



« Biodiversité acoustique : enjeux écologiques du passage à l'échelle » « Scaled Acoustic BioDiversity » [SABIOD] –AAP MASTODONS

1. Objectifs

L'observation et l'étude de la biodiversité sont des enjeux majeurs de notre siècle, tant pour comprendre notre environnement, et son évolution, que sa vulnérabilité face aux activités humaines. La bioacoustique, discipline émergente à l'interface de l'écologie et la physique, analyse la trace acoustique directe (cri, chant, biosonar, etc) ou indirecte (leur déplacement ou modification du milieu) laissée par une majorité d'espèces animales. Les capteurs acoustiques, microphones et hydrophones, offrent à bas coût un échantillonnage à haute fréquence temporelle et spatiale. Les domaines d'application et les sites de mesure croissent donc de façon exponentielle imposant un passage à l'échelle de la bioacoustique. Ainsi, plusieurs centaines de Go sont produits en quelques jours d'acquisition multi-capteurs par site, démultiplier sur M mois pour les analyses comparées entre N écosystèmes remarquables de la planète.

La bioacoustique nécessite le croisement de disciplines et l'emploi globalisé et optimisé des méthodes d'indexation et de modélisation. A cette fin, ce projet 'SABIOD' propose de développer une infrastructure complète de gestion de masse de données bioacoustiques : stockage, traitement, représentation collaborative et manipulation efficace, visualisation et synthèse automatique. En exemple de produits informatiques à forte valeur ajoutée : produire des indices écologiques liés à une espèce sensible au réchauffement climatique, ou analyser la qualité d'un écosystème par transcription de l'acoustique en indices sémantiques de haut niveau. Ces défis technologiques et écologiques imposent une innovation théorique en modélisation et analyse stochastique de données et le développement de systèmes efficaces pour les sciences environnementales. Il n'existe pas à ce jour de solution algorithmique complète capable de traiter efficacement, en temps et en espace, l'explosion de ces données bioacoustiques. Pour cela SABIOD fédère des experts en masses de données, informatique fondamentale, traitement statistique du signal, classification automatique, bioacoustique et écologie.

2. Contexte

L'ère du traitement automatique de séquences acoustiques s'est ouverte vers 1970, dès les applications pionnières en reconnaissance automatique de la parole. Depuis vingt ans l'automatisation des séquences acoustiques s'est étendue au traitement bioacoustique. Depuis cinq ans une nouvelle révolution se produit avec la miniaturisation et la portabilité des capteurs (dont téléphonie mobile), et la puissance de calcul et de stockage de masse. Il y a 30 ans les acquisitions étaient monophoniques sur 8 bits à 16 kHz. Elles sont de nos jours réalisées sur 24 bits à 192 kHz par des antennes multi-capteurs, cependant leurs traitements embarqués doivent rester temps-réels. Ainsi, plusieurs installations dans le monde enregistrent en continu des To de flux acoustiques dérivés pour l'analyse de la biodiversité : ANTARES (Toulon), NEMO (Sicile), Neptune (nord USA). Des programmes de science participative s'installent rapidement, d'autres sont conduits par l'industrie offshore (impacts canon acoustique, bruit d'éolienne), ou la défense (effet sonar). La problématique n'est plus l'acquisition de données, mais leur analyse, classification, regroupement par traitement signal et stochastique à l'échelle. Par ailleurs, il n'existe pas d'archives centralisées, une grande interrogation demeure donc actuellement sur la conservation et l'accès pérenne de ces masses de données scientifiques.

3. Enjeux

Les enjeux de la bioacoustique à l'échelle sont une connaissance approfondie de l'évolution de la biodiversité, à bas coût et en continu. Les impacts anthropiques sont mesurables sur tout écosystème par bioacoustique. Les enjeux écologiques du suivi de la biodiversité à large échelle sont majeurs et multiples. Le monitoring bioacoustique permet d'acquérir des données à l'échelle de l'individu, de la population, de l'espèce, de la communauté ou du paysage. Un échantillonnage spatio-temporel massif permet la description d'espèces inconnues ou discrètes. Du fait de sa propagation l'information acoustique donne accès à des espèces peu visibles (macroscopique en milieu profond, ou miniatures en milieu dense), mais centrales au fonctionnement des écosystèmes. La bioacoustique permet d'estimer l'évolution des populations conjointement aux changements globaux, la cartographie en quatre dimensions (3 dimensions de l'espace et temps) de la diversité, les impacts anthropiques sur les écosystèmes (et indicateurs acoustiques pour instaurer des lois pour les limiter).

