois, la couverture du trafic restait limitée au proche côtier, du fait de la portée directe des communications VHF, et dépendait fortement de la qualité du réseau de stations côtières... jusqu'à ce qu'apparaissent au début des années 2010 les premiers satellites équipés de

2. NDLR : système de surveillance des navires par satellite, le VMS est un système de surveillance par satellite des navires de pêche qui fournit à intervalles réguliers des données sur la position, la route et la vitesse des navires aux autorités de pêche.

3. NDLR : Système de suivi des navires à grande distance (Long Range Identification and Tracking of Ships/ LRIT). Ce moyen répond au souci majeur d'accroître la sécurité de la navigation maritime et la sûreté des navires.



Carte globale du trafic par AIS

récepteurs AIS. Dès lors, des constellations de satellites AIS, en rotation autour de la Terre, ont contribué à étendre la couverture à l'échelle de nos océans et donc d'apporter une vision globale du trafic maritime.

Le traitement des flux AIS rend donc aujourd'hui possible la mise en place de systèmes d'alertes en cas, par exemple, d'entrées/sorties de zone d'intérêt ou de comportements inhabituels de la trajectoire d'un navire.

Dans le cas de l'*Amoco Cadiz*, on sait qu'une avarie de gouvernail est à l'origine de l'engrenage des événements qui finirent par conduire le navire sur les côtes de Portsall en Bretagne. Le procès qui s'ouvrit en 1982 à Chicago, démontra que le navire avait subi précédemment deux autres avaries de gouvernail. Combien de temps et d'efforts fallut-il à l'époque pour obtenir cette information ? La bibliographie disponible sur l'événement ne le dit pas. Mais, avec la possibilité d'exploiter désormais la profondeur des archives AIS d'un navire d'intérêt, et, grâce aux puissants moyens de calcul actuels (Big Data, Data Mining), les investigateurs d'aujourd'hui disposeraient d'une source d'information supplémentaire. En effet, l'analyse de l'historique des messages AIS permettrait de révéler, en quelques minutes seulement, l'occurrence de plusieurs changements de trajectoires caractéristiques d'une panne de gouvernail (e.g. changements de cap soudains, transitions à des vitesses faibles ou nulles) et corroborer ainsi la récurrence du problème.

Le service européen CleanSeaNet

En application de la directive européenne 2005/35/EC, l'EMSA⁴ lance *CleanSeaNet* en 2007, un service européen de détection des pollutions hydrocarbures et des navires par imagerie satellitaire, premier du genre dans le monde. Dès l'origine, le service propose une programmation régulière et systématique d'images satellitaires radar à ouverture synthétique, pour couvrir les ZEE européennes des états membres de l'Union, afin de les assister dans leur mission nationale de surveillance des pollutions.

4. NDLR : Agence européenne pour la sécurité maritime

L'efficacité du service repose sur l'analyse conjointe de l'imagerie satellitaire radar, qui permet de détecter les pollutions et les navires, de jour comme de nuit,

Acronymes

AIS	Automatic identification Système
EMSA	European Maritime Safety Agency
LRIT	Long Range Identification and Tracking
NASA	National Aeronautics and Space Administration
SAR	Synthetic Aperture Radar
SOLAS	Safety Of Life At Sea
VHF	Very High Frequency
VMS	Vessel Monitoring System
ZEE	Zone Economique Exclusive

et indépendamment de la couverture nuageuse et des informations relatives au suivi du trafic maritime, principalement issues de l'AIS. L'analyse des images satellitaire radar renseigne sur la présence, la position géographique et les contours des pollutions détectées. Elle révèle aussi la localisation précise de tous les navires détectés sur zone y compris leurs caractéristiques en termes de longueur, vitesse et cap. Enfin elle indique les conditions d'états de mer (vent/vagues) directement mesurées à

partir des images. Les informations relatives au trafic maritime permettent, quant à elles, de mettre un nom sur les navires détectés par imagerie satellitaire et, le cas échéant, d'identifier les sources possibles de pollutions.

