

II

CHOIX DU STIMULUS APPROPRIÉ A LA PÊCHE A L'ÉLECTRICITE EN MER

par Marc BLANCHETEAU (1)

I. - La pêche à l'électricité en eau de mer : position du problème.

Dans un article précédent (KURC, 1971) il a été exposé un projet de technique de pêche maritime sans ligne ni filet, fondée sur un gradient d'attraction coercitive, au moyen de lampes d'abord (phototropisme), d'électricité ensuite (galvanotropisme) et enfin de succion par pompage. Ainsi, les poissons sont-ils attirés de loin par les lampes et groupés à leur voisinage dans une zone de photopréférendum qui est entourée par le dispositif d'électrodes : la fermeture du circuit est alors effectuée et agit comme un piège en obligeant les animaux à réagir par une nage rapide en direction de l'électrode de pêche. Une fois parvenus en ce point, ils sont soumis à la succion d'une pompe qui les amène sur le pont du bateau.

C'est le second stade, celui d'attraction par l'électricité, que nous allons considérer ici avec quelques détails. Pour mieux définir notre sujet nous n'exposerons pas les aspects et les problèmes purement physiques de cette mise au point technique, car ils ont fait l'objet d'une autre publication (DINER et LE MEN, 1971) ; nous nous limiterons à ce qui a trait au déclenchement des réactions d'attraction chez les poissons, tout en tenant compte cependant des limitations imposées à l'emploi de l'énergie électrique dans l'eau de mer. En revanche, ces considérations doivent guider l'élaboration d'un matériel électrique adéquat.

Parmi les réactions que peut présenter le poisson, certaines sont souhaitables et d'autres ne le sont pas, par conséquent le stimulus électrique devra susciter une activité locomotrice immédiate et rapide et l'orienter vers l'électrode de pêche ; il ne devra pas immobiliser l'animal par paralysie flasque ni par raideur tétanique. Il ne devra pas non plus susciter une réponse répulsive ni permettre de fuite hors du champ électrique, mais au contraire rétablir la direction correcte d'attraction chez le poisson au cas où celui-ci s'en écarterait.

Dans ce but, nous devons considérer les avantages et les inconvénients des trois principaux types de courant électrique aisément produits grâce aux moyens industriels classiques : le courant continu (C.C.), le courant rupté (C.R.) et le courant alternatif (C.A.). Les deux premiers sont polarisés ou directionnels tandis que le troisième ne l'est pas ; d'autre part les deux derniers ont un régime impulsionnel périodique, à la différence du C.C.

La comparaison de l'efficacité attractive de ces trois stimulus sera basée sur ce que nous savons des réponses motrices du poisson à l'excitant électrique, en tenant compte du fait qu'il faut considérer ces réactions pour des *degrés croissants d'intensité* de stimulation. En effet si le poisson se rapproche d'une électrode de pêche située en pleine eau, il s'engagera obligatoirement dans des zones où le gradient de tension et la densité de courant seront de plus en plus forts.

Or, à cet égard, le problème se pose de la même manière avec les trois types de courants, car lorsqu'on étudie au laboratoire les réactions qu'ils suscitent dans un champ électrique expérimental de gradient uniforme, en élevant progressivement la tension à partir de zéro, il est frappant de

(1) Chargé de recherches au CNRS. Laboratoire de Psychologie expérimentale et comparée, Paris.

toujours observer, pour une première valeur donnée du stimulus, une réponse de nage active, puis un arrêt des déplacements pour une valeur supérieure, quelle que soit la forme de courant et la polarité de stimulation. Les valeurs de tension définissant ces deux seuils de réaction délimitent, dans le champ non uniforme du dispositif de pêche à mettre en pratique, deux zones concentriques : l'une est périphérique et correspond à la manifestation de l'attraction galvanotaxique, tandis que l'autre est centrale et correspond à l'arrêt de ce déplacement. En principe cette dernière zone ne doit pas dépasser le rayon de succion de la pompe, alors que la première doit s'étendre jusqu'à l'emplacement où les poissons ont trouvé leur photopréférendum. Par conséquent, il faut choisir un stimulus électrique dont la zone d'attraction soit la plus large possible sans nécessiter pour autant de dépense excessive de courant, et dont la zone d'arrêt soit la plus petite possible.