4. Verrous scientifiques engendrés par la masse de données bioacoustiques

- Volume des données
- Temps de traitement (données séquentielles, traitements peu parallélisables)
- Débit en flux continu des données, nécessité d'analyses temps-réel
- Adaptation modèles en ligne / modèles non supervisés : regroupement (*clustering*) en ligne
- Variation des patrons cibles, les modèles doivent donc constamment être adaptés, suivant la qualité de réception, les priorités de propagation et la variabilité physique des sources

- Modèles multi-échelles en temps et en fréquence
- Intégration de connaissances hétérogènes des experts et modélisation ontologique ou bayésienne les explicitant
- Diversité et hétérogénéité des indices induites par la biodiversité, nécessitant une modélisation non-supervisée
- Diversité des traitements : analyse globale pour indices de biodiversité ou classification spécifique
- Représentation, manipulation et annotation de données hétérogènes en fonction de points de vue différents
- Portage sur GRID 5000 des modèles de clustering, classification, indexation

5. Axes de recherche visés sur une période de 5 ans

Les axes de recherche traitent des grands thèmes suivants : Passage à l'échelle - Clustering en ligne - Classification - Fouille de données - Modélisation probabiliste non-supervisée - Analyse Bayésienne - Adaptation de modèles en ligne - Statistique de masse - Indexation multi-échelle - Manipulation de données - Production de résumé - Interprétation écologique – Fusion de connaissances hétérogènes. Tous ces axes seront abordés par portage sur serveur NAS de plusieurs dizaines de To sur les laboratoires porteurs, calculs rationnels sur GRID 5000, et cluster GPU, notamment sur la ferme GPU de l'USTV qui est une des plus importante de la région PACA.

Axe 1 : Acquisition et stockage (dès an 1) : il consistera en la mise en place de serveur et démonstrateur de récolte de masses bioacoustiques, notamment de type science participative. Déploiement à l'échelle d'un réseau de capteurs hydrophoniques et microphoniques sur maillage multi-échelle (10 m, 100 m, 1 km) sur le Parc National de Port-Cros (PNPC), en sous-marin et aérien (voir soutien du directeur du PNPC, et projet en cours a DYNI de bouées multimodales (BOMBYX), détection audiovisuelle de cétacés (DECAV) et faune terrestre (DAPEBA) <http://glotin.univ-tln.fr>). Nous mettrons également en place un protocole participatif avec un serveur d'interrogation avec traitement d'image de paysage et de sons collectés par téléphone portable (ex de visiteurs de parc nationaux). La réponse (indices d'espèces présentes...) sera renvoyée (nb :DYNI ouvre une formation master sur les technologies Android, ce qui portera plusieurs stages sur ce sujet). Ce genre d'approche permet la corrélation de paysage acoustique avec le type de paysage visuel. Un autre objectif est la mise en place d'indicateur de pollution acoustique anthropique en milieu urbain ce qui revêt un enjeu sociétal dual.

Une partie de cet axe portera sur la bio-acoustique sous-marine [G1-G9, AD1-AD5], flux d'information peu coûteux et très dense du coeur des océans non observable visuellement. Il s'agira donc de grandes infrastructures sous-marines (ANTARES, NEMO...), ou d'observatoires acoustiques posés par l'équipe de O. Adam répondant à l'accroissement des aires marines protégées et alternatifs aux observations visuelles (Bouée déjà posée en Guadeloupe pour inventaire dynamique des cétacés ; réseau de d'hydrophones à Madagascar pour suivi des baleines à bosse en cours de pose). De fait des réglementations internationales des mesures sonar tentent d'éviter l'échouage massif de cétacés, en effet certains cétacés sont classées vulnérables, comme le cachalot, qui, super-prédateur de nos côtes, en régule en amont la chaîne alimentaire. SABIOD donnerait un nouveau moyen de surveillance des cétacés en permettant leur veille non invasive, continue, en temps-réel.

Axe 2 : Clustering en ligne sur masse de données (dès an 1) : en améliorant l'état de l'art il structurera la masse de données bioacoustiques, par traitement en flux (temps-réel). La création d'indices se fera via l'élaboration de modèles probabilistes avec un effort sur une modélisation à variable latente, ou processus latent (DYNI est experte [F1-4]). Ces modèles sont adaptés aux données hétérogènes. La modélisation pour une famille de données séquentielles se fera par des modèles s'inspirant des Modèles de Markov dit non-homogènes, dont les propriétés évoluent au cours du temps [F2-4], contrairement aux modélisations markoviennes standards. Les algorithmes développés seront de type Espérance-Maximisation (EM) particulièrement adaptés aux contextes non-supervisés. Une expertise (éventuellement partielle) d'écologues sera explicitement intégrée dans la modélisation probabiliste qui sera proposée, aboutissant ainsi à une modélisation Bayésienne où l'on contrôle au mieux la qualité des indices à extraire.

Axe 3 : Annotation automatique (dès an 2) : elle dépassera l'analyse globale de flux caractérisant la biodiversité, dans le but de reconnaître dans ces flux de données des événements particuliers révélant la présence d'espèces cibles. Il s'agit d'un cadre de classification et d'étiquetage de signaux relativement classique pour lequel de nombreux travaux ont été menés notamment au LIP6 sur des signaux divers (par ex. parole) à l'aide de divers modèles markoviens (génératifs et discriminants, segmentaux). DYNI développe depuis 4 ans des modèles de classification multimodale à l'échelle, validés dans le cadre de campagnes (ex : 4ie rang national à TRECVID IRIM 2011). Le cadre particulier de flux bioacoustiques présente toutefois deux difficultés majeures : le manque de données d'apprentissage pour mettre au point des modèles, et le nombre important d'espèces à identifier qui peut facilement atteindre des centaines ou des milliers. Du point de vue de la quantité de données disponibles en apprentissage, certaines banques de données sonores existent (ex. chants d'oiseaux) mais elles sont de taille très limitée et n'incluent qu'un ou deux exemples par espèce ce qui ne permet pas un apprentissage performant. Pour dépasser cette limitation, on peut s'appuyer sur divers paradigmes de l'apprentissage, en particulier l'**apprentissage semi-supervisé** [Tomanek et al., 2009] qui vise à apprendre avec de nombreuses données non étiquetées et quelques données étiquetées, et le **transfer learning** qui vise à exploiter la connaissance que l'on a sur certaines espèces pour apprendre des modèles d'autres espèces [Pan et al., 2009]. Ces paradigmes sont assez peu étudiés jusqu'ici pour des modèles complexes tels que ceux utilisés pour l'étiquetage de signaux (MMCs, CRFs, etc) et ne passent pas de façon évidente à l'échelle [Druck et al., 2007, AR7, AR8]. Pour s'attaquer à la nature **multi-échelle des événements** des

