

Les échanges océan-atmosphère dans l'océan Indien

Les enjeux scientifiques

L'océan Indien est le siège de perturbations intrasaisonnières, saisonnières (e.g. la mousson asiatique) et interannuelles qui ont des répercussions importantes sur le climat des pays limitrophes comme sur le climat global. Toutefois, il s'agit d'une région peu observée comparativement aux océans Atlantique et Pacifique. Le laboratoire de météorologie dynamique (LMD)¹² et le laboratoire d'océanographie et du climat : expérimentations et approches numériques (LOCEAN)¹³ ont donc initié en 2005 un programme de recherche afin d'étudier le rôle des échanges air-mer sur la variabilité climatique de l'océan Indien. Ce programme concerne principalement trois phénomènes : les perturbations intrasaisonnières, le dipôle de l'océan Indien et les cyclones.

De **fortes perturbations intrasaisonnières** sont fréquemment engendrées sur l'océan Indien. Elles figurent parmi les phénomènes les plus importants du climat tropical et ont des échelles de temps comprises entre 25 et 60 jours. Elles se caractérisent par de vastes (>2000km) **perturbations des précipitations et du vent** qui se propagent lentement (environ 20km/heure). Surtout, elles ont un impact sur le déclenchement d'événements El Niño (comme celui, très fort, de 1997-98), et elles modulent l'intensité de la mousson asiatique. L'origine physique de ces perturbations reste cependant encore mal connue et leur représentation dans les modèles climatiques notamment n'est pas pleinement maîtrisée.

Le **dipôle de l'océan Indien** est un mode de variabilité océanique interannuelle qui a été mis en évidence à la fin des années 1990. Il entraîne des variations de la distribution longitudinale de la température de surface de la mer près de l'équateur. Lié à El Niño, il provoque des anomalies de précipitation sur différentes régions comme l'Afrique de l'Est ou l'Australie. La nature, l'origine physique et l'impact climatique de ce dipôle sont aussi méconnus.

L'océan Indien est également une région de **cyclogenèse**, principalement avant ou après la mousson d'été au nord de l'équateur et durant l'été Austral au sud. Ces cyclones peuvent être très destructeurs pour les pays limitrophes, comme le cyclone Nargis qui a frappé la Birmanie en mai 2008.

Associant campagnes de terrain (e.g. VASCO-CIRENE), observations spatiales et modélisations, ce programme a maintenant rejoint les programmes internationaux soutenus par CLIVAR, un programme international qui étudie la variabilité climatique naturelle et les changements dus à l'activité humaine.

Les enjeux sociétaux

La prévision des précipitations de l'échelle synoptique (2-5 jours) à l'échelle saisonnière est un enjeu primordial pour la gestion des ressources en nourriture et en eau des pays de la région. L'existence de perturbations intrasaisonnières possédant une structure spatiale bien reproductible permet d'envisager des prévisions à l'échelle étendue (15-30 jours) dans la région Indo-Pacifique. Les interactions air-mer étant un moteur de l'activité convective, la connaissance de la structure thermique de l'océan en début de saison peut aussi donner des informations précieuses pour **prévoir l'intensité de la mousson** ou celle de **la saison cyclonique**. Pour cela, la maîtrise des processus physiques en œuvre dans ces interactions air-mer sont nécessaires. Cela est également vrai pour une bonne représentation de la mousson et de sa sensibilité aux changements climatiques globaux par les modèles de climat.

¹² (IPSL, CNRS / Ecole Polytechnique / ENS Paris / UPMC).

¹³ (IPSL, CNRS / IRD / MNHN / UPMC).

Les résultats

En se basant sur de nouvelles observations spatiales permettant de mesurer la température de surface de la mer même en présence de nuages, les chercheurs ont obtenu des résultats originaux sur les mécanismes physiques expliquant cette variabilité intrasaisonnière. Ils ont en particulier montré que la température de surface de la mer était fortement modulée à l'échelle intrasaisonnière (variations de plus de 3°C en quelques jours sur de larges régions), mettant ainsi en évidence le caractère couplé de ces perturbations. Ceci fournit une piste possible pour améliorer la simulation et la prévision de ces dernières dans les modèles couplés de climat et de prévision du temps. Cependant, des campagnes de mesure restent nécessaires pour déterminer la réelle origine physique des variations de la température de surface de la mer.