Il faut également que les réactions motrices suscitées par le courant dans la zone d'attraction soient d'une efficacité natatoire maximum, afin d'accélérer le processus de capture, de réduire la probabilité de changements de direction de la part du poisson et même afin de donner à celui-ci une certaine énergie cinétique qui lui permette de s'engager au maximum dans la zone d'arrêt et de parvenir ainsi le plus près possible de la pompe.

II. - Les effets du courant électrique sur l'équipement neuro-moteur du poisson.

Nous ne discuterons pas ici des mécanismes physiologiques déterminant les phénomènes galvanotropiques, car cela a déjà fait l'objet d'autres publications (BLANCHETEAU et coll., 1961 ; BLANCHETEAU, 1964, 1965, 1967, 1969) ; nous nous bornerons à en rappeler les traits essentiels pouvant être rapportés au schéma topologique esquissé plus haut, c'est-à-dire tout ce qui est relatif au seuil des réactions du poisson et à l'orientation de ce dernier dans le champ qui les caractérise.

1) Quelques principes d'excitabilité des fibres nerveuses.

Conditions spatiales. Les fibres sont d'autant plus facilement stimulées dans un champ électrique de gradient donné qu'elles y sont soumises à une différence de potentiel plus forte, c'est-à-dire qu'elles sont plus longues et qu'elles forment un angle plus réduit ou nul avec les lignes de courant (CHARBONNEL-SALLE, 1881 ; RUSHTON, 1927 ; BEST et coll., 1967). Il en résulte que :

a) plus un animal d'une espèce donnée est grand, plus ses fibres sont longues et plus il sera sensible à l'action du courant électrique ; ceci assure une sélectivité en faveur des jeunes individus ;

b) il faut considérer deux principales conditions de stimulation du poisson en fonction de son orientation dans le champ, ou plus précisément de l'orientation de ses éléments excitables qui jouent un rôle déterminant dans les réponses galvanotropiques : d'une part l'animal étant en travers du champ (stimulation des éléments transverses : nerfs spinaux), d'autre part l'animal étant orienté sur l'axe des électrodes (stimulation des éléments longitudinaux : fibres de la moëlle épinière).

D'autre part l'influx nerveux naît du côté dépolarisé, c'est-à-dire cathodique, et se propage vers le côté hyperpolarisé, donc anodique (RUSHTON, 1937 ; WYSS, 1949). Dans ces conditions et en raison de la polarité fonctionnelle de la transmission synaptique des influx nerveux (du type « sens unique ») on conçoit que ce ne sont pas les mêmes voies nerveuses qui sont mises en jeu suivant l'orientation du poisson par rapport à la polarité électrique du champ. Par référence traditionnelle à d'anciens termes d'électrophysiologie, on parle de « courant ascendant » lorsque l'animal fait face à la cathode et de « courant descendant » lorsqu'il fait face à l'anode ; nous verrons d'ailleurs que l'efficacité excitatrice est différente dans ces deux conditions.

En somme la stimulation électrique dans le champ de pêche est déterminée dans son degré par la proximité du poisson à l'une ou l'autre électrode indifféremment, tandis qu'elle l'est dans sa nature par le sens de l'orientation de l'animal : vers l'anode ou bien vers la cathode, quelle que soit à ce moment sa proximité par rapport à l'une ou à l'autre.

Conditions temporelles. Les fibres nerveuses présentent une excitabilité maximum aux variations de tension et de polarité et une excitabilité réduite, quoique réelle, au passage du courant à tension constante. Le C.A. et le C.R. présentent donc, à fréquence et durée d'impulsions égales, une efficacité stimulatrice comparable et supérieure à celle du C.C. (du moins lorsque leur fréquence reste inférieure à 400 Hz).

2) Réponses des éléments excitables du poisson au stimulus électrique.

Suivant l'orientation du poisson dans le champ électrique et la polarité des tensions auxquelles il est soumis, on constate la mise en jeu de mécanismes neuro-moteurs déterminés.

Animal orienté en travers du champ. Chez un vertébré soumis à un champ polarisé transversal, des influx sont déclenchés par excitation directe dans les nerfs spinaux moteurs du côté de l'animal tourné vers l'anode (BARRON et MATTHEWS, 1938 ; SKÖGLUND, 1949). Il en résulte chez le poisson une contraction musculaire unilatérale, entraînant une courbure du corps à concavité orientée vers cette électrode (courbure « anodique » lorsque la polarité électrique du stimulus est constante) (c.c. et c.r.). Par contre, si la tension stimulante est inversée à un rythme suffisamment rapide (c.a.) l'excitation musculaire se produit pratiquement en même temps de chaque côté du corps en raison de l'inertie des mouvements corporels ; il y a alors tétanie générale.