signaux, au-delà de méthodes naïves consistant à exploiter des détections à plusieurs échelles de temps, on pourra s'appuyer notamment sur des **extensions hiérarchiques** des modélisations. De telles modélisations peuvent en effet permettre de représenter des signaux complexes à diverses échelles temporelles. Par ailleurs, la classification dans un nombre élevé de catégories est une problématique nouvelle abordée depuis peu dans la communauté apprentissage, et qui relève plus globalement du passage à l'échelle des techniques d'apprentissage. Le LIP6 travaille depuis quelques années sur cette thématique notamment dans le cadre d'un projet ANR et de la co-organisation de challenges (séries des challenges LSHTC [AR3, AR5]).

Axe 4 : Apprentissage de représentation pour une indexation efficace (dès an 2) reposera sur la connaissance d'informations porteuses de sens dans les données. La représentation en caractères, mots, phrases des textes permet, par exemple, la modélisation, l'indexation, et la recherche d'information dans des documents textuels. Or, les signaux bioacoustiques sont sémantiquement non structurés. Il est en premier lieu nécessaire de d'identifier des éléments constitutifs des données ou des patrons séquentiels. Il s'agit d'un problème d'apprentissage de représentation, comparable à la problématique d'apprentissage de codes ou de représentations en vision [Hinton et al., 2006, Mairal et al., 2010], qui est très étroitement liée à celle de l'apprentissage non supervisé de la structure de modèles de séquences notamment hiérarchiques [AR1, Siddiqi et al., 2007]. Ce problème, récurrent et très ouvert, est souvent abordé avec des solutions ad-hoc, et sur lequel le LIP6 a travaillé dans divers cadres (H. Binsztok, Projets ANR, coll. avec IRCAM). Dans le cadre particulier envisagé, il est possible d'envisager l'exploitation de stratégies d'apprentissage actif pour concevoir des outils semi-automatiques efficaces [Tomanek et al., 2009].

Axe 5 : Indexation, modélisation et manipulation de masse de données (dès an 1) qui recouvre la construction de modèles de représentation adaptés à des données hétérogènes, plus ou moins structurées, annotées, dynamiques et distribuées. Cet axe vise à augmenter la puissance des langages de description et de manipulation des données ainsi représentées pour exploiter leur contenu conjointement avec les connaissances du domaine auxquelles elles sont rattachées et à proposer des formalismes et des techniques adaptées à des utilisateurs experts pour améliorer leur indexation et donc leur exploitation ultérieure ([OnLine Analytical Processing](#) [Wang 2003]). Les fichiers acoustiques pourront également visualisés avec leur annotations cartographiés sur un site dédié, et être écoutés par portions filtrées automatiquement suivant des requêtes, notamment en ligne et librement par tous, experts ou non, naturalistes, écologues planétologue, géologue, sociologues, ou gestionnaires.

6. Acquis scientifiques (publications signif., projets passés ou en cours, applications, logiciels, brevets)

Le projet « PELAGOS BOUSSOLE 2008-10 » et le projet de suivi 3D de cétacés par acoustique passive « ONCET » sont lauréats 2011 de l'Institut Universitaire de France (iuf.amue.fr) dans le programme global d'analyse et interprétation de scènes environnementales complexes de H. Glotin. ONCET est breveté depuis 2007, en PCT depuis 2009, et a été expertisé sur deux ans par ValorPaca. Le Conservatoire du Littoral et le Parc National de Port-Cros soutient ce projet (projets PELAGOS BOUSSOLE et DECAV Détection Audiovisuelle de Cétacés 2010-12). Un Partenariat industriel par cession de licence est en cours.

Par ailleurs DYNi a une expertise en traitement de la parole [R1]. Nos recherches sont autant liées à trouver de nouveaux descripteurs acoustiques plus pertinents (paramètres parcimonieux) permettant une classification plus performante, que d'intégrer et écrire des algorithmes qui permettent de passer à l'échelle [R2]. Nous avons commencé des travaux de bioacoustique sur des enregistrements de cétacés dans le cadre de localisation ou d'analyse « phonétique » des productions acoustiques de ces animaux. Pour ces travaux nous avons appliqué une paramétrisation parcimonieuse à partir de notre étude sur la voix humaine. Les résultats obtenus sont prometteurs et dépassent les méthodes et paramétrisation habituellement utilisées dans ces communautés [R2-3].