Menée début 2007 dans l'océan Indien, la campagne océanographique CIRENE a permis de mesurer à la fois la structure thermique de l'océan et sa variabilité, les perturbations atmosphériques associées ainsi que les flux à l'interface air-mer à l'aide d'un mât instrumenté installé sur le navire (Figure 1). Elle a également fourni des mesures fines de la structure des pellicules chaudes qui se développent pendant les phases de vent faible, donnant des variations diurnes de la température de surface de la mer pouvant atteindre 5°C. Elle a bénéficié de conditions climatiques exceptionnelles consécutives au fort événement dipôle de 2006 qui s'est traduit par des vents très faibles dans la région. Aucun fort événement intrasaisonnier n'a pu être observé pendant CIRENE. Toutefois, un mouillage ATLAS (Figure 2) déployé pendant cette campagne permet désormais de suivre en continu ces perturbations. Cette bouée, qui est un élément du futur réseau RAMA (Figure 3), a déjà permis de montrer que les fortes anomalies de l'océan superficiel (anormalement chaud et peu salé) se sont poursuivies jusqu'au mois d'avril 2007. Elle a également signalé de fortes perturbations de température de surface liées au passage de deux perturbations intrasaisonnières pendant l'hiver 2007-2008.



Figure 1 : Vue du mât instrumenté monté à l'avant du navire Suroît pendant la campagne CIRENE

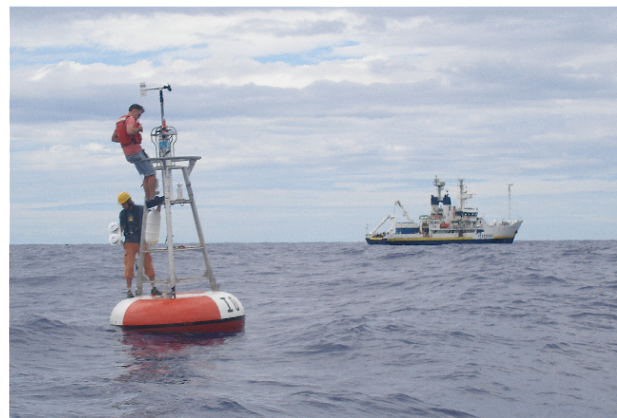


Figure 2 : Déploiement d'un mouillage ATLAS à 67°E - 8°S pendant la campagne CIRENE. Les mouillages ATLAS sont des bouées de surface ancrées au fond de l'océan (dans souvent plus de 4 km d'eau). Ces bouées sont équipées de capteurs météorologiques (vent de surface, pression, température...) et océaniques (température, salinité et courants jusque vers 500m de profondeur). Les données sont transmises à terre en temps quasi réel et disponibles pour les scientifiques. Elles sont utilisées pour l'initialisation des modèles de prévision météorologique.

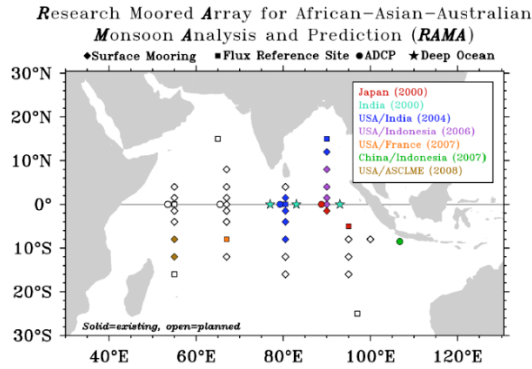


Figure 3 : Le réseau de mouillages RAMA dans l'océan Indien. Alors que les océans Pacifique et Atlantique sont déjà équipés d'un tel réseau à l'échelle du bassin, le déploiement de RAMA est très récent et se poursuit.

