

J.-M. BLOSSEVILLE

Analyses de dialogues : la parade de l'albatros

Les cahiers de l'analyse des données, tome 6, n° 3 (1981),
p. 345-376

http://www.numdam.org/item?id=CAD_1981__6_3_345_0

© Les cahiers de l'analyse des données, Dunod, 1981, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Les cahiers de l'analyse des données » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques

<http://www.numdam.org/>

ANALYSES DE DIALOGUES :
LA PARADE DE L'ALBATROS
[ALBATROS]

par J. M. Blosseville (1)

1 Les données analysées

1.1 L'observation des parades nuptiales : L'albatros fuligineux à dos sombre (*Phoebastria fusca*) que nous étudions ici, vit dans l'hémisphère austral. Les observations traitées ont été recueillies par Gonzague de Monicault dans l'archipel Crozet à l'île de l'Est en 1977 et à l'île de la Possession en 1978. L'albatros passe la plus grande de sa vie en mer. Il ne retourne à terre qu'en été, pour la reproduction. En septembre au début de l'été austral, les premiers oiseaux, (des mâles) arrivent sur les nids installés sur les falaises qui surplombent la mer. Ces "locataires" d'un été commencent par remettre le nid en état jusqu'à ce que les femelles (qui ne se différencient pas en apparence de l'autre sexe) rejoignent les mâles. Ceux-ci installés sur les nids lèvent le bec au ciel au passage d'oiseaux en vol et émettent des chants qui ressemblent à des hurlements de sirène. Quelquefois une femelle atterrit, et ont lieu alors les parades nuptiales souvent qualifiées de danses, accompagnées ou non de copulation.

Paradoxalement ces danses cessent le plus souvent très brutalement et les oiseaux se séparent. La parade se poursuit alors plus tard avec les mêmes partenaires, quelquefois avec un partenaire différent.

Au début d'octobre, les oiseaux reproducteurs auront pondu un œuf que mâle et femelle commenceront à couvrir à tour de rôle. Parallèlement les oiseaux non reproducteurs continueront à parader. Les œufs éclosent à la mi-décembre. Les parents s'occuperont ensuite de nourrir le poussin, et au début de mai il sera suffisamment fort pour subsister seul; tous les oiseaux désertent alors la colonie.

Contrairement à ce qui peut être observé chez d'autres espèces, les albatros mâles et femelles, paraden intensément à l'aide d'un vocabulaire d'attitudes, très riche (mais toutefois assez stéréotypé pour qu'on puisse en réduire l'inventaire (ou éthogramme : cf. § 1.2) à moins de 20 gestes).

Les données traitées ici ne reflètent pas une parade nuptiale complète comme on a pu l'observer chez beaucoup d'oiseaux où la formation du couple est rapide, mais des bribes de parades que nous avons appelées "séquences" pour éviter toute confusion. Celles-ci sont de longueurs très variables allant de quelques secondes à vingt minutes, les attitudes se succédant à une cadence qui peut atteindre une attitude toutes les cinq secondes.

Les observations étaient faites à distance et notées par écrit

(1) Docteur 3° cycle. C.E.R.E.Q. - 9 rue Sextius Michel - Paris 15°.

(pour des exemples ; cf. § 1.3). Chaque attitude effectuée par les oiseaux a été répertoriée et symbolisée par quelques lettres. Deux colonnes partageaient la feuille d'observation : l'une pour noter les attitudes de la femelle, l'autre du mâle. Lorsque deux attitudes étaient produites simultanément par les deux oiseaux, elles étaient notées en vis-à-vis : lorsque l'une répondait à l'autre, elle était inscrite en face, dans la colonne correspondante mais en dessous. Le sexe des oiseaux a été déterminé par le contexte et noté sur la feuille d'observations. Toutefois les oiseaux étaient bien souvent non bagués, donc d'âge et de statut inconnus ; et nous ignorons également le contexte biologique : c'est-à-dire si les partenaires observés lors d'une séquence donnée seront effectivement reproducteurs ou reproducteurs malchanceux (la parade se terminant trop tard, le poussin trop jeune pour être autonome à la fin de l'été ne peut survivre), ou bien encore de simples partenaires dont la parade fortuite ne donnera pas lieu à la formation d'un couple.