Animal orienté dans le sens du champ face à la cathode (courant ascendant). Il y a dans cette condition une stimulation des fibres descendantes du névraxe, et donc excitation directe des voies motrices, ce qui amène une augmentation du tonus musculaire et produit une nage à ondulations restreintes (taxie cathodique). Si on augmente assez peu la tension stimulante, cette activation motrice à intégration réflexe réduite évolue dans le sens d'une hypertonicité musculaire, d'où tétanie générale et immobilité.

Animal orienté dans le sens du champ face à l'anode (courant descendant). Au contraire du cas précédent, il y a stimulation des fibres ascendantes du névraxe, d'où excitation réflexe des centres moteurs médullaires et cérébraux. La réaction natatoire (taxie anodique), de seuil légèrement mais constamment supérieur à celui de la taxie cathodique, est une nage beaucoup plus souple et rapide que cette dernière en raison de son intégration réflexe. Pour cette raison également, elle nécessite une plus grande augmentation de tension pour évoluer en immobilité, dont le seuil sera par conséquent plus élevé qu'il n'est face à la cathode. Cette immobilité est un état de tétanie générale lorsque la tension stimulante est périodique, ou au contraire de paralysie flaccide lorsque la tension est continue (hypotonie résultant d'une inhibition directe de la commande cérébrale).

III. - Comparaison de l'efficacité attractive des divers courants électriques : considérations comportementales sur les zones d'attraction et d'arrêt.

On pourrait abrégé les considérations précédentes et celles qui vont suivre en disant que des décades de pratique de la pêche à l'électricité en eau douce ont montré qu'on n'obtient d'attraction utile qu'avec l'anode pour électrode de pêche et le c.c. ou le c.r. comme courant stimulant ; on négligerait par conséquent de connaître l'effet d'autres formes de courant et d'autres électrodes de pêche. Cependant ceci reviendrait à esquiver le problème de la valeur pratique des études fondamentales sur le galvanotropisme : en effet, on observe au laboratoire, dans un champ dont le gradient de tension est connu et uniforme, des attractions évidentes en c.a. et, face à la cathode en c.r. et en c.c., ce qui constitue un résultat apparemment contradictoire avec l'expérience des praticiens. Or, nous pouvons interpréter cette embarrassante divergence de données au moyen de considérations relatives aux seuils de réactions et à l'étendue des zones d'attraction et d'arrêt dans un champ électrique de gradient non uniforme ; nous parviendrons ainsi à mieux comprendre les raisons de l'efficacité pratique de chaque stimulus électrique.

Le c.r. offre la particularité d'être à la fois périodique comme le c.a. et polarisé comme le c.c. : c'est pourquoi nous le comparerons successivement à chacun des deux autres courants.

1) Tensions périodiques (C.A. et C.R.).

Le c.a. est généralement considéré comme le plus mauvais type de courant qui soit pour la pêche et cependant SCHEMINSKY (1934) a décrit une « oscillotaxie longitudinale » ou nage accélérée vers l'une ou l'autre des électrodes dans un champ de c.a. : comment se fait-il qu'aucune pêche ne paraît pouvoir être basée sur cette réaction ?

La raison en est que la marge de gradient de tension susceptible de la produire est trop étroite. Considérons en effet que le c.a. soit assimilable à un c.r. de « duty-cycle » 1/2, stimulant le poisson

de façon pratiquement simultanée face à l'anode et face à la cathode. Au fur et à mesure que la tension stimulante sera plus forte, on atteint successivement en C.R. les seuils de : 1) taxie cathodique, 2) taxie anodique, 3) courbure anodique, 4) tétanie face à la cathode, 5) tétanie face à l'anode. Or en C.A. l'oscillotaxie longitudinale décrite par SCHEMINSKY ressemble en tous points à la taxie cathodique en C.R. (BLANCHETEAU, 1967) ; à ce gradient de tension, tout se passe comme si le premier seuil était seul atteint et donc comme si une phase sur deux (courant ascendant) était excitante et l'autre non : physiologiquement parlant, le poisson exécute une taxie cathodique. SCHEMINSKY décrit ensuite, pour une faible augmentation de la tension stimulante, un stade où le poisson se déplace difficilement dans le sens des lignes de courant et se tient alors en travers du champ. C'est l'« oscillotaxie transversale » qui revient à un état d'immobilité ou même de fuite si

