

LES STIMUTALOGUES

LE GNATHONEMUS PETERSII *ELECTRICFISH*



"L'information c'est une différence qui crée la différence"
G. Bateson Steps to an Ecology of Mind.

- **Considérations générales**

Les poissons électriques : le Gnathonemus Petersii.

Nous avons vu que sur des milliers d'espèces de poissons, quelques centaines ont la particularité de pouvoir générer périodiquement ou de façon continue un champ électrique.

Si elles étaient connues depuis l'antiquité, comme la torpille¹, poisson à forte décharge ponctuelle (400 à 6000 volts), la plupart des espèces de poissons électriques n'ont été découvertes que récemment. Leur très faible émission électrique demandait un développement électronique plus évolué.

Il y a une trentaine d'années le professeur anglais H. Lissmann, en expédition au Ghana s'aperçut que les fleuves fourmillaient "d'électricité vivante" en plongeant, deux fils de cuivre reliés à un amplificateur et à un téléphone. Les crépitements entendus n'étaient ni plus ni moins que la manifestation de l'activité électrique de poissons aux formes diverses autant qu'étranges, qui peuplent les fleuves et les lacs de l'Afrique sahélienne et équatoriale, du Nil au bassin du Congo.

On peut considérer que l'expérience du Pr. Lissmann est un des actes initiateurs de la **Technozoosémiotique**.

Les poissons électriques africains dits à faible décharges constituent le groupe des Mormyriformes comprenant la famille des Gymnarchidés et la famille des Mormyridés avec plus de deux cents espèces.

Le **Gnathonemus Petersii** est un poisson électrique muni d'un prolongement mobile du menton.

C'est ce qui a déterminé son nom de **POISSON-ELEPHANT**.

Il fait donc parti des poissons africains à faible décharge. Ceux-ci constituent le groupe des Mormyriformes comprenant la famille des Gymnarchidés et la famille des Mormyridés (200 espèces environ).

Le **Gnathonemus Petersii** émet en permanence des décharges électriques de faible voltage (1volt) et de faible intensité. Ces décharges sont si faibles qu'il a fallu l'avènement des techniques fines d'enregistrement pour les mettre en évidence.

A) ELECTROLOCATION

Le **Gnathonemus Petersii** utilise ses décharges dans un système de détection unique dans le monde vivant l'**Electrolocation**.

Pour produire des décharges le **Gnathonemus Petersii** possède de chaque côté de sa queue, une paire d'organe électrique de consistance gélatineuse, appelé les **Electroplaques**, des piles vivantes constituées de quatre séries de 160 cellules environ.

Chaque décharge crée un champ électrique instantané. La présence d'un objet perturbe les lignes du champ.

Cette perturbation sera perçue grâce à l'analyse de signaux en provenance d'électrorecepteurs, par son cerveau étonnamment développé.

Ces électrorecepteurs, les **Mormyrastes**, sont répartis sur l'ensemble du corps du **Gnathonemus Petersii**.

Ils peuvent ainsi construire une "représentation" de la configuration du champ électrique et le renseigner sur la nature de son environnement.

Ce dispositif lui permet de trouver sa nourriture et de se déplacer dans des milieux encombrés comme les eaux troubles des rivières et des lacs africains.

B) COMMUNICATION ELECTRIQUE

Les Mormyriiformes et les Gymnotidés ont élaboré un système de communication par signaux électriques bien supérieurs en fonction de leur milieu aux signaux visuels, acoustiques et mécaniques. La conduction des signaux électriques et leur effacement permettent la transmission rapide de messages.

Ainsi le **Gnathonemus Petersii** peut communiquer avec ses congénères à des distances de l'ordre d'un mètre.

Les décharges émises par un poisson électrique sont de véritables cartes d'identité pour tous les individus d'une espèce donnée.

La "signature" de l'espèce est donnée par la forme de l'impulsion.

En modulant leurs rythmes d'émission les poissons électriques peuvent échanger des informations sur leurs rangs hiérarchiques respectifs à l'intérieur d'un banc, sur leur état d'agressivité, ou sur leur motivation sexuelle.

Le **Gnathonemus Petersii** possède, pour recevoir ces signaux à côté des mormyrastes impliqués dans l'électrolocation, des récepteurs tubéreux beaucoup plus sensibles appelés les "**Knollorgans**" qui se comportent en véritables filtres afin d'éviter les parasites sur le canal de communication.

Comment imaginer l'univers sensoriel d'un **Gnathonemus Petersii**.

Les modalités classiques comme la vision et l'audition s'exercent de façon particulière pour les poissons à cause de l'eau. Cette dernière constitue un milieu plus favorable pour la transmission des sons.

- **Le sens électrique propose aux poissons une représentation spécifique du monde.**

Une représentation qui pourrait être analogue à certaines modélisations de la vie artificielle et plus particulièrement celles de la robotique comportementale, par le mode de traitement des paramètres du milieu et les réponses des effecteurs.

Elle pourrait s'approcher aussi des expériences proposés par certains dispositifs interactifs ou de l'immersion des réalités virtuelles.

Le sens électrique,

- **Il faut dire que le sens électrique est peu "courant" au sein des espèces vivantes.**

On connaît des organismes primitifs ⁱⁱ ou plus évolués qui s'orientent dans les champs électriques artificiels, mais la signification biologique et les bases sensorielles de ce comportement sont obscures.