On peut s'étonner qu'une parade aussi extraordinaire n'ait pas suscité plus d'études. En effet, hormis quelques publications où le comportement de l'albatros est rapidement évoqué, un seul article (Meseeth 75) traite de la parade nuptiale de l'albatros de Laysan (*Diomedea immutabilis*). Avec un échantillonnage de cent quarante trois séquences, nous nous trouvions devant une masse de données considérable nécessitant le recours à l'ordinateur. Il nous a donc paru possible en mettant en oeuvre des méthodes d'analyse statistique multidimensionnelle, de dépasser l'aspect descriptif, dans la mesure où les attitudes elles-mêmes et leur enchaînement semblent répondre à un environnement écologique particulier et non pas être une énigme de la nature (cf. §5)

1.2 L'éthogramme : Pour le statisticien, un ensemble de textes ou de dialogues rentrent dans le schéma général suivant. A la base est un ensemble fini L , qu'on appelle *lexique*, ou plus généralement ensemble des éléments du discours. Un texte t , de longueur n est une suite ordonnée $(t(1), t(2), \dots, t(n))$ d'éléments de L . Un dialogue sous sa forme la plus simple est une suite de textes ou répliques rapportés alternativement à deux auteurs différents; parfois deux textes se superposent, les interlocuteurs parlant simultanément. Les parades nuptiales d'albatros rentrent dans ce schéma universel, pourvu que la diversité des attitudes observées soit réduite à un inventaire clos, ou *éthogramme*, (qui est l'analyse du lexique L).

Afin de permettre au lecteur de suivre les commentaires des analyses que nous présentons dans ce travail, nous avons rapporté ici pour chaque attitude une description sommaire et pour certaines, un schéma donnant la position de l'oiseau (figure 1). Une ou plusieurs abréviations sont données également entre parenthèses.

SIGNAUX SONORES

CHANT ("CH" ou "C"). Pour chanter, l'oiseau prend sa respiration, pointe le bec vers le ciel, lance un long cri ressemblant à un hurlement de sirène puis laisse tomber la tête en reprenant son souffle. Les mâles seuls sur leur nid émettent souvent ce chant au passage d'un oiseau en vol. Lorsque les partenaires sont proches, le même chant est émis avec moins de puissance. Il s'agit alors de couples constitués et il est alors possible de distinguer les sexes d'après leur chant.

ACTIVITES DE LOCOMOTION

ATTERRISSAGE ("A" ou "ATTE"). L'oiseau effectue généralement plusieurs passages devant la corniche où il va se poser, puis il arrive face à la falaise, perd de la vitesse en montant et se laisse tomber sur la corniche.