Plusieurs projets sont en cours ayant pour objectif principal une estimation spatio-temporelle de la diversité animale locale. Ces programmes de recherche, gérés par J. Sueur, concernent essentiellement des milieux forestiers tempérés (forêts de feuillus d'Ile de France ou méditerranéennes) ou tropicaux (Station CNRS des Nouragues, Guyane Française; agro-forêt des Western-Ghâts, Inde ; forêt tropicale à fort taux d'endémisme local de Nouvelle-Calédonie ou côtière du Costa Rica). Des efforts sont également faits pour transférer les techniques de milieu aérien aux milieux aquatiques (mares de France métropolitaine). Ces campagnes d'enregistrement ont permis de collecter plusieurs mois de données à partir de réseaux comprenant 4 à 24 capteurs. Les signaux acquis sont analysés globalement, sans identification des espèces présentes, à partir d'indice de diversité α (richesse, équitabilité) et de diversité β (dissimilarité, originalité) [S1-S5]. Les analyses sont conduites à l'aide package Seewave [S2, Sueur et al. 2008] en open-source sous R qui est utilisée dans différents contextes par des laboratoires du monde entier (<http://rug.mnhn.fr/seewave>).

Autour de la modélisation et de la manipulation de données le projet MSXD (ACI Semweb 2004-2008) s'est intéressé à la représentation et la manipulation concurrente de données textuelles structurées suivant plusieurs points de vues et représentés en XML [M4]. Le projet OTIM (Outils pour le Traitement de l'Information Multimodale (ANR blanche 2008-2011) a étendu ces travaux à la prise en compte des connaissances associées aux données et à des données audio/vidéo : son but était de définir des conventions et des outils pour l'annotation d'un grand corpus audio visuel constitué de conversations filmées entre deux personnes, en langue française. L'idée est de représenter et de manipuler de façon conjointe, dans un unique environnement de travail, les différents domaines de la linguistique étudiés dans ce contexte.

Cette recherche s'appuie sur une approche ontologique et l'extension de standards du web sémantique [M1,M2]. Cette approche ontologique permettra de représenter, interroger et partager les connaissances hétérogènes des experts bioacousticiens et écologues. Autour de l'indexation et de l'interrogation de masses de données le modèle Blockweb présenté dans [M3], est un modèle d'indexation permettant à un expert des données de spécifier l'influence de l'indexation d'un composant des données (un bloc) sur les autres et de définir leur importance relative : il s'agit d'une forme d'intégration de la connaissance d'un expert.

Le LIP6 travaille depuis de nombreuses années sur le traitement et l'étiquetage de signaux [AR1, AR3-4, AR6]. Egalement le LIP6 attaque depuis quelques années sur les problèmes de classification à grande échelle. L'apprentissage statistique s'est imposé depuis quelques années comme une technologie clé pour le traitement et l'analyse des grandes masses de données, quelles qu'elles soient. Cela peut concerner la dimensionalité des données, le nombre de données et le nombre de classes. Par exemple aujourd'hui, de nombreuses applications requièrent de faire de la classification avec des milliers ou dizaines de milliers de classes et il n'existe aujourd'hui aucune réponse à ce saut qualitatif des besoins. La recherche dans ce domaine en est encore à un stade préliminaire. Le LIP6 s'est positionné sur cette problématique (projet ANR blanc avec l'UJF depuis 2010) sur la classification dans un grand nombre de catégories et en co-organisant des challenges sur le sujet (Challenges Large Scale Hierarchical Text Classification, LSHTC [AR5]).