- **Seul un certain nombre d'espèce de poisson utilisent leurs sensibilités électriques au cours de leur vie normale dans le but de s'orienter ou de communiquer.**

On distingue deux types de poissons électrosensitifs.

1. Ceux qui détectent les distorsions des champs électriques terrestres.
2. Ceux qui détectent les champs électriques émis par les poissons eux-mêmes ou par les membres de leurs espèces au moyen d'organes électriques spéciaux.

A côté de ces poissons faiblement électriques on trouve des poissons fortement électriques dont les secousses sont capables d'assommer une proie ou un prédateur.

Il y a des poissons électrosensitifs comme certains requins, qui sont capables de détecter des poissons par la simple distorsion que la proie induit dans le champ électrique géophysique. Les organes des sens qui interviennent ici s'appellent les ampoules de Lorenzini. Elles sont formées d'un ensemble de plusieurs cellules sensorielles enfoncées sous la peau. On pense que ces ampoules sont le produit de l'évolution des organes des lignes latérales.

Mais ce sont les poissons électriques à faible décharge qui nous intéressent ici.

Ils produisent leur propre champ électrique sous forme d'ondes présentant des oscillations continues et régulières ou d'émissions brèves émises à intervalles variables.

Il existe deux types de récepteurs électrosensitifs chez ces poissons, les ampoules réceptrices assez proche des ampoules de Lorenzini et des récepteurs tubéreux.

Ces récepteurs diffèrent en ceci que les premiers répondent au champ électrique statique ou changeant lentement alors que les seconds ne réagissent qu'aux champs électriques changeants rapidement.

En matière de comportement, les récepteurs sont utilisés pour détecter, localiser et même discriminer des objets qui sont dans l'eau à la base des déformations qu'ils imposent sur les champs électriques produits par leurs organes électriques.

- **Ainsi le sens électrique se manifeste de façon concrète à travers l'électrocommunication, l'électromotricité et l'électrolocation.**

Opératoire chez les Mormyridés ou les Gymnotidés, peut-il être chargé d'une valeur métaphorique et symptomatique pour l'espèce humaine?

Dans une autre terminologie et avec un impact plus grand, il est évident que les phénomènes de l'électrocommunication, de l'électromotricité et de l'électrolocation, s'apparentent fortement à certains des phénomènes qui engendrent les mutations actuelles des sociétés.

C'est pourquoi, les poissons électriques peuvent piloter nos dérives épistémologiques en agissant comme :

- des révélateurs et des ondoyeurs à contre-courant.
- Des sondeurs à écailles et des oscillateurs à haute conductibilité.
- Des commutateurs épistémologiques frétilants.

Le sens électrique, s'il peut être "isolé", pourrait-il être placé au centre des rapports explosifs et multiples qui s'intensifient entre le vivant et les technologies numériques de la communication ?

" L'espèce humaine a-t-elle perdue, la faculté biologique et physiologique d'émettre comme les poissons électriques, des champs d'électrocommunication ou d'électrolocation ?

Cette amputation est-elle à l'origine de l'invention de la radio ?

L'efficacité des technosciences est-elle une activité de substitution en passe de réparer cette amputation scandaleuse ?

Dans quelle opération de renflouement les avancées technologiques nous engagent-elles ?

Est-il question de tenter de réanimer des formes latentes, porteuses d'adaptations inventives alors qu'elles demeureraient enfouies et sous-estimées, comme des anomalies curieuses dans la phylogénèse du monde animal ?

"L'électricité", en prenant une importance énigmatique et électrotaxique, galvanise de plus en plus certaines activités artistiques, éthologiques, comportementales.

Il est mis à l'exercice de toute part, au plan physique et cognitif, dans les dispositifs interactifs, dans les relations homme/animal/machine, dans la capture des énergies corporelles, mentales et cinétiques, dans l'excitabilité du corps par les habits de données...

On peut penser que l'espèce humaine, arrivée à un carrefour technologique incertain pour son avenir et sa viabilité, se trouve dans l'obligation d'interroger des formes de perceptions qui lui sont en principes étrangères, hors du champ sensoriel répertorié par les circuits imprimés de son évolution spécifique". (Note du zoosystémicien).

- **La communication électrique**

Les Mormyriiformes et les Gymnotidés ont élaboré un système de communication par signaux électriques bien supérieurs en fonction de leur milieu aux signaux visuels, acoustiques et mécaniques. La conduction des signaux électriques et leur effacement permettent la transmission rapide de messages. Ainsi le **Gnathonemus Petersii** peut communiquer avec ses congénères à des distances de l'ordre d'un mètre. En modulant leurs rythmes d'émission les poissons électriques peuvent échanger des informations sur leurs rangs hiérarchiques respectifs à l'intérieur d'un banc, sur leur état d'agressivité, ou de leur motivation sexuelle.

Le **Gnathonemus Petersii** possède, pour recevoir ces signaux à côté des mormyrastes impliqués dans l'électrolocation, des récepteurs tubéreux beaucoup plus sensibles appelés les "Knollnorgans" qui se comportent en véritables filtres afin d'éviter les parasites sur le canal de communication. La vision et l'audition s'exercent de façon particulière pour les poissons à cause de l'eau. Cette dernière constitue un milieu plus favorable pour la transmission des sons. Les poissons électriques sont dotés "d'un sens électrique" à même de donner une représentation du monde, représentation qui se rapproche probablement **des immersions technologiques dans des dispositifs interactifs et des réalités virtuelles**.