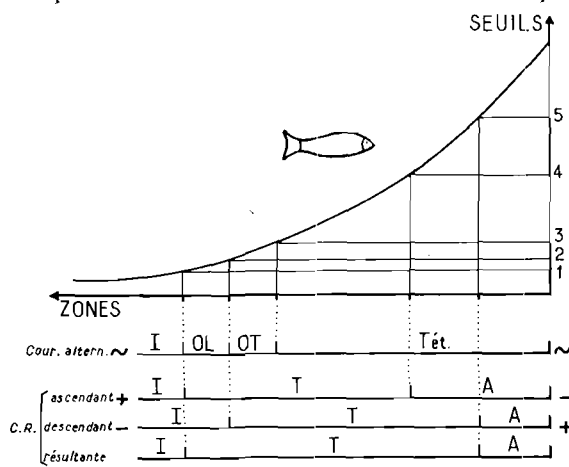


FIG. 1. — Etendue des zones d'attraction et d'arrêt pour un poisson se rapprochant d'une électrode dans un champ de gradient de tension non homogène, en C.A. et en C.R. Zones de réaction : I) inefficacité, T) taxie, A) arrêt, ol) oscillotaxie longitudinale, ot) oscillotaxie transversale, Tét.) tétanie (arrêt).

l'animal nage le long d'une isopotentielle et s'écarte ainsi de l'axe des électrodes. Le seuil de la gêne natatoire qui motive ce changement d'orientation correspond en gros à celui de la taxie anodique en C.R. de duty-cycle 1/2 ; les deux phases sont maintenant également excitatrices. Mais en C.A. les processus nerveux relatifs à l'excitation par courant ascendant et descendant, mutuellement antagonistes, sont sollicités simultanément, il s'ensuit une interférence d'influx normaux et antidromiques, de réponses directes et réflexes, de contractions musculaires diverses et indépendantes, qui détruit toute coordination motrice et arrête la nage. En se plaçant en travers du champ, le poisson échappe alors à ces excitations nocives et à cette désintégration de son comportement locomoteur, à moins qu'on augmente encore la tension et qu'on atteigne le seuil d'excitation directe des nerfs spinaux moteurs, c'est-à-dire celui de courbure anodique en C.R. : cette condition correspond en C.A. à un troisième stade, le poisson situé en travers du champ étant tétanisé, comme l'a également décrit SCHEMINSKY.

On voit ainsi que la marge de tension qui fait passer du stade de taxie à celui d'arrêt correspond en C.A. à celle qui sépare les seuils 1 et 2 mentionnés plus haut, tandis qu'en C.R. il faut passer de 1 à 5 pour obtenir l'immobilité complète. L'ordination même des seuils de réaction montre que l'étendue respective des zones d'attraction et d'arrêt, en C.A. et en C.R. de duty-cycle 1/2 ayant même fréquence et même tension, sera très différente et que le C.R. est un agent attractif beaucoup plus efficace que le C.A. (fig. 1).

2) Tensions à polarité constante (C.C. et C.R.).

Inefficacité des taxies cathodiques.

Il peut sembler paradoxal qu'on pêche en mettant à profit l'attraction dont le seuil de réaction est le plus élevé, c'est-à-dire en prenant l'anode pour électrode de pêche, alors que pour la majorité des espèces, en C.R. de diverses fréquences comme en C.C., on constate au laboratoire que la taxie cathodique se manifeste pour des tensions stimulantes inférieures : il y a là une tentation, lorsqu'il s'agit de pêche en mer où la dépense de courant pose un problème crucial, de se demander contre toute évidence pratique si on ne pourrait pas essayer de faire venir le poisson vers la cathode ! Il y a là également, sur le plan théorique, une question embarrassante à laquelle il semble qu'aucun auteur n'ait répondu.

a) Or le paradoxe mentionné ci-dessus n'est qu'apparent, et les données expérimentales constatées dans un champ de gradient homogène fournissent la raison logique du résultat pratique obtenu dans un champ à gradient croissant au voisinage des électrodes.