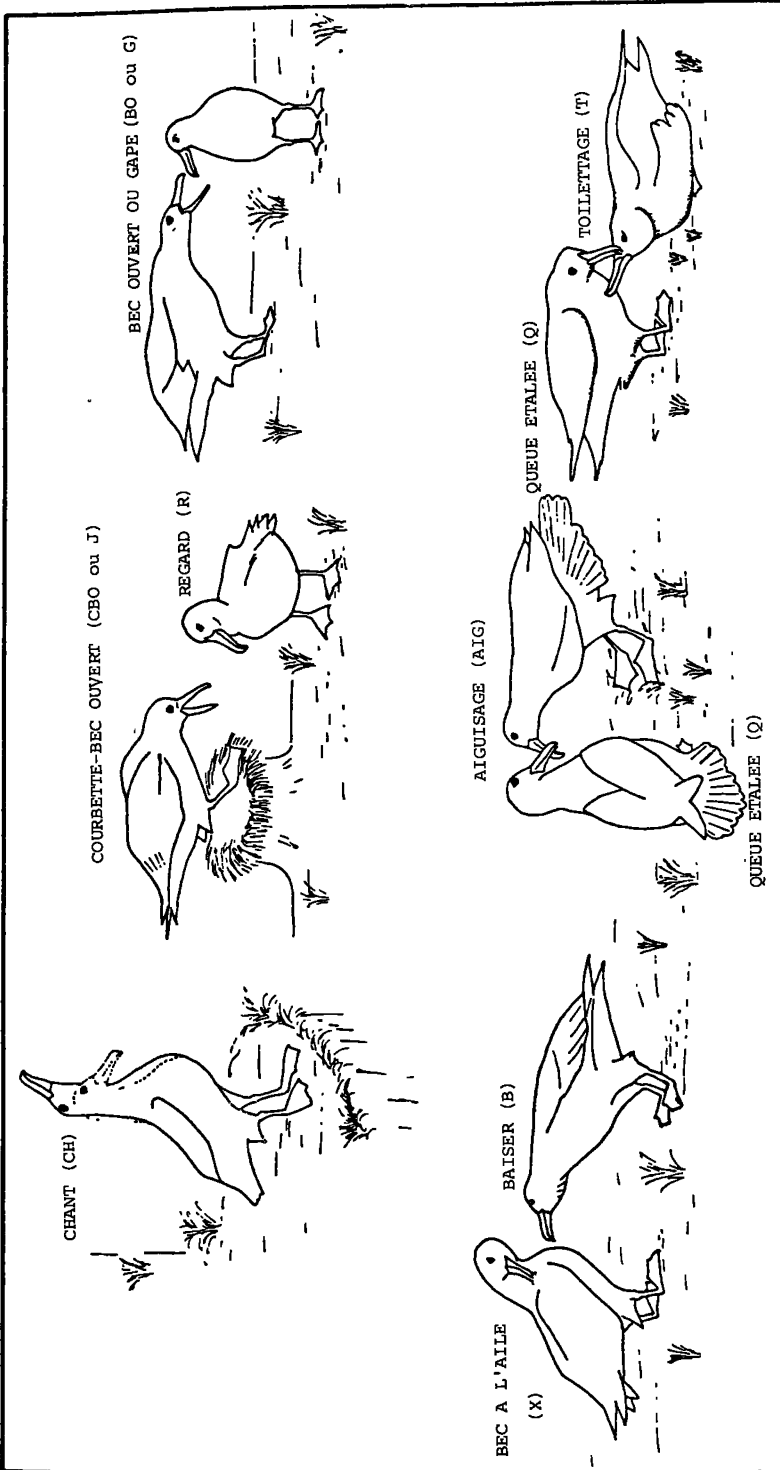


FIGURE : Schéma des principales attitudes

ENVOL (" V " ou "VOL"). Il peut se faire très vite : l'oiseau se laisse tomber dans le vide puis plane.

AVANCE (" l ") ou "AVAN") et ELOIGNE (" N " ou "ELOI"). Il s'agit de déplacements réduits sur la corniche où a lieu la parade.

MARCHE RESSORT (" MR "). L'un des oiseaux marche autour de son partenaire en exagérant chaque pas par une oscillation verticale du corps. Le cou est alors dirigé vers ce partenaire qui tourne sur lui-même pour faire face. Ce comportement est toujours associé de la "Queue étalée".

ACTIVITES DIALOGUEES

REGARD (" R "). Comme chez la plupart des oiseaux, les yeux chez l'albatros sont situés de chaque côté de la tête plutôt que de face ; en sorte que les deux champs visuels ont une faible intersection. Pour évaluer la distance à laquelle se trouve le partenaire, l'oiseau doit tourner la tête pour regarder alternativement de l'oeil droit et de l'oeil gauche. Ce mouvement se trouve fortement exagéré et stéréotypé chez cette espèce : c'est devenu une activité ritualisée qui intervient dans la parade lorsque deux oiseaux se rapprochent l'un de l'autre.

SECOUEMENT DE TETE (" S " ou " ST "). L'oiseau secoue violemment la tête de droite à gauche.

COURBETTE ou (coup de tête : " L "). L'oiseau commence à faire lentement une courbette baissant la tête vers le sol puis il la relève brusquement en rejetant le cou en arrière.

BEC A L'AILE : " X " ou MOUVEMENT SCAPULAIRE. L'oiseau détourne la tête sur le côté et plonge le bec dans les plumes de l'épaule, en général du côté opposé au partenaire.

BAISER (" B "). L'oiseau sans se déplacer avance à l'extrême le bec fermé pointé vers le partenaire.

TOILETTAGE (" T "). L'un des oiseaux toilette avec plus ou moins d'insistance les plumes de l'autre, généralement autour de la tête pour les couples établis, et en prolongement du baiser, sur les côtés du corps pour les couples en formation. Les deux oiseaux peuvent aussi se toiletter mutuellement.

GAPE ou BEC OUVERT : (GAPE étant le terme anglais) (" G " ou "BO"). Cette attitude débute comme le baiser mais lorsque le cou est en extension maximum, l'oiseau ouvre grand le bec en direction du partenaire et le referme en même temps qu'il ramène la tête en arrière. Cette attitude intervient dans les combats.

COURBETTE GAPE OU COURBETTE BEC OUVERT (" J ") ou ("CBO"). C'est le même mouvement que précédemment mais le bec plus ou moins incliné est dirigé vers le sol.

AIGUISAGE ("AIG"ou " H "). Les deux oiseaux, face à face, entrechoquent leurs becs par une oscillation latérale de la tête ; le rythme est assez rapide, les chocs s'entendent à quelques mètres. Cette posture intervient dans les combats et la scène évoque un assaut d'escrime.

DIVERS

BEC AU VENTRE (" Y "), BEC AUX PATTES (" Z "). L'oiseau touche son ventre ou l'une de ses pattes.

LISSAGE (" U "). L'oiseau toilette son propre plumage.

ACTIVITES DE CONSTRUCTION (" W ") ou " AC "). L'oiseau ramasse un brin d'herbe comme il le fait pendant la construction du nid.

EBROUEMENT (" E "). L'oiseau déploie ses ailes et les secoue vigoureusement.

1.3 Exemples réels de codage de séquences (particulièrement courtes)

- a) A221 2E 32221Q//BHHL BHHL HHL SX H X /
A222 2E 32221//G HH G HH GHH G GHRRGRL/
b) A311 0E 02221 /C R RHH SLX RR X SXL X S X R/
A312 0E 02221 /ARRRR R HHSX RR SNG JE R G R NR RV/

Identificateurs divers donnant le numéro de la parade, le sexe des oiseaux, etc.

Commentaires

La parade (a) commence par un gape (G) de la femelle (dont les gestes sont recensés sur la deuxième ligne), le mâle (ligne supérieure) répond par un baiser (B) ; puis un échange d'aiguillage (HH) ; puis courbette du mâle (L), gape de la femelle (G), baiser du mâle (B), échange d'aiguillage ; la même séquence L, G, H, L, G puis secouement de tête du mâle (S), bec à l'aile (X), gape de la femelle ; échange d'aiguillage, regard de la femelle (R), bec à l'aile du mâle déclenchant un gape, puis une courbette de la femelle.

2 Correspondance entre rôles et attitudes

La partie IV du volume [PRAT. LING.] (Pratique de l'A. des D. en linguistique et lexicologie ; DUNOD 1981 ; cf. *Cahiers* Vol V n° 4 pp 481-491 1980, pour un sommaire de ce volume) est consacré à l'étude des séquences : deux exemples, l'analyse statistique des partitions musicales ([ANA. MUS.] par B. Morando ; voir aussi *Cahiers* Vol V n° 2 pp 213-228, 1980) et l'analyse des combats d'épingles ([EPINOCHÉ] par Y. Grelet ; cf. aussi thèse Paris 1979) présentent avec notre étude une analogie manifeste quant à la forme (et aussi pour le deuxième quant au contenu). Toutefois nos données présentent simultanément deux particularités dont chacune des études citées n'offrent qu'une seule : comme dans [EPINOCHÉ], il s'agit d'un dialogue ; comme dans [ANA.MUS.] on note simultanément des attitudes de plusieurs partenaires. Ces particularités offrent matière à des analyses complexes que nous aborderons au § 3. Mais pour l'heure nous nous bornerons à considérer la distribution des attitudes selon le sexe (§ 2.1) ; puis à analyser le tableau 283 x 19 croisant rôles et attitudes (§ 2.2).

2.1 Distribution marginale des attitudes selon le sexe : Chacun des deux sexes utilise toutes les attitudes répertoriées ; au total les mâles réalisent 3801 attitudes, les femelles 3834. Mais bien que ces deux nombres soient du même ordre, des différences apparaissent sur les attitudes prises une à une. Le tableau (fig. 2.1) des proportions de chaque attitude pour les deux sexes suggère quelques remarques :

- le mâle chante deux fois plus que la femelle : comme pour beaucoup d'espèces animales, c'est le mâle qui assume principalement la défense du nid, en particulier avant la formation du couple ; or le chant est aussi une affirmation territoriale.

- les activités de locomotion (ATTE, AVAN, ELOI) sont surtout le fait des femelles. Ceci découle du fait que les oiseaux nichent sur les

falaises et qu'ils sont limités dans leurs déplacements. Les mâles lorsqu'ils se déplacent avancent vers les femelles pour parader. Les rares fois où ils s'en éloignent, ils regagnent leur nid. Par contre la femelle beaucoup plus libre de ses mouvements, utilise les activités de déplacements (on le verra plus loin) pour régler la parade.

Enfin les vols qui marquent la fin de la parade, se répartissent comme suit : 49 vols nuptiaux où les oiseaux volent de concert, 6 vols de mâles, 17 vols de femelle. La plupart des vols isolés des mâles comme des atterrissages sont effectués par des mâles qui se sont adjoints à des parades en cours et qui captent temporairement l'attention de la femelle.

- Parmi les activités dialoguées, il est normal que l'aiguillage ("AIG") et la copulation ("COP") soient aussi fréquents dans les deux sexes puisque ce sont des activités pratiquées de façon symétrique. Par contre le toilettage ("T") qui lui aussi est bien partagé entre les deux sexes est plus significatif car il n'est pas obligatoirement réciproque.

Les activités dialoguées mettant en jeu un contact visuel se différencient nettement "X" : le mouvement scapulaire et "L" courbette sont caractéristiques des mâles et "R" le regard sont plutôt le fait de la femelle. Gape ("G"), Baiser "B" et "J" courbette gape sont plus pratiquées par les femelles.