- **L'Électrolocation**

Le **Gnathonemus Petersii** utilise ses décharges dans un système de détection unique dans le monde vivant l'**Électrolocation**. Il a élaboré, grâce à des signaux électriques un véritable système de communication sociale.

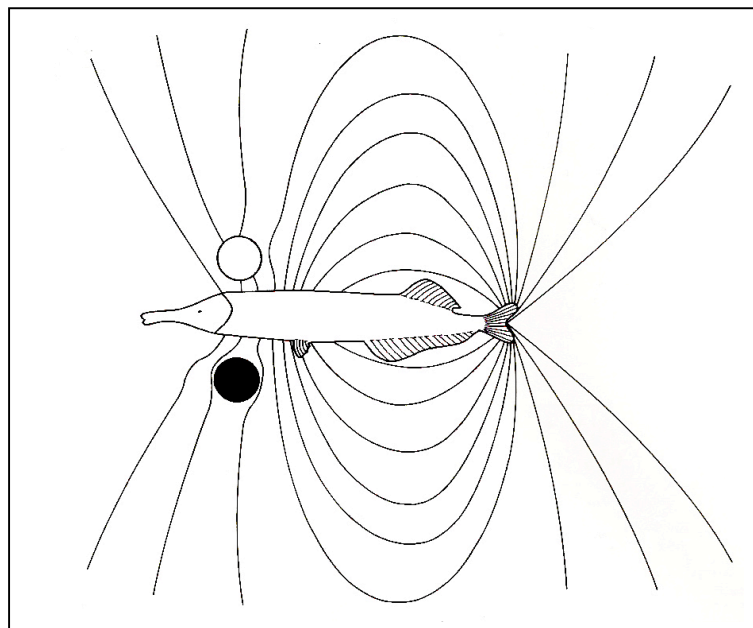
Pour produire des décharges le **Gnathonemus Petersii** possède de chaque côté de sa queue, une paire d'organe électrique de consistance gélatineuse, appelé les **Electroplaques**, des piles vivantes constituées de quatre séries de 160 cellules environ.

Chaque décharge crée un champ électrique instantané. La présence d'un objet perturbe les lignes du champ.

Cette perturbation sera perçue grâce à l'analyse de signaux en provenance d'électrorecepteurs, par son cervelet étonnamment développé.

Ces électrorecepteurs, les Mormyrastes, sont répartis sur l'ensemble du corps du **Gnathonemus Petersii**.

Ils peuvent ainsi construire une "représentation" de la configuration du champ électrique et le renseigner sur la nature de son environnement. Ce dispositif lui permet de trouver sa nourriture et de se déplacer dans les eaux troubles des rivières et des lacs africains.



Déformation des lignes de courant du champ créés par un poisson électrique par un objet moins conducteur que l'eau

PRINCIPE D'ELECTROLOCATION

du Gnathonemus Petersii

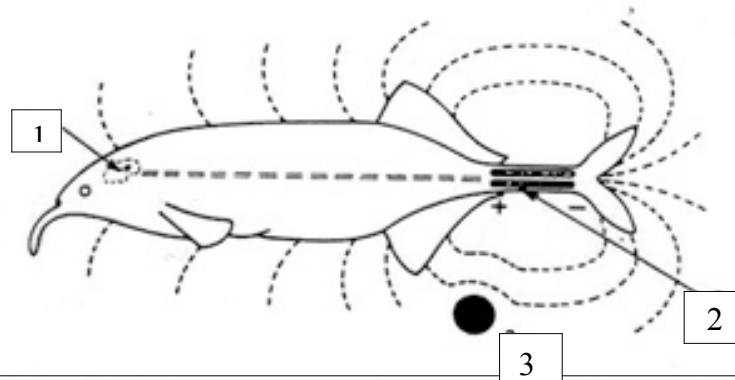


Fig. 6 - Principe de l'électrolocation. Sur ce poisson -éléphant schématisé, 1 représente le centre nerveux de commande de l'organe électrique (3). Quelques lignes du champ électrique créée à chaque décharge par l'organe sont représentées en pointillé. L'objet (2) déforme les lignes du champ; la perturbation engendrée et donc la présence de l'objet sont percées par le poisson grâce à son système électrorecepteur.