En effet, si les seuils d'attraction sont inférieurs en courant ascendant à ce qu'ils sont en courant descendant, ceux d'arrêt natatoire le sont aussi et on a la hiérarchie de seuils suivante pour un poisson orienté sur l'axe des électrodes : 1) taxie cathodique, 2) taxie anodique, 3) arrêt face à la cathode, 4) arrêt face à l'anode.

Considérons à nouveau les zones d'attraction et d'arrêt dans le champ en fonction de la polarité de stimulation, c'est-à-dire cette fois lorsque le poisson vient à changer fortuitement de direction dans un champ à polarité constante, et donc à faire face à l'un ou à l'autre pôle en divers points du champ, de gradient de tension plus ou moins élevé. On voit alors que dans la marge des tensions liminaires 3 et 4 définies plus haut, l'animal ne peut plus avancer vers la cathode alors qu'il le peut toujours vers l'anode.

Si cette condition est réalisée à proximité de l'anode, le poisson est comme pris dans un piège car s'il se retourne il ne peut plus s'éloigner de ce pôle : son seul déplacement possible consiste à nager vers lui jusqu'à la zone d'arrêt en courant descendant où on le pêche ; il y a apparemment « mouvement forcé ». Réciproquement, si le poisson se trouve à proximité de la cathode, dans la zone définie par la même marge des seuils 3 et 4, il ne pourra plus nager vers ce pôle, mais en se retournant il sera soumis à l'attraction en courant descendant, qui aura les apparences d'une fuite vis-à-vis de la cathode : on parle alors de l'« effet répulsif » de celle-ci (fig. 2).

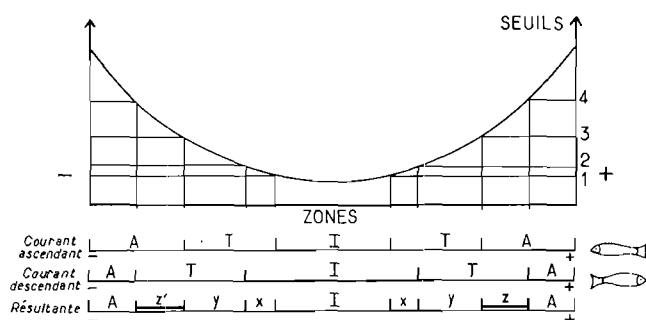


FIG. 2. — Zones d'attraction et d'arrêt en courant rûpté ascendant et descendant. Zones de réaction : I) inefficacité, T) taxie, A) arrêt, x) incitation cathodique, y) attraction ambivalente, z) attraction anodique « forcée », z') « répulsion » cathodique.

Ainsi, pour paradoxal que cela paraisse, la polarité la plus efficace pour la pêche n'est pas celle qui attire le plus loin, mais celle qui laisse venir le plus près.

b) Une autre raison importante de la suprématie de la taxie anodique sur la cathodique dans un champ non homogène réside dans le fait que la différence entre les seuils d'attraction et d'arrêt est plus forte en courant descendant, surtout en C.R., qu'en courant ascendant : la zone d'attraction est donc relativement plus large et celle d'arrêt plus étroite face à l'anode que face à la cathode.

c) Il faut également noter que la nage d'attraction est plus rapide et mieux coordonnée vers l'anode que vers la cathode : les poissons se déplacent plus vite et plus droit vers le pôle positif que vers le négatif et il y a une probabilité de rassemblement plus grande à proximité du premier que du second, surtout pour un délai de stimulation court et dans une eau agitée.

d) D'autre part la courbure anodique intervient pour favoriser l'attraction vers l'anode en dirigeant la partie antérieure du poisson vers ce pôle, si bien que toute réaction natatoire se produisant dans cette condition le fait progresser en direction de cette électrode. Ce dénouement est d'ailleurs immédiat si l'intensité du champ convient pour déclencher à la fois les taxies anodiques et cathodiques ; en effet la partie antérieure du poisson est orientée de façon propice pour la taxie anodique, tandis que la partie postérieure disposée selon la polarité inverse peut réagir par une taxie cathodique : les effets moteurs de ces réactions s'ajoutent pour faire effectuer à l'animal un virage complet et vigoureux vers l'anode. Notons que cette condition n'est pratiquement réalisée qu'en C.R. et non en C.C. et que ce mécanisme ne saurait expliquer à lui seul l'attraction anodique constatée avec ce dernier stimulus.

e) Enfin il se pourrait qu'il y ait d'authentiques réponses d'évitement face à la cathode. En effet le courant ascendant peut stimuler les nerfs crâniens de la sensibilité céphalique (paires II, V, VII). Mais ce point reste sujet à vérification expérimentale ; d'ailleurs on constate également, face à l'anode, d'apparentes réponses d'évitement ou du moins des changements de direction subits.