7. Publications significatives

7.1 PUBLICATIONS RELATIVES AUX MASSES DE DONNEES ET TRAITEMENT EN LIGNE

- [AR1] **ARTIÈRES** T., MARUKATAT S., GALLINARI P., ON-LINE HANDWRITTEN SHAPE RECOGNITION USING SEGMENTAL HIDDEN MARKOV MODELS, IEEE TRANS. ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE (IEEE TRANS. PAMI), VOL. 29, N° 2, pp 205-217, 2007.
- [AR2] CISSÉ, T. **ARTIÈRES**, P. GALLINARI, LEARNING EFFICIENT ERROR CORRECTING OUTPUT CODES FOR LARGE HIERARCHICAL MULTI-CLASS PROBLEMS, WORKSHOP ON LARGE SCALE HIERARCHICAL CLASSIFICATION (AT ECML), 2011.
- [AR3] DO TMT, T. **ARTIÈRES**, NEURAL CONDITIONAL RANDOM FIELDS, DEEP LEARNING FOR SPEECH RECOGNITION AND RELATED APPLICATIONS, A WORKSHOP IN CONJUNCTION WITH NIPS 2009.
- [AR4] DO TMT, T. **ARTIÈRES**, LARGE MARGIN TRAINING FOR HIDDEN MARKOV MODELS WITH PARTIALLY OBSERVED STATES, INTERNATIONAL CONFERENCE ON MACHINE LEARNING (ICML), 2009.
- [AR5] [HTTP://LSHTC.IIT.DEMOKRITOS.GR/LSHTC3_CALL](http://lshtc.iit.demokritos.gr/lshtc3_call)
- [AR6] RADENEN M., T. **ARTIÈRES**, CONTEXTUAL HIDDEN MARKOV MODELS, INT. CONF. ON ACOUSTICS, SPEECH & SIGNAL PROC 2012.
- [AR7] SOULLARD Y., T. **ARTIÈRES**, HYBRID HMM AND HCRF MODEL FOR SEQUENCE CLASSIFICATION, EUROPEAN SYMPOSIUM ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS (ESANN), 2011.
- [AR8] VINEL A., T-M-T. DO, T. **ARTIÈRES**, JOINT OPTIMIZATION OF HIDDEN CONDITIONAL RANDOM FIELDS AND NON LINEAR FEATURE EXTRACTION, INTERNATIONAL CONFERENCE ON DOCUMENT ANALYSIS AND RECOGNITION (ICDAR), 2011.
- [F1] **CHAMROUKHI** F., A. SAMÉ , G. GOVAERT , P. AKNIN, "TIME SERIES MODELING BY A REGRESSION APPROACH BASED ON A LATENT PROCESS," NEURAL NETWORKS, VOLUME 22, ISSUES 5-6, p593-602, 2009.
- [F2] **CHAMROUKHI** F., A. SAMÉ , G. GOVAERT , P. AKNIN, "A HIDDEN PROCESS REGRESSION MODEL FOR FUNCTIONAL DATA DESCRIPTION. APPLICATION TO CURVE DISCRIMINATION," NEUROCOMPUTING, VOLUME 73, ISSUES 7-9, P 1210-1221, 2010.
- [F3] SAMÉ A., F. **CHAMROUKHI**, G. GOVAERT AND P. AKNIN, "MODEL-BASED CLUSTERING AND SEGMENTATION OF TIME SERIES WITH CHANGES IN REGIME," ADVANCES IN DATA ANALYSIS AND CLASSIFICATION (ADAC), VOLUME 5, NUMBER 4, P 51-21, 2011.
- [F4] **CHAMROUKHI F., H. GLOTIN**, "MIXTURE MODEL-BASED FUNCTIONAL DISCRIMINANT ANALYSIS FOR CURVE CLASSIFICATION" INT.JOINT CONF ON NEURAL NETWORKS (IJCNN), 2012.
- [G10] MACHART P., PEEL T., ANTOINE S., RALAIVOLA, **H. GLOTIN** "STOCHASTIC LOW-RANK KERNEL LEARNING FOR REGRESSION", INTERNATIONAL CONFERENCE ON MACHINE LEARNING, ICML 2011
- [M1] SEINTURIER J., ROUINE, **A. MURISASCO, R. BRUNO**, E., BLACHE, P., KNOWLEDGE-BASED MULTIMODAL DATA REPRESENTATION AND QUERYING, INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE ENGINEERING AND ONTOLOGY DEVELOPMENT, 2011
- [M2] SEINTURIER J., **E. MURISASCO, E. BRUNO** "AN XML ENGINE TO MODEL AND QUERY MULTIMODAL CONCURRENT LINGUISTIC ANNOTATIONS. APPLICATION TO THE OTIM PROJECT", THE MARKUP CONFERENCE 2011. BALISAGE SERIES ON MARKUP TECHNOLOGIES, VOL. 7, THE MARKUP CONFERENCE, MONTREAL, DOI:10.4242/BALISAGEVOL7, 2011
- [M3] **BRUNO** E., N FAESSEL, **H. GLOTIN**, J LE MAITRE, M SCHOLL, "INDEXING AND QUERYING SEGMENTED WEB PAGES: THE BLOCKWEB MODEL", IN: WORLD WIDE WEB, VOL. 14 (5), pp. 623-649, 10.1007/s11280-011-0124-6, 2011
- [M4] **BRUNO, E. MURISASCO E.** "A DATA MODEL & AN XQUERY EXTENSION FOR CONCURRENT XML STRUCTURES", INFORMATICA, V 35, pp. 141-156, 2011
- [R1] **RAZIK** J.- MELLA O - FOHR D - HATON JP "FRAME-SYNCHRONOUS AND LOCAL CONFIDENCE MEASURES FOR AUTOMATIC SPEECH RECOGNITION", INT JOURNAL OF PATTERN RECOGNITION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE (IJPRAI), VOL. 25 (2), pp. 157-182, MAR 2011
- [R2] **RAZIK J., S PARIS, H GLOTIN**, "BROADCAST NEWS PHONEME RECOGNITION BY SPARSE CODING", IN PATT. REC. APP. & METHODS, ICPRAM 2012