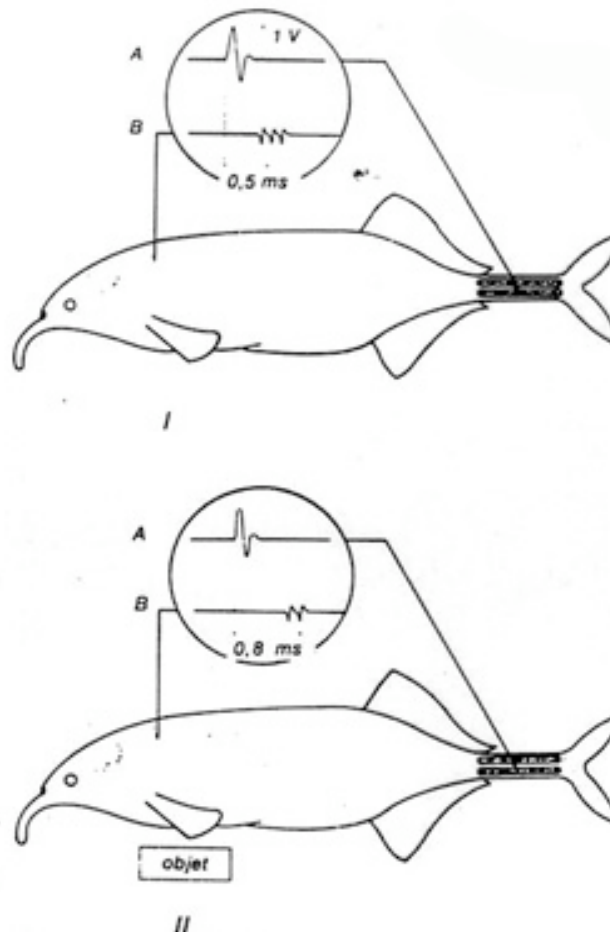


Fig.7 - Réponse d'un mormyromaste à la décharge de l'organe électrique en l'absence, (cas 1) et en présence (cas 2) d'un objet dans le proche environnement du poisson. Dans le cartouche, enregistrent oscillographiques (après amplification) de (A) : la décharge de l'organe électrique et (B) : les influx nerveux émis par le mormyromaste et recueillis au niveau du nerf de la ligne latérale. En 2, la perturbation du champ engendré par la présence de l'objet entraîne une diminution du nombre d'influx émis par le mormyromaste et une augmentation de leur délai d'apparition (de 0,5 à 0,8 millisecondes).

Le projet : Stimutalogues

Le projet Stimutalogues consiste en un dispositif interactif qui consiste à capter les communications des poissons électriques.

- Les poissons électriques sont des opérateurs qui communiquent entre eux au moyen de décharges électriques qui, numérisées favorisent des échanges à distance par le truchement des canaux de communication technologiques (réseaux, capteurs, machine de traitement de l'information, streaming, vidéo projections, etc.).
- Les poissons électriques sont aussi des moteurs électrophysiologiques qui permettent de piloter des chaînes causales, des événements sonores, iconiques, chromatiques et comportementaux.

Il trouve ses réalisations, dans la modélisation d'artefacts technologiques comme ceux de la vie artificielle dont ils structurent les échanges et les actions dans des milieux de forte densité électrique et électromagnétique.

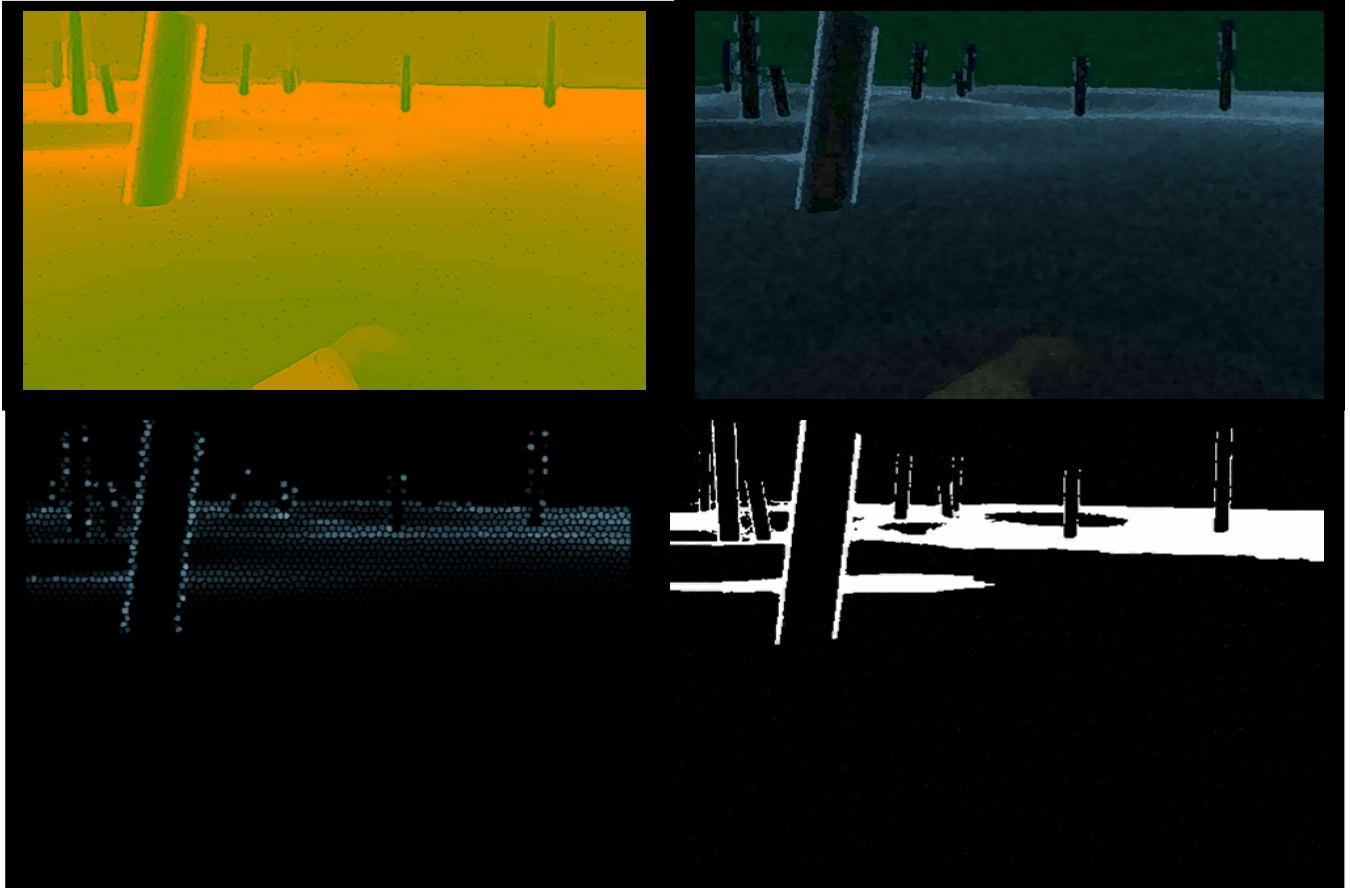
Il se développe dans l'univers des réseaux globaux et du cybermédia, où à l'interface du virtuel et du réel se concentrent, de façon explicite ou implicite, les constituants sensoriels d'une "**cyberception**"ⁱⁱⁱ.