L'expérience VASCO a, quant à elle, permis de tester un nouvel instrument : l'**aéroclippier** (Figure 4). Ces ballons sont naturellement attirés dans les convergences des vents de surface engendrées par les systèmes convectifs ou les cyclones. Ils permettent de faire des mesures des flux à l'interface air-mer. **Une première scientifique** a également été réalisée à cette occasion. Résistants aux conditions extrêmes, les aéroclippers ont traversé la zone du mur de l'œil du cyclone avant de se retrouver piégés dans l'œil. Ces instruments permettent ainsi un suivi en temps réel des conditions de surface, y compris de la pression qui est fortement liée à l'intensité du cyclone. Un constat qui ouvre des perspectives extrêmement intéressantes pour le **suivi et la prévision des cyclones tropicaux** sur l'ensemble des bassins cycloniques.

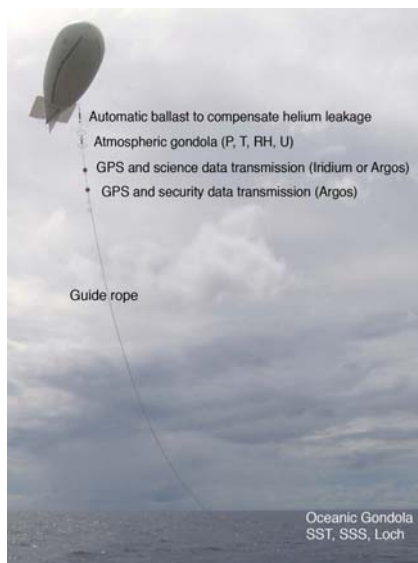


Figure 4 : Vue de l'Aéroclippier utilisé pendant VASCO 2007.

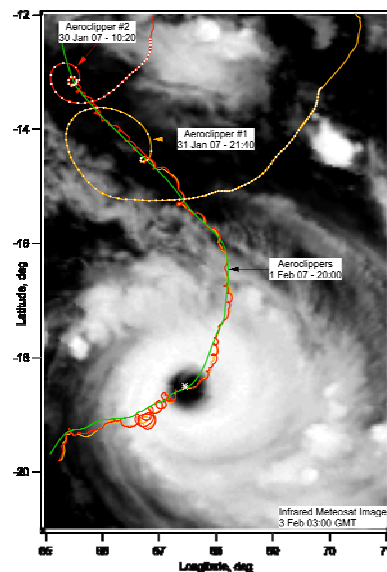


Figure 5 : Résultat de la campagne VASCO 2007 : Trajectoires de l'œil du cyclone DORA (en vert) et des Aéroclippers #1 (en orange) et #2 (en rouge), entre le 29 janvier (à 12 UTC) et le 6 février 2007 (à 00 UTC).

Prochainement...

Simuler et prédire les oscillations intrasaisonniers tropicales, tel est l'objectif scientifique pour les prochaines années. Pour cela, de nouvelles campagnes d'observation dans l'océan Indien s'avèrent essentielles afin de maîtriser les mécanismes des interactions air-mer et leur représentation dans les modèles de prévision du temps. Co-piloté par Jérôme Vialard et Jean-Philippe Duvel, et associé à un projet international d'observation de l'océan Indien, le projet TRIO prévoit de compléter les résultats obtenus lors de la campagne océanographique CIRENE.

Les couplages air-mer jouent également un grand rôle dans la **prévision des cyclones tropicaux**. Une nouvelle version de l'aéroclipper est actuellement à l'étude et pourrait être utilisée lors de la campagne en projet SWICE d'étude des cyclones tropicaux à l'ouest de l'océan Indien. Les chercheurs spécialisés dans l'étude des cyclones, ainsi que les centres de prévision, envisagent d'utiliser régulièrement des aéroclippers sur l'ensemble des bassins cycloniques.

Contact

Jean-Philippe Duvel

T 01 44 32 22 37

duvel@lmd.ens.fr