7.2 PUBLICATIONS RELATIVES À LA BIOACOUSTIQUE, INDICES ET MODELES

- [AD1] PACE, F., BENARD, F., **GLOTIN, H., ADAM, O.**, AND WHITE, P., SUBUNIT DEFINITION FOR HUMPBACK WHALE CALL CLASSIFICATION, APPLIED ACOUSTICS, ÉD. ELSEVIER, 11(71), p. 1107-1114, 2010
- [AD2] GANDILHON, N., O. **ADAM**, O., LOUIS, M. USING PASSIVE ACOUSTICS FOR MARINE MAMMAL OBSERVATIONS: MULTIDISCIPLINARY OBSERVATORIES, MATERIALS AND SOFTWARE, INTERNATIONAL REVIEW OF PHYSICS, 4(1), p. 20-28, 2010
- [AD3] SAMARAN, F., **ADAM**, O., GUINET, C., DISCOVERY OF A MID-LATITUDE SYMPATRIC AREA FOR TWO SOUTHERN HEMISPHERE BLUE WHALE SUBSPECIES, ENDANGERED SPECIES RESEARCH, 12, p. 157-165, 2010
- [AD4] SAMARAN, F., **ADAM**, O., MOTSCH, J.F., CANSI, Y. AND GUINET, C. SOURCE LEVEL ESTIMATION OF TWO BLUE WHALE SUBSPECIES IN SOUTHWESTERN INDIAN OCEAN, JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA (JASA), 127(6), p. 3800-3808, 2010
- [AD5] **ADAM O.**: SEGMENTATION OF KILLER WHALE VOCALIZATIONS USING THE HILBERT-HUANG TRANSFORM. EURASIP J. ADV. SIG. PROC. 2008
- [G1] **GLOTIN** H, CAUDAL F, GIRAUDET P. WHALES COCKTAIL PARTY: A REAL-TIME TRACKING OF MULTIPLE WHALES, IN: INTERNATIONAL JOURNAL CANADIAN ACOUSTICS, VOL. 36, N° 1, pp. 139-145, ISSN 0711-6659, 2008

- [G2] GIRAUDET P. **GLOTIN** H. REAL-TIME 3D TRACKING OF WHALES BY PRECISE AND ECHO-ROBUST TDOAs OF CLICKS EXTRACTED FROM 5 BOTTOM-MOUNTED HYDROPHONES RECORDS OF THE AUTEc, APPLIED ACOUSTICS, VOL. 67, N° 11-12, 2006
- [G3] BENARD F., **GLOTIN** H., GIRAUDET P. "WHALE 3D MONITORING USING ASTROPHYSIC NEMO ONDE TWO METERS WIDE PLATFORM WITH STATE OPTIMAL FILTERING BY RAO-BLACKWELL MONTE CARLO DATA ASSOCIATION" , IN : JOURNAL OF APPLIED ACOUSTICS, VOL. 71 (2010), pp. 994-999, NOV 2010
- [G4] BENARD F., H. **GLOTIN**, AUTOMATIC INDEXING AND CONTENT ANALYSIS OF WHALE RECORDINGS AND XML REPRESENTATION, IN: EURASIP SP. ISSUE, ADVANCES IN SIGNAL PROCESSING FOR MARITIME APPLICATIONS, 2010
- [G5] **GLOTIN** H., GIRAUDET P., CAUDAL F., PROCEDE DE TRAJECTOGRAPHIE EN TEMPS REEL SUR ORDINATEUR PORTABLE, DE PLUSIEURS CETACES PAR ACOUSTIQUE PASSIVE, BREVET INPI 2007 07/06162, PCT 2009 USA, EUROPE, CANADA, AUSTRALIE, NOUVELLE ZELANDE, [HTTP://GLOTIN.UNIV-TLN.FR/ONCET](http://glotin.univ-tln.fr/ONCET)
- [G6] BENARD, **GLOTIN** H, GIRAUDET P., HIGHLY DEFINED WHALE GROUP TRACKING BY PASSIVE ACOUSTIC STOCHASTIC MATCHED FILTER, INTECH ADVANCES IN SOUND LOCALIZATION ISBN978-953-307-581-5, <http://www.intechopen.com/articles/show/title/highly-defined-whale-group-tracking-by-passive-acoustic-stochastic-matched-filter> 2011
- [G7] ABEILLE, **GLOTIN** H, GIRAUDET P., G. PAVAN, ROBUST SAMPLE LEVEL AUTOMATIC DETERMINATION OF THE INTER PULSE INTERVAL OF PHYSETER MACROCEPHALUS CLICK FOR BIOPULATION STUDY, SUBMITTED TO PLOS ONE, 2012
- [G8] LARAN, M. CASTELLOTE, F. CAUDAL, A. MONNIN, H. **GLOTIN**, 'SUIVI PAR ACOUSTIQUE PASSIVE DES CETACES AU NORD DU SANCTUAIRE. RAPPORT RECHERCHE PARC NATIONAL DE PORT-CROS', 80p, 2009
- [R3] RAZIK J., H **GLOTIN**, S PARIS, A OLIVIER "HUMBACK WHALE SONG SPARSE CODING AND INFORMATION THEORY ANALYSIS", INT WKP ON DETECTION, CLASSIFICATION, LOCALIZATION & DENSITY ESTIMATION OF MARINE MAMMALS USING PASSIVE ACOUSTICS, PORTLAND, USA, SUPPORTED BY ONR DPT OF THE NAVY & ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA (ASA), pp. 41, 2011
- [S1] DEPRAETERE M, PAVOINE S, JIGUET F, GASC A, DUVAIL S, **SUEUR** J, 'MONITORING ANIMAL DIVERSITY USING ACOUSTIC INDICES: IMPLEMENTATION IN A TEMPERATE WOODLAND' ECOLOGICAL INDICATORS, 13: 46-54, 2012
- [S2] **SUEUR**, AUBIN, SIMONIS 'SEEWAVE: A FREE MODULAR TOOL FOR SOUND ANALYSIS AND SYNTHESIS, BIOACOUSTICS, 18:213-226, 2008
- [S3] **SUEUR** J, PAVOINE S, HAMERLYNCK O, DUVAIL S, RAPID ACOUSTIC SURVEY FOR BIODIVERSITY APPRAISAL. PLOS ONE, 3(12): e4065, 2008
- [S4] **SUEUR** J, GASC A, GRANDCOLAS P, PAVOINE S, GLOBAL ESTIMATION OF ANIMAL DIVERSITY USING AUTOMATIC ACOUSTIC SENSORS, 2012, IN LE GALLIARD, GUARINI, GAILL F (EDS), SENSORS FOR ECOLOGY: TOWARDS INTEGRATED KNOWLEDGE OF ECOSYSTEMS. CNRS Ed, 101-119
- [S5] OBRIST M.K., PAVAN G., **SUEUR** J., RIEDE K., LLUSIA D. AND MÁRQUEZ R., BIOACOUSTIC APPROACHES IN BIODIVERSITY INVENTORIES. IN: MANUAL ON FIELD RECORDING TECHNIQUES AND PROTOCOLS FOR ALL TAXA BIODIVERSITY INVENTORIES, ABC TAXA, VOL. 8: 68-99 <http://www.abctaxa.be/volumes/volume-8-manual-atbi/volumes/volume-8-manual-atbi/chapter-5/>, 2010