Le projet est composé à ce jour, de trois types d'expériences toutes interconnectables.

1. **Logognathe Artefact** (boucle interactive paramétrables de communication entre vivant, artefact et agent conversationnel)
2. **Logomorphogénèse** (modélisation par morphogénèse dynamique d'échanges d'informations entre 3 Gnathonemus Petersii)
3. **Ichyophonie/PanGea** (mise en place d'un dispositif de communication permettant des échanges entre des Mormyridés au Brésil et des Gymnarchidés en Afrique, tentant de relier deux continents qui se sont séparés progressivement avec la tectonique des plaques).

Modalités de réalisations^{iv}

- **Modélisation de Gnathonémus Petersii, modélisations morphogénétiques et comportementales, modélisation d'artefact le logognathe.**
- **Milieu** intégrant les techniques de réalité mixte (connexion vivant-artefact), les espaces du réseau mondial et intercontinentales.
- **Communication animale inter et extra spécifique / Agents conversationnels**
Il développe des activités interactives à travers Internet et constitue une intelligence distribuée
- **Dispositif interactif : Les trois projets interconnectés forment une plateforme comprenant :**
 - Les dispositifs techniques et milieux pour l'accueil des poissons électriques
 - Les dispositifs interfaces de captures, d'amplification des signaux
 - Dispositifs de traitement de l'information électrique
 - Interfaces motion capture
 - Interface Cube
 - Les dispositifs numériques et les connexions Web
 - Les sorties sons, images,
 - monde virtuel Xsi - VRML
 - Moteur Electrobiologique



UMWELT : Simulation de la sensibilité électrique du Gnathonemus

LE LOGOGNATHE ARTIFECT

Agents conversationnels

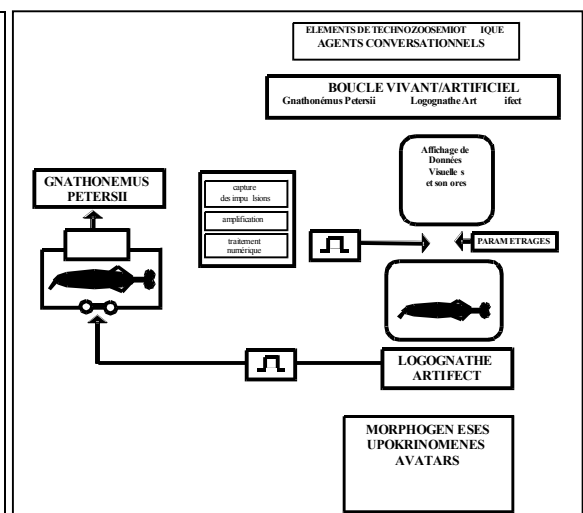
Le **Gnathonemus Petersii** évoluant dans un aquarium est connecté par des capteurs numériques, à une modélisation artificielle, une artefact comportemental le **Logognathe Artefact** ou à des **Upokrinomènes**, avatars numériques.

Les émissions d'impulsions électriques du **Gnathonemus Petersii** informent le **Logognathe Artefact**, qui réagit à ces stimuli.

En retour celui-ci émet des informations programmables qui pourront déterminer les comportements du **Gnathonemus Petersii** et réaliser une boucle communicatoire à variable comportementale constituant un agent conversationnel.

- Les émissions électriques du Gnathonémus Petersii sont captées puis traitées numériquement.
- Elles sont dirigées vers le modèle artificiel, le Logognathe Artefact. Après modification des paramètres, elles sont renvoyées vers le Gnathonémus Petersii
- Celui-ci modifie son comportement en fonction des nouvelles informations.

1. Locomotricité,
2. rapprochement des électrodes.
3. arrêt de l'émission.
4. accentuation de l'émission.
5. réponse écho, synchronisation.
6. communication entre vivant/artificiel.



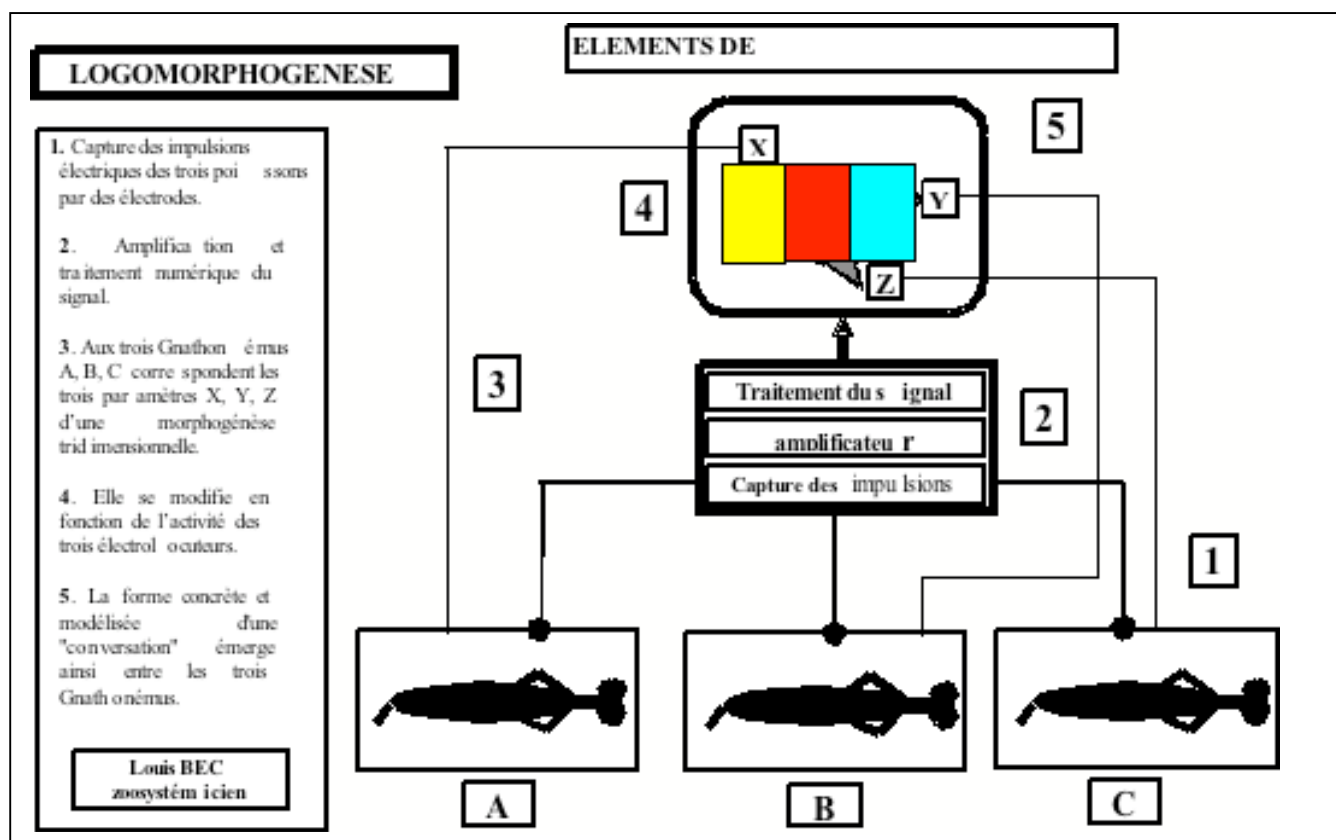
2. LOGOMORPHOGENESE

Il sera établi une communication artificielle entre trois **Gnathonemus Petersii**. Elle permettra d'observer l'émergence de la forme d'un trilogue entre les trois *Gnathonemus Petersii* considérés comme des organismes logophoriques.

Le Logomorphogénèse a pour objectif d'établir des modalités de communication technozoosémiotiques entre trois **Gnathonemus Petersii**.

Il permettra d'observer l'émergence d'une morphogénèse dynamique et interactive appelée **Trilogue**, matérialisant les échanges entre les trois *Gnathonemus Petersii* considérés comme des organismes logophoriques.

Chacun des poissons électriques étant support d'une donnée tridimensionnelle, temporelle et physique (X,Y,Z...), influera sur cette morphogénèse interactive au plan tridimensionnel, chromatique, textuel et sonore et proposera une dimension transcodée et visuelle des échanges trilogiques entre les trois locuteurs.



3. ICTHYOPHONIE/PANGAEA

Ichthyophonie est un programme qui vise à la mise en place d'un dialogue programmé entre deux *Gnathonemus Petersii* à des distances importantes.

- Les premières expériences qui se sont déroulées dans les laboratoires ont mis en relation deux ou plusieurs *Gnathonemus Petersii*.
- La deuxième phase a consisté à mettre en relation par téléphone deux *Gnathonemus Petersii*, situé dans des villes différentes.
- La troisième phase; l'utilisation du réseau apporte des dimensions technologiques nouvelles comme par exemple l'emploi du streaming qui permettra de visualiser à distance sous forme de téléprésence, les attitudes comportementales des poissons électriques provoqué par l'échange.