Les taxies anodiques en C.C. et en C.R.

La différence d'efficacité stimulatrice entre les tensions continue et itérative retentit sur celle des rendements attractifs de deux manières.

a) Distances d'attraction.

Les seuils de taxie anodique en c.c. et en c.r. (200 Hz, d.c. = 1/8) sont respectivement de 150 mV/cm et de 115 mV/cm chez la truite et de 150 mV/cm et 85 mV/cm chez l'anguille, lorsque ces poissons sont déjà orientés vers l'anode au début de la stimulation. Donc la tension requise pour réaliser une attraction à une distance donnée est moindre en c.r. qu'en c.c. (et la dépense de courant est évidemment beaucoup moindre encore, puisqu'elle est proportionnelle au rapport du « duty-cycle »).

D'autre part la répétition des effets de fermeture en c.r. est intéressante en ce qu'elle permet d'attirer aussi facilement les poissons qui sont déjà tournés vers l'anode au début de la stimulation que ceux qui se trouvent en travers du champ, alors qu'en c.c. la pente d'établissement du gradient de potentiel le long du névraxe s'effectue dans le second cas en fonction de la vitesse de l'animal à se tourner vers l'anode, c'est-à-dire lentement, d'où élévation du seuil de taxie. Par exemple, chez la truite, le seuil de taxie anodique avec départ en travers du champ est de 125 mV/cm seulement en c.r. (soit une augmentation négligeable de 10 mV/cm par rapport à la condition précédente), tandis qu'il s'élève à 220 mV/cm en c.c. (augmentation sensible : 70 mV/cm, soit près de la moitié de la valeur obtenue dans la condition précédente).

Pour être complet, il faut noter qu'on observe chez la truite et chez l'anguille, en c.c., une nage raide et peu équilibrée qui fait suite au stade de narcose lorsqu'on augmente la tension stimulante (800 à 900 mV/cm) et qui se transforme vite en tétanie (1 V/cm). Nous ne citons cette réaction que pour mémoire, car son manque d'efficacité natatoire d'une part, son caractère transitoire d'autre part, lui otent tout intérêt pour la pratique de la pêche en mer, d'autant plus qu'elle nécessite pour se produire un gradient de tension très élevé qui ne se trouve qu'au voisinage même des électrodes. Or celles-ci sont immobiles et le poisson ne peut se rendre dans cette zone d'attraction secondaire puisqu'il est lui-même immobilisé dans la zone d'arrêt par narcose. Quand on pêche en rivière avec une électrode mobile, on peut approcher celle-ci du poisson ainsi immobilisé pour le faire « redémarrer », mais ce recours n'est pas envisageable dans la situation de pêche en mer qui est projetée ; de toutes manières, au point où le gradient pourrait provoquer la taxie anodique secondaire en c.c., c'est la succion de la pompe qui est censée suffire à l'attirer.

b) Possibilité de correction des changements de direction.

La facilitation cérébrale qui s'exerce sur les réponses motrices réflexes en c.c. comme la taxie anodique, ne peut s'exercer sur celles qui *ressortissent* à une excitation directe des structures neuromotrices périphériques, comme la courbure anodique : la différence d'efficacité stimulatrice intrinsèque du c.c. et du c.r. se manifeste alors pleinement. Par exemple, on ne peut obtenir chez la truite de courbure anodique soutenue en c.c. à moins de tensions de l'ordre de 1 V/cm, et chez l'anguille le seuil de cette réaction en c.c. est de l'ordre de 380 mV/cm, alors que celui de narcose flaccide est d'environ 340 mV/cm. Chez cette dernière par conséquent l'effet orientateur de la courbure n'est que de remettre l'organisme dans les conditions qui l'immobilisent. Au contraire, en c.r. (200 Hz, d.c. = 1/8) les seuils de courbure sont très proches de ceux de taxie : 125 mV/cm chez la truite (d'où départ obligatoire ensuite vers l'anode : ce seuil est forcément le même que celui de la taxie à départ transversal dans le champ), 90 à 100 mV/cm chez l'anguille. Ainsi donc un poisson qui viendrait à s'écarter de l'axe des électrodes en c.r. sera aisément redirigé vers l'anode : la courbure anodique empêche toute fuite le long des isopotentielles dans une zone presque aussi large que celle de taxie et rétablit les conditions donnant lieu à l'attraction anodique, réalisant ainsi un véritable *asservissement cybernétique* de l'appareil locomoteur de l'animal.