8. Disciplines impliquées

INS2I: Apprentissage supervisé ou non : Classification automatique, Clustering, Analyse de séquence ; Analyse statistique de données ; Traitement du signal et modélisation stochastique ; Bases de données ; Recherche d'information ; Acoustique.

INEE: Ecologie des communautés ; Ecologie du paysage ; Biologie de la conservation ; Biodiversité ; Bioacoustique ; Ethologie ; Impact anthropique.

9. Liste des 5 chercheurs majoritairement impliqués

SABIOD s'insère dans les LABEX ARCHIMEDE (avec le LSIS en classification) et BCDIV (avec le MNHN en biodiversité), et dans le projet Analyse de Scène Multimodale lauréat IUF 2011 (H. Glotin). Il regroupe deux équipes IN2SI avec deux INEE.

Pr Glotin Hervé (Institut Universitaire de France, UMR CNRS LSIS-DYNI, USTV INS2I, <http://glotin.univ-tln.fr>) pilote l'équipe Dyni (A+ Aeres). Sa recherche est interdisciplinaire, du traitement automatique de la parole à la classification de masse multimodale (vidéo, image, son, bioacoustique). Depuis 2005 il développe des méthodes bioacoustiques sous-marines (co-auteur d'un brevet en suivi temps réel par acoustique passive de cétacés), qu'il étend depuis 2011 en bioacoustique terrestre.

Pr Muriasco Elisabeth de la même équipe (UMR CNRS LSIS-DYNI, USTV INS2I, <http://sis.univ-tln.fr/~muri>) est spécialiste en représentation et manipulation des données XML prenant en compte les connaissances associées à ces données, indexation multi-niveaux, modèle de représentation, langages de manipulation. Elle est impliquée dans de nombreux groupes de spécialistes BD via des ANR ou cercle de réflexion.

Autres membres de l'équipe Dyni impliqués dans SABIOD : MC Bruno E., Chamroukhi F., Paris S. et Razik J.

Pr Artières Thierry (UMR CNRS LIP6-MALIRE, UPMC INS2I, <http://www.connex.lip6.fr/~artieres/>) est expert d'envergure internationale en apprentissage statistique pour les données structurées, en particulier séquentielles, modélisations Markoviennes génératives et discriminantes. Ses applications portent sur les signaux de parole, d'écriture, traces de navigation et d'interactions. Il dérive des algorithmes de classification grande échelle en nombre d'exemples et de classes.

Pr Adam Olivier (UMR CNRS CNPS, UPMC INSB, <http://www.cb.u-psud.fr/Olivier.htm>) est Pr en acoustique et bioacoustique. Il élabore en plusieurs points de la planète des structures de mesures bioacoustiques sous marines. Sa collaboration avec H. Glotin est stable depuis 2007 (co-direction d'une thèse en cours). Il est le co-organisateur depuis 7 ans du workshop international de référence en bioacoustique passive pour les mammifères marins.

MC Sueur Jérôme (UMR CNRS OSEB, MNHN INSB <http://sueur.jerome.perso.neuf.fr/publications.html>) est expert d'envergure internationale en analyse du comportement bioacoustique (émission et réception). Il a développé des indices et softwares acoustiques pour l'analyse de la diversité animale terrestre et aquatique.