Les images acquises sont transmises au sol, pour être reçues et analysées par des stations de réception (voir VIGISAT plus loin) qui doivent livrer à l'EMSA un rapport d'analyse, dans un délai inférieur à 30 minutes suivant l'acquisition de l'image. Cette exigence de délai est essentielle pour une mobilisation consécutive rapide des moyens de contrôle (aérien ou marin) capables de confirmer la pollution. *CleanSeaNet* représente un système amont d'alerte au service des États. Son efficacité dépend en grande partie d'une bonne coordination avec les moyens propres de surveillance de ces États.

Depuis plus de 10 ans, ce sont entre 2 500 et 3 000 images satellites qui sont acquises annuellement pour la surveillance des pollutions, soit l'équivalent chaque jour d'une zone surveillée correspondant à deux fois la surface de la France métropolitaine. L'effet dissuasif sur le long terme est indiscutable, puisque le nombre de pollutions détectées a été divisé par plus de deux en Europe⁵.

Le centre VIGISAT

L'efficacité du service européen de surveillance maritime *CleanSeaNet*, en tant que système d'alerte précoce pour la détection depuis l'espace des pollutions, repose sur l'existence de stations de réception d'images satellitaires radar capables de recevoir, traiter et analyser rapidement les données acquises. La France métropolitaine dispose, à la pointe de la Bretagne, d'un seul centre civil de réception et de traitement d'images satellitaire radar : VIGISAT. Ce dernier est des plus actifs en Europe en matière de surveillance maritime, puisqu'il contribua en

5. *Consolidated Annual Activity Report 2016*, EMSA, juillet 2017, <http://www.emsa.europa.eu/news-a-press-centre/external-news/item/3051-caar2016.html>

2017 à plus de 40% de la surveillance des pollutions par hydrocarbures, sur l'ensemble des eaux européennes. Inauguré en 2009 près de Brest, VIGISAT consiste en une antenne de réception de six mètres de diamètre capable de recevoir et de traiter en quelques minutes seulement toutes les images satellitaires, acquises dans un cercle de rayon de 2 500 kilomètres. Dotée d'importants moyens de traitement, VIGISAT dispose d'un centre 24/7 d'analyse d'images satellite composée d'experts en imagerie satellite et en surveillance maritime.

D.R.



Photo de VIGISAT

Le 25 février 2012, VIGISAT diffusa à l'EMSA un rapport d'alerte signalant une pollution en cours au sud-ouest du Cap Lizard. L'image satellitaire à l'origine de cette alerte, fut le premier cas d'utilisation comme élément de preuve dans le procès qui suivit⁶. VIGISAT a également été la première station dans le monde à recevoir et traiter opérationnellement les images satellitaires radar de la mission Sentinel-1 du programme européen Copernicus.

Conclusion

Les technologies spatiales contribuent aujourd'hui pleinement à la surveillance maritime par certaines missions de l'Action de l'État en mer. Ces technologies participent à la surveillance des pollutions, mais aussi à celle du trafic maritime, des activités de pêche, des trafics illicites, de l'immigration illégale par voie maritime, ou encore à la détection d'icebergs et des glaces de mer en zone polaire. Surveiller depuis l'Espace permet d'embrasser, en un seul passage de satellite, la situation maritime sur des vastes zones pouvant couvrir tout ou partie de la Manche, de la mer du Nord, de la Baltique ou encore de l'Adriatique. Cette surveillance reste toutefois complémentaire des autres composantes de surveillance côtière, en mer et dans l'air. La coordination avec l'ensemble de ces dispositifs demeure une condition absolument nécessaire à l'efficacité de la surveillance satellitaire.

Les progrès dans le domaine de la surveillance satellitaire ont aussi suscité d'autres types d'applications, telles que la caractérisation de la qualité de l'eau, la détermination des courants de surface, la caractérisation des habitats marins ou encore la cartographie bathymétrique en zone de petits fonds. L'utilisation croissante de données de plus en plus variées et à haute résolution, venant de l'espace et notamment grâce aux programmes européens Copernicus et Galileo, réserve de belles perspectives pour le développement d'applications pour le maritime.

6. <http://hmcoastguard.blogspot.fr/2013/10/satellite-monitoring-captures-tankers.html>