Ainsi donc le courant rupté n'est pas seulement préférable au courant continu en ce que, à tension égale, il consomme moins d'énergie, mais également en ce qu'il manifeste une efficacité supérieure du point de vue des réactions qu'il déclenche : pour une moindre tension, il attire d'aussi loin et laisse échapper moins de poissons que le courant continu.

c) *Plasticité et stéréotypie des réactions.*

Une dernière supériorité du C.R. réside dans la nature physiologique des réactions qu'il provoque, par rapport à celles qu'on observe en C.C. En effet, à cause de sa moindre efficacité stimulatrice, ce dernier requiert la conjonction des influences cérébrales et médullaires pour le déclenchement des réponses réflexes face à l'anode : il y a sommation spatiale d'influx nerveux de ces deux origines au niveau des centres moteurs de la moëlle. Au contraire un C.R. de fréquence suffisante est assez efficace pour réaliser une sommation temporelle d'influx sur les centres moteurs sans participation des efférences cérébrales. Cette différence de participation du cerveau se traduit dans l'élévation des seuils de taxis après section de la moëlle au niveau antérieur (spinalisation haute) ou après anesthésie à l'uréthane : faible dans le cas du C.R., elle est considérable dans celui du C.C. (BLANCHETEAU, 1965). Ceci montre que la taxis anodique en C.C. est très dépendante des modifications fonctionnelles cérébrales, et notamment des effets d'occlusion et d'inhibition (BLANCHETEAU et coll., 1961), alors que la taxis en C.R. ressortit à un mécanisme principalement médullaire et indépendant de telles influences. Or ceci est de première importance pour assurer une attraction stable et constante, en raison de la nature des stimulus rencontrés par le poisson dans la situation de pêche. Par exemple, au fur et à mesure que le poisson s'approche de l'électrode de pêche, il s'approche également des lampes et se trouve donc exposé à un éclairage de plus en plus violent. Or cet excès de stimulation lumineuse peut amener une inhibition motrice, observée chez le poisson-chat (*Ameiurus*) par THIBAUT (1949) et chez l'anguille par RICHARD (1956), ou au contraire des crises convulsives avec perte d'équilibre que l'on a constatées chez divers poissons marins (BREDER et HARRIS, 1934 ; BLANCHETEAU et KURC, 1967). Ces manifestations motrices indésirables sont sous la dépendance de l'excitation photique des lobes optiques, soit médiatisée par le tractus oculaire, soit même directe par voie transcrânienne. Quoi qu'il en soit, dans la mesure où l'attraction en C.C. est conditionnée par l'intégrité des lobes optiques (BLANCHETEAU et coll., 1961), on peut douter qu'elle puisse se manifester normalement lorsque le fonctionnement de ces centres est ainsi perturbé. Par contre les réponses au C.R. sont exemptes de tels aléas et constituent donc un mécanisme d'attraction beaucoup plus sûr ; en somme, étant indépendante des motivations organiques générales du poisson, la taxis anodique en C.R. constitue un authentique « mouvement forcé » à caractère coercitif qui échappe au contrôle du poisson.

Notons à ce propos que nous n'avons considéré jusqu'ici que le cas des poissons pélagiques, dans le cadre d'un projet de technique adapté à la pêche de ces espèces ; il convient cependant de noter la différence des réactions de certaines espèces *benthiques* (poissons plats) au C.C. et au C.R. Qu'il s'agisse de raies ou de Pleuronectidés, ces animaux vivant aplatis sur le fond présentent face à l'anode en C.C. la réponse accordée à leur mode de vie, c'est-à-dire celle d'aplatissement et d'enfouissement, qui est abolie par section spinale. Au contraire, ils réagissent en C.R. par une nage active en direction de l'anode, c'est-à-dire par une réaction primitive, typiquement médullaire, et qui subsiste en effet après spinalisation. Toute application de l'électricité aux techniques de chalutage doit tenir compte de cette différence de *nature* des réactions provoquées par le C.C. et le C.R.