10. Autres références bibliographiques citées

- Druck, G., Pal, C., McCallum, A., Zhu, X. (2007) Semi-supervised classification with hybrid generative/discriminative methods. In Proceedings of the 13th ACM SIGKDD int. Conf on Knowledge Discovery & Data Mining, California, KDD.
- Hinton G., S. Osindero, Y. Teh (2006) A fast learning algorithm for deep belief nets, Neural computation.
- Mairal J, F. Bach, J. Ponce.(2010) Task-Driven Dictionary Learning, Technical report, HAL : inria-00521534.
- Pan, Q. Yang, A Survey on Transfer Learning (2009) IEEE Trans. On Knowledge and Data Engineering.
- Pieretti, N., Farina, A. & Morri, F. D. (2010) A new methodology to infer the singing activity of an avian community: the Acoustic Complexity Index (ACI). *Ecological Indicators*, 11, 868-873.
- Pijanowski, B., Farina, A., Gage, S., Dumyahn, S. & Krause, B. (2011) What is soundscape ecology? An introduction and overview of an emerging new science. *Landscape Ecology*, 26, 1213-1232.
- Siddiqi, S., G. Gordon, et A. Moore (2007) Fast state discovery for HMM model selection and learning. AISTATS, Int Conf artificial Intellig. and Statistics.
- Tomanek, K. et U. Hahn (2009) Semi-supervised active learning for sequence labeling. In Proceedings of the Joint Conference of the 47th Annual Meeting of the ACL and the 4th Int. Joint Conf on Natural Language pp. 1039- 1047AR1
- Wang B., F. Pan, D. Ren, Y. Cui, D. Ding, W. Perrizo (2003) [Efficient OLAP Operations for Spatial Data Using Peano Trees](#), 8th ACM SIGMOD Wkp on Research Issues in Data Mining and Knowledge Discovery.
- Wimmer, J., Towsey, M., Planitz, B., Williamson, I. & Roe, P. (2012) Analysing environmental acoustic data through collaboration and automation. *Future Generation Computer Systems*, in press.

ANNEXES

- (1) Lettre du directeur du Centre interdisciplinaire de Bioacoustique CIBRA Univ. Pavi – Italie
(2) Lettre du directeur du PNPC



Università degli Studi di Pavia

CENTRO INTERDISCIPLINARE DI BIOACUSTICA
E RICERCHE AMBIENTALI

Via Taramelli, 24 - 27100 PAVIA (I)

Tel/Fax +39-0382-987874

Gianni Pavan gianni.pavan@unipv.it

<http://www.unipv.it/cibra>

<http://mammiferimarini.unipv.it>

Herve' Glotin
DYNI - LSIS lab
UMR 6168 CNRS & Southern University
Toulon – France

Declaration of interest

Dear Prof Glotin,

According to the research projects discussed during my VP period at your lab, in particular those regarding a possible research and bioacoustic monitoring program in cooperation with the Parks of Port Cros and/or Porquerolles, I would declare my interest in cooperating and providing our expertise. We can provide expertise about the equipment and about data analysis, however, this type of project requires a good knowledge of the local habitats, and thus it is primarily important to find local human resources with the required zoological and ecological expertizes to focus on the local ecological problems to be monitored and then to correctly interpret the results.

We already cooperated with similar projects with Italian Parks and administrations, including the Italian Forestry Police to provide information for the management of nature reserves and also to provide sound guides for the visitors of Parks and protected areas.

These type of bioacoustics monitoring projects can have multiple objectives: monitoring specific local populations (e.g. endangered frogs, or a bats nesting site), monitoring the acoustic biodiversity of specific habitats, produce a catalog of "acoustic signatures" of the local populations, monitor the level and quality of anthropogenic noise, provide opportunities for education (e.g by producing "sound guides" to support the visit of the areas or to support educational programs with local schools). If extended for more than one year, these programs can provide information on the stability of the habitats or evidence changes related to direct human impacts (e.g. excessive tourism, noise) or to other mediated impacts (e.g. habitat degradation, climate changes).

The role of your labs will be to develop the tools for analyzing and interpreting the acoustic data collected by automatic recorders (e.g. automatic classification of species signatures, assessing population distribution and density); this will be in the framework of the new emerging "computational bioacoustics".



Le 25 janvier 2012

Le professeur GLOTIN accompagné du professeur PAVAN est venu présenter au parc national de Port Cros un projet d'étude des animaux basé sur les sons qu'ils émettent. Ce projet est innovant à plusieurs titres.

Jusqu'à présent l'étude de la faune était basée essentiellement sur le traitement des ondes lumineuses à travers l'œil humain.

Le projet présenté ici vise à davantage exploiter les ondes sonores à travers deux axes principaux :

Il permet de reconstituer grâce à un traitement approprié du signal des ondes sonores émises par les animaux, leur position et leurs déplacements.

En outre, l'étude prolongée permettra d'identifier les comportements de ces animaux en milieu naturel sans interférence due à la présence humaine.

L'exploitation des ondes lumineuses, si elle est la plus facile à concevoir, a montré ses limites, notamment pour les observations de nuit ou les observations d'espèces confondues avec leur milieu ou cachées dans les herbes.

Cette technique novatrice ouvre donc de nouvelles perspectives très intéressantes sur l'étude fine du comportement animalier.

A cette fin, le parc national de Port Cros a souhaité mettre à disposition l'ensemble de l'espace naturel aux professeurs GLOTIN et PAVAN afin de pouvoir mener à bien leur projet.



G. SELLIER