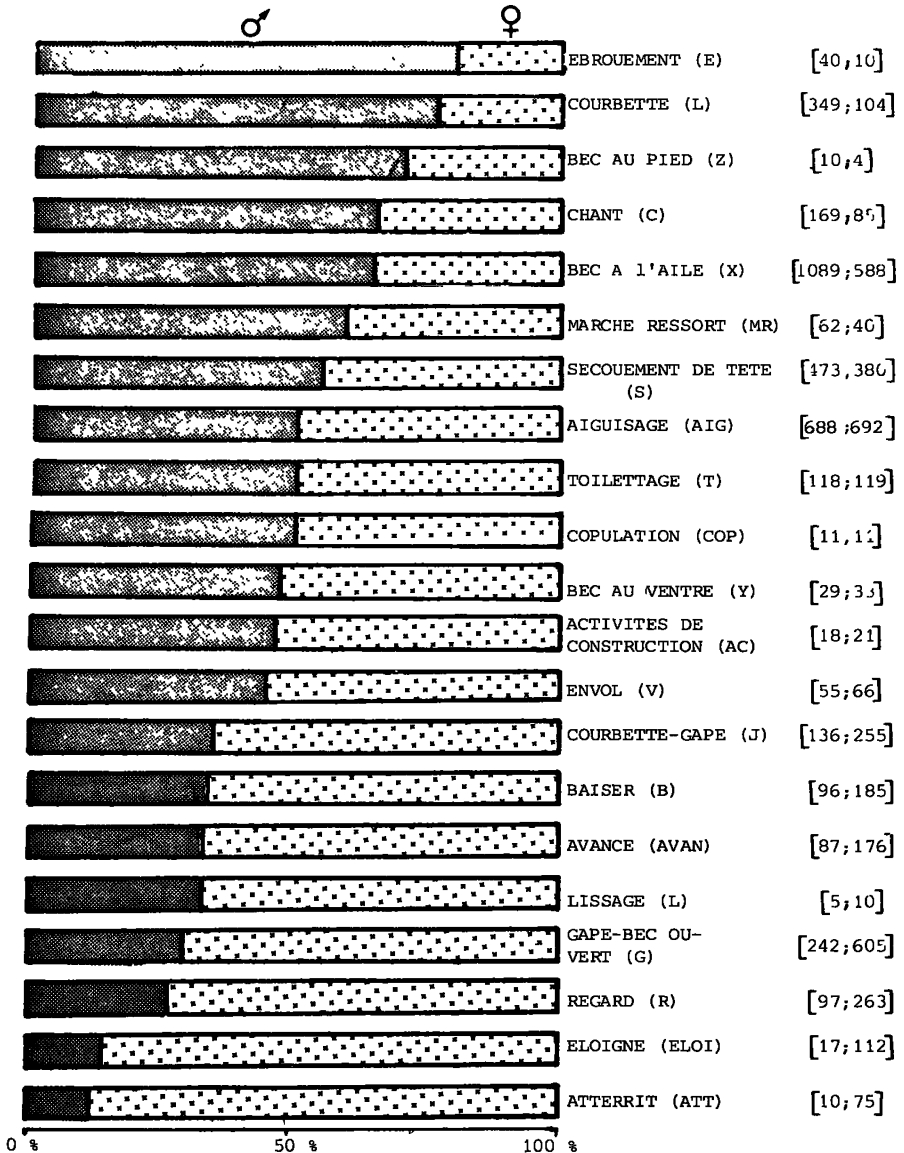
2.2 Analyse de correspondances : Dans une première approche, nous avons négligé l'ordre de succession des attitudes et l'aspect dialogué en nous intéressant uniquement aux fréquences d'apparition. Ainsi codée une séquence donne lieu à deux lignes du tableau des fréquences. L'une pour le mâle, l'autre pour la femelle. A l'intersection d'une ligne *i* et d'une colonne *j* figure le nombre de fois que l'attitude *j* a été effectuée par l'oiseau *i* lors de la séquence *s*. Une telle ligne correspond à ce que nous appellerons un *individu-séquence*, ou encore un *rôle*.

2.2.0 Attitudes et individus supplémentaires : Nous avons mis en supplémentaires toutes les attitudes dont les apparitions sont trop rares (COPULATION : 5 parades concernées, CH, U, AC, Y, Z), ou trop tranchées (ATTE, VOL : elles apparaissent une fois ou pas du tout dans une séquence donnée) ou de nature différente comme la Marche ressort ou la Queue étalée qui peuvent survenir en même temps que d'autres attitudes.

Ont été également mis en supplémentaires, les individus secondaires dans les parades à trois oiseaux et plus, ou les individus complètement passifs face à un partenaire très actif.

Dans un premier temps, nous avons procédé à l'analyse du tableau de fréquences, les éléments supplémentaires étant ceux indiqués ci-dessus. Les trois premiers axes sont définis essentiellement par les trois associations T-AIG, T-X, T-G : ces trois associations interviennent dans très peu de parades (14). Pourtant les oppositions entre les trois attitudes AIG (aiguillage), X (bec à l'aile), G (gape : bec ouvert) entrevues ici à travers leurs liaisons avec le toilettage (T) sont réelles. Pour les montrer de façon probante, nous avons refait l'analyse avec T en supplémentaire.

FIGURE 2.1. : Histogramme comparatif mâle-femelle des fréquences d'utilisation des attitudes



e.g. le Regard est utilise 263 fois par la femelle et 97 fois par le mâle soit environ 3 fois plus.

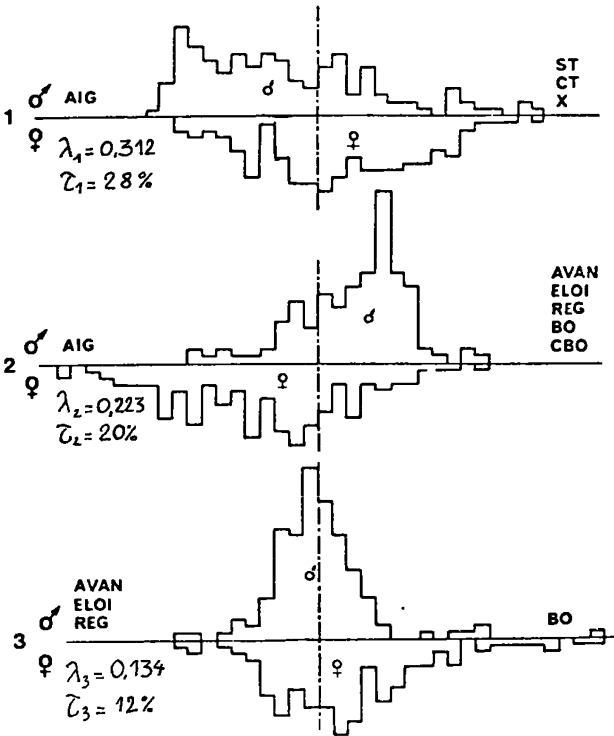


FIGURE 2.2.

ATTITUDES	F1	COR	CTR
AIGUISAGE AIG	857	711	486
BEC A			
L'AILE X	-665	750	356
ATTITUDES	F2	COR	CTR
AIGUISAGE AIG	530	272	260
BEC A			
L'AILE X	275	128	085
GAPE (BEC OUVERT) G	-746	481	316
ELOIGNE ELOI	-1057	230	097
ATTITUDES	F3	COR	CTR
ELOIGNE ELOI	1225	308	217
AVANCE AVAN	852	317	214
REGARD R	598	262	144
GAPE G	-630	349	377
ATTITUDES	F4	COR	CTR
COURBETTE GAPE J	509	171	168
COURBETTE L	832	619	614

Figure 2.2 : Histogrammes et tableaux des statistiques globales

2.2.1 Les statistiques globales : Elles indiquent les oppositions fortes (valeurs propres : .312, .223, .134) relativement bien traduites par les premiers axes : 28, 20, 12% de l'inertie pour les trois premiers représentant donc 60% de l'inertie du tableau des fréquences.

Nous donnons ici les tableaux des contributions et corrélations pour les variables les mieux représentées sur les axes 1 à 4 ; ainsi que les histogrammes des coordonnées des rôles par sexe sur les axes 1 à 3.

2.2.2 Examen du plan 1 x 2 : Nous avons représenté sur la figure 2.4 la projection des points individus-séquences. Les rôles des mâles sont symbolisés par des triangles noirs et ceux des femelles par un rond. Il est relativement net que les mâles s'étalent obliquement dans le demi-plan inférieur.

De plus nous avons relié par un trait les points représentant les rôles du mâle et de la femelle observés au cours d'une même séquence. Nous constatons alors que les partenaires s'opposent selon des directions relativement parallèles. Ce remarquable parallélisme fait donc apparaître la correspondance étroite entre les vocabulaires utilisés par les deux partenaires. La figure 2.3 représente la projection des attitudes sur le plan (1.2) et l'étude simultanée des

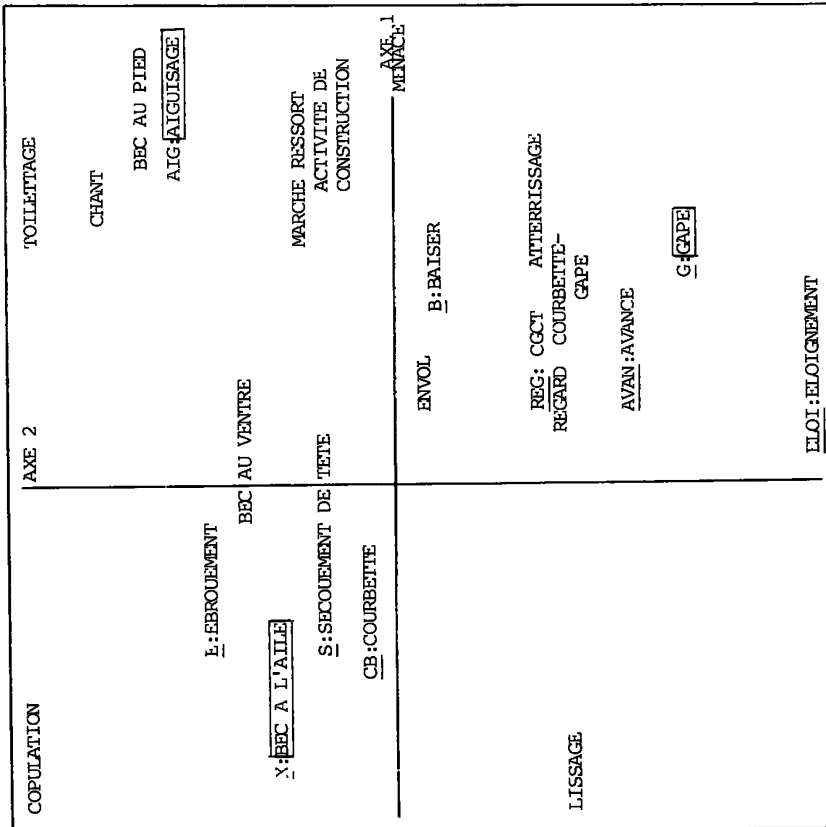


FIGURE 2.3. : Plan 1 x 2 des variables (attitudes) de l'analyse du tableau de fréquences simples croisant 22 attitudes et 246 individus-patades ou nêles T est en supplémentaire. Les éléments principaux sont précédés de leur abréviation soulignée : e.g. AIG : aiguillage

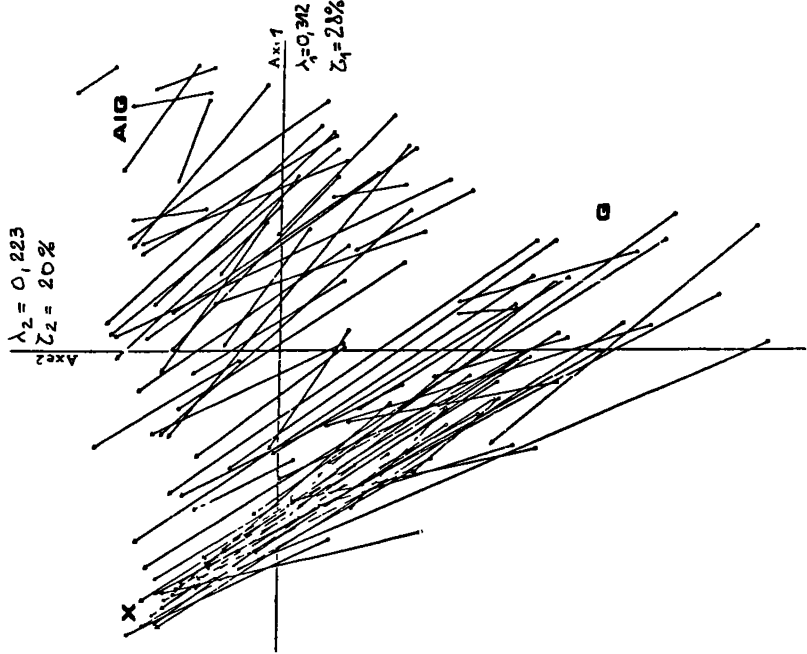


FIGURE 2.4. : Plan 1 x 2 des individus-patades (nêles), de l'analyse des fréquences simples. On a joint par un trait les points représentant le mâle (a) et la femelle (b) qui sont les partenaires d'une même séquence.

deux nuages de caractériser les attitudes fortement opposées par l'axe 2.

X, S, L, E (Bec à l'aile, secouement de tête, courbette, ébrouement) que nous nommerons le groupe I sont les variables que le principe barycentrique attribue en moyenne aux mâles. Au groupe I s'oppose fortement le groupe II : R (regard), AVAN, ELOI, G (gape), J (courbette-gape) associées aux femelles. Ceci est en accord avec ce que nous avons constaté sur les fréquences marginales par sexe.

La contribution "BAISER" est quasiment nulle sur les premiers axes. Curieusement cette attitude avait donné l'impression sur le terrain d'être déterminante dans la parade. Mais il reste que cette attitude apparaît deux fois plus chez les femelles que chez les mâles. Il faut donc que seules les femelles qui se projettent assez loin sur l'axe 2 utilisent le "BAISER" pour que celui-ci se place aussi près de l'axe 1.

Par contre, "AIG" tout aussi peu sexué est très éloigné du profil moyen. L'aiguillage est une attitude réalisée également par les deux partenaires, il est donc normal qu'il apparaisse à la frontière séparant les sexes.

Trois attitudes (AIG, X, BO) fournissent presque toutes les contributions aux deux premiers axes. Le premier axe opposait AIG et X, le second AIG et BO. Les attitudes se répartissent donc, dans le plan 1.2 sur la surface d'un triangle dont la base joint les attitudes du groupe I (c'est-à-dire celles des mâles) et celles du groupe II (femelles), les extrémités de la base étant constituées par X et BO, le sommet de ce triangle est représenté par AIG et chaque couple en parade se place parallèlement à la base, plus ou moins proche du sommet.

Cette disposition traduit l'existence d'un facteur non lié au sexe mais dépendant de la séquence considérée. Or, ce qui caractérise une séquence indépendamment du sexe des oiseaux, c'est le "niveau" auquel les partenaires paradedent. En effet, il est net sur le terrain que les couples constitués, c'est-à-dire ceux qui restent ensemble assis près d'un nid, ne paradedent pas de la même façon que les couples de rencontre.

2.2.3 Essai d'interprétation dans l'espace des trois premiers axes :

Pour juger de la contribution de chaque axe à la différenciation sexuelle, nous avons présenté l'histogramme de répartition des mâles et femelles sur les trois premiers axes (fig. 2.2 § 2.2.1). On voit sur les deux premiers axes que les mâles et les femelles s'étalent, avec cependant une moins grande différenciation des mâles sur l'axe 2. Par contre, sur l'axe 3 les mâles ne sont pas séparés alors que les femelles continuent à s'étaler. Corrélativement, les attitudes qui caractérisent les femelles (AVAN, ELOI, R, BO) se sont opposées sur le troisième axe.

La figure 2.5 illustre cette conclusion : les attitudes caractéristiques des mâles (X, L, S) sont groupées alors que BO s'oppose à ELOI, R, AVAN, ces quatre attitudes fournissant 95% des contributions à l'axe 3. Cet axe sépare les femelles selon des critères d'agressivité (BO) et de motivation (ELOI, AVAN, REG) comme nous le verrons dans le § suivant, alors que les mâles présentent un comportement stéréotypé quelque soit la situation.

Si nous essayons de représenter en perspective les trois premiers axes, nous obtenons la figure 2.6. Les mâles se répartissent dans le volume d'une barre trapézoïdale (en hachures serrées). Ses extrémités sont d'une part X, L, S, E et d'autre part AIG (qui est associé comme

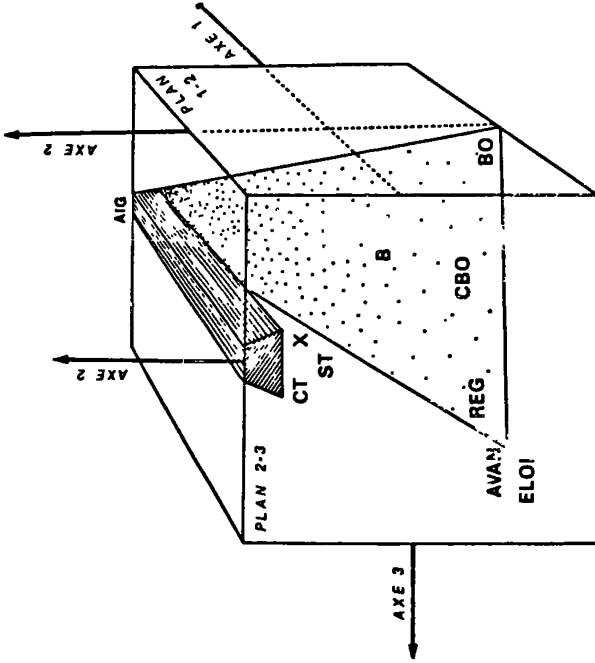


FIGURE 2.6. : Répartition des attitudes dans l'espace des trois premiers facteurs de l'analyse des fréquences (T en supplémentaire).