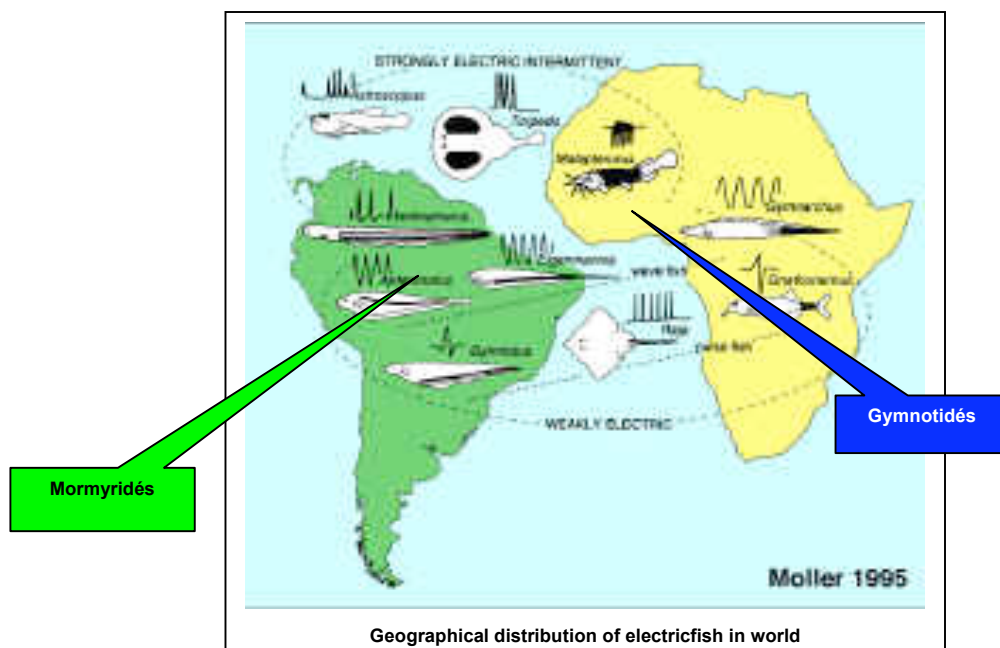
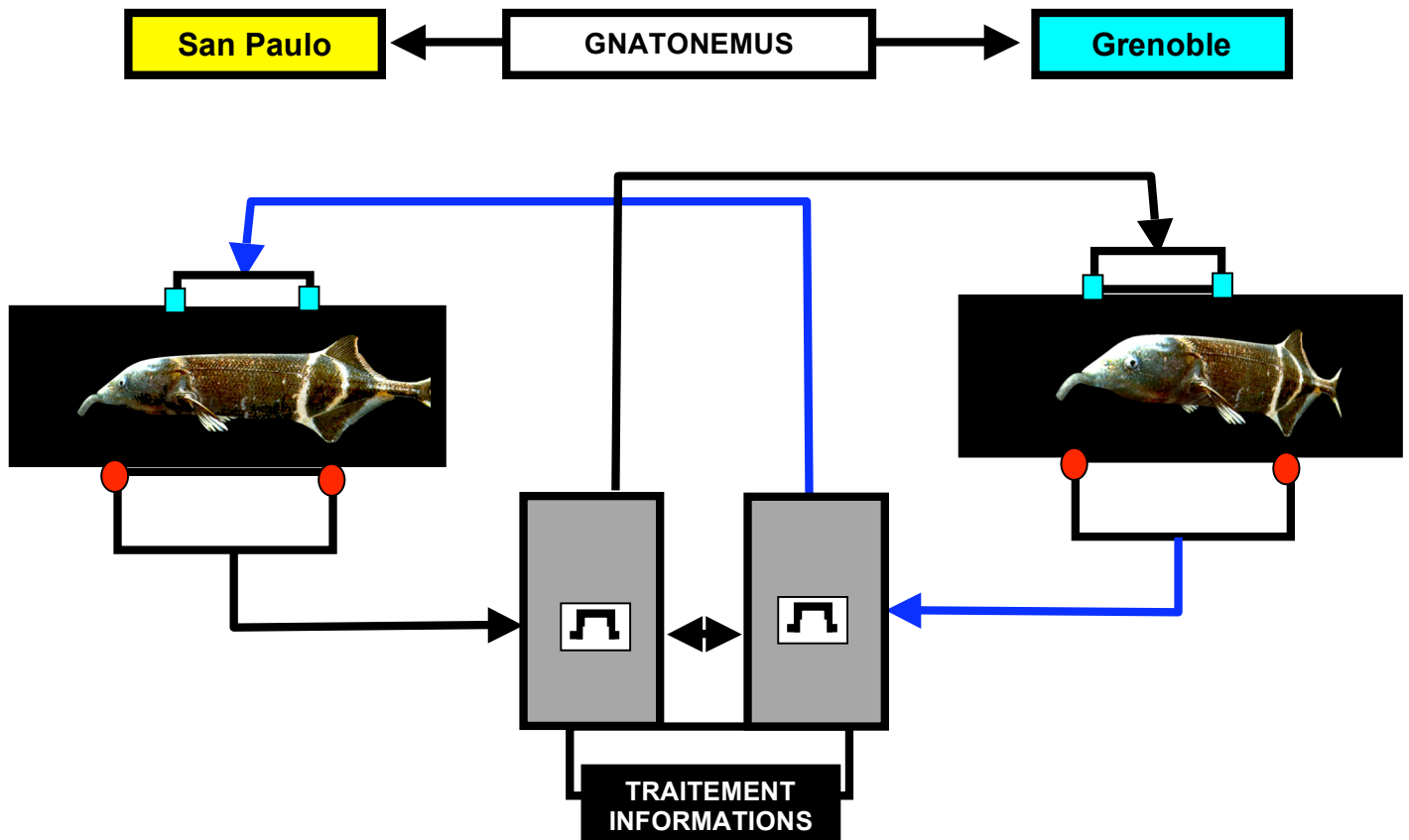
Cette expérience constitue une première dans l'échange technozoosémiotique entre deux poissons électriques placés dans des lieux géographiquement différents et qui ont cessé de communiquer depuis des millions d'années.

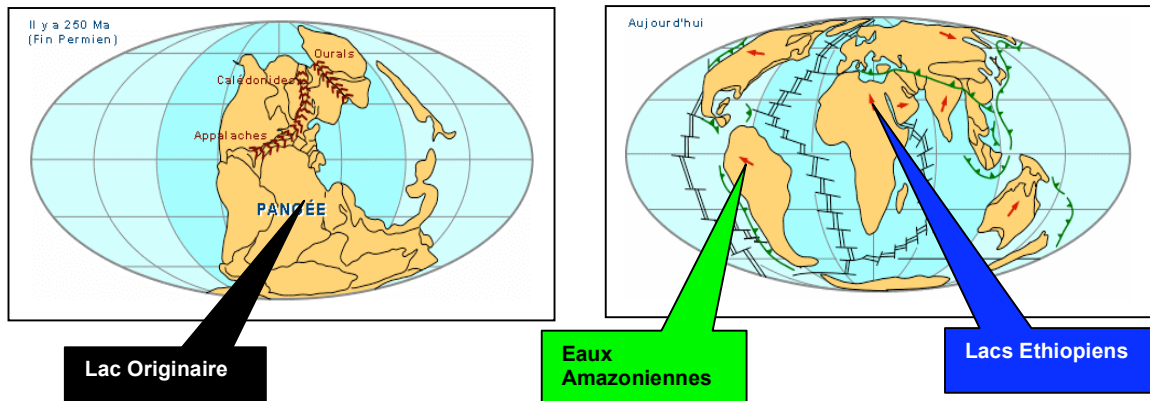
Il sera, dans un second temps, tenté une intercommunication entre des espèces différentes de poissons électriques, les mormyridées d'Amérique centrale et tropicale et les gymnotidés d'Afrique.

I.T.Z
INSTITUT DE TECHNOZOOSEMIOTIQUE

ICHTYOPHONIA /PANGEA

Communication en réseaux entre deux poissons électriques





Les poissons électriques échangent actuellement, entre eux localement, des informations mystérieuses dans les eaux troubles des rivières et des lacs d'Amérique du sud et d'Afrique.

Le projet **Ichyophonie/PanGea** vise à faire transiter, à travers le réseau mondial du Net, gavé par un flux ininterrompu de communications humaines anarchiques, ces simples informations animales non déchiffrables pour l'espèce humaine.

Les poissons électriques, comme l'ensemble du monde animal qui produit un nombre considérable de signaux, vont donc participer eux aussi, à l'explosion incontrôlable de la communication de la biomasse sur terre.

Le projet **Ichyophonie/PanGea** vise aussi à relier de façon symbolique les continents africains et américains du sud qui, en faisant partie de la Pangée, un supercontinent qui existait il y a environ 300 millions d'années, se trouvaient confondus à la fin de l'ère primaire (paléozoïque).

En effet, il y a 300 millions d'années, ni l'océan Atlantique, ni l'océan Indien n'existaient. Les continents formaient deux ensembles principaux: la Laurasie au nord (regroupant les actuelles Amérique du Nord, Europe et Asie) et le Gondwana au sud (actuels Amérique du Sud, Afrique, Inde, Australie et Antarctique).

Ces deux ensembles étaient partiellement séparés par un océan, la Téthys. Il y avait donc continuité entre les deux Amériques, l'Afrique et l'Europe occidentale.

Les conséquences de cette migration des continents sont importantes. La dislocation de la Pangée a eu une influence sur l'évolution des êtres vivants en isolant sur des ensembles plus réduits, un certain nombre d'espèces.

Le projet **Ichyophonie Pangea** ambitionne de restaurer cet espace de communication.

Il va engager des poissons électriques qui cohabitaient il y a 300 millions.

Il veut faire resurgir technologiquement cet espace locutoire de la nuit des temps.

1. Extensions du projet :

1) Radio Gnatho :

Le flux d'IIE est doublé au niveau du module de calcul du serveur afin d'alimenter un serveur Mp3 (shoutcast), qui diffuse en continu une interprétation sonore du signal du gnatho.

Radio Gnatho est une radio Internet accessible sur <http://cypres.dyndns.org:40020/listen.ls>

2) HTTP-GnathoHeader :

C'est un scrip python qui fait office de serveur HTTP classique, sauf qu'il ne sert que les IIE, avec un ordre de rafraîchissement de type <meta http-equiv=refresh content=0;URL=http://cypres.dyndns.org:3000/>.

Accéssible donc sur <http://cypres.dyndns.org:3000/>

3) Les correspondances chromato-auditive :

La longueur d'onde du spectre chromatique visible se situe entre 450 et 650 manomètres. La correspondance entre ces longueurs d'ondes et des fréquences sonores, ou des caractéristique de

shading 3d (hls / rgb), est une fois de plus une question de conversion. En multipliant cette longueur d'onde par la vitesse de la lumière, on obtient sa fréquence d'émission (image (A)). Celle-ci est beaucoup trop élevée pour être audible par un organe naturel terrestre, mais le système de notation musicale offre une classification basée sur une suite arithmétique d'intervalles, aussi, pourquoi ne pas multiplier la dite fréquence par une valeur cohérente (un multiple de la raison de cette suite) qui la rendrait audible (image (B)).

ⁱ Du grec **τορπος** qui signifie torpeur.

ⁱⁱ Bactéries, abeilles, oiseaux.

ⁱⁱⁱ **Cyberception**

^{iv} Equipe de réalisation Cyprès

- Louis Bec zoosystémicien,
- François Mourre infographistes et spécialiste capture de mouvements
- Gonzague Defos du Rau spécialiste capture de mouvements,
- Patrice Bersani ingénieur électronicien,
- Pierre Drap informaticien

Conseillers Scientifiques

- Christian Graff Laboratoire de Biologie du Comportement UFR SHS, Université "Pierre Mendès France"