Conclusion.

Pour toutes les raisons que nous venons de considérer, il apparaît que le stimulus à utiliser pour la pêche en mer doit être le courant rupté, l'électrode de pêche étant l'anode. Ayant ainsi justifié notre choix d'un stimulus électrique à polarité constante et à régime périodique, il reste à préciser, avec plus de détails, les caractères temporels (fréquence et durée des impulsions, décours temporel de celles-ci) qu'il devra présenter en vue d'une efficacité maxima, en tenant compte toujours des limitations imposées par les conditions dues à la conductivité du milieu marin.

BIBLIOGRAPHIE

- BARRON (D.H.) et MATTHEWS (B.H.C.), 1938. — The interpretation of potential changes in the spinal cord. — *J. Physiol.*, **92**, p. 276-321.
- BEST (J.B.), ELSHTAIN (E.) et WILSON (D.D.), 1967. — Single monophasic square-wave electric pulse excitation of the planarian « *Dugesia dorotocephala* ». — *J. comp. physiol. Psychol.*, **63**, p. 198-207.
- BLANCHETEAU (M.), 1964. — Le galvanotropisme des Métazoaires en courant continu ; recherches et théories. — *Année psychol.*, **64** (2), p. 433-460.
- 1965. — Sommersions réflexes dans les taxis anodiques des poissons en réponse à un courant continu ou interrompu. — *C.R. Acad. Sci., Paris*, **261**, p. 4 860-4 863.
- 1967. — Contribution to the study of taxis in interrupted and alternating currents, p. 93-100 in : *Fishing with electricity ; its applications to biology and management* (F.A.O. Symposium). — Londres, Fishing News, 276 p.
- 1969. — Récupération à long terme de l'excitabilité motrice chez l'Anguille spinale chronique. — *J. Physiol.*, **61** (3), p. 257-263.
- BLANCHETEAU (M.) et KURC (G.), 1967. — Photocinèses et crises motrices tonico-cloniques chez les poissons pélagiques. — *C.R. Soc. Biol.*, **161** (2), p. 275-276.
- BLANCHETEAU (M.), LAMARQUE (P.), MOUSSET (G.) et VIBERT (R.), 1961. — Etude neurophysiologique de la pêche électrique (courant continu). — *Bull. Cent. Etud. Rech. sci. Biarritz*, **3** (3), p. 275-382.
- BREDER (C.M.) et HARRIS (J.E.), 1934. — The effect of light on the orientation and stability in young plectognath fishes. Abstract. — *Anat. Rec.*, **60** (4), p. 45.
- CHARBONNEL-SALLE (L.), 1881. — Recherches expérimentales sur l'excitation électrique des nerfs moteurs et l'anélectrotonus. — Paris, MASSON, 110 p.
- DINER (N.) et LE MEN (R.), 1971. — Pêche électrique en mer : Etude du champ électrique nécessaire à la taxis anodique du poisson. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **35** (1), p. 21-34.
- KURC (G.), 1971. — Pêche à l'électricité avec lumière artificielle et pompe. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **35** (1), p. 5-12.
- RICHARD (A.), 1956. — Phénomènes inhibiteurs d'origine sensorielle sur la locomotion de l'anguille. — *J. Physiol.*, **48** (3), p. 700-702.
- RUSHTON (W.A.H.), 1927. — The effect upon the threshold for nervous excitation of the length of nerve exposed, and the angle between current and nerve. — *J. Physiol.*, **63**, p. 357-377.
- 1937. — The initiation of the propagated disturbance. — *Proc. R. Soc. B*, **124**, p. 201.
- SCHEMINSKY (F.), 1934. — Über die Natur der « Wechselstromnarkose » bei Fischen. — *Pflüg. Arch.*, **233**, p. 371-379.
- SKÖGLUND (C.R.), 1949. — Excitation sélective par renversement du signe du courant stimulant. — *Arch. Sci. physiol.*, **3** (5), p. 533-545.
- THIBAUT (C.), 1949. — Action de la lumière blanche et monochromatique sur la posture des poissons téléostéens. Utilisation de cette action pour l'étude de la vision. — *Arch. Sci. physiol.*, **3** (1), p. 101-124.
- WYSS (O.), 1949. — L'excitabilité du nerf dans l'anélectrotonus. — *Arch. Sci. physiol.*, **3** (4), p. 431-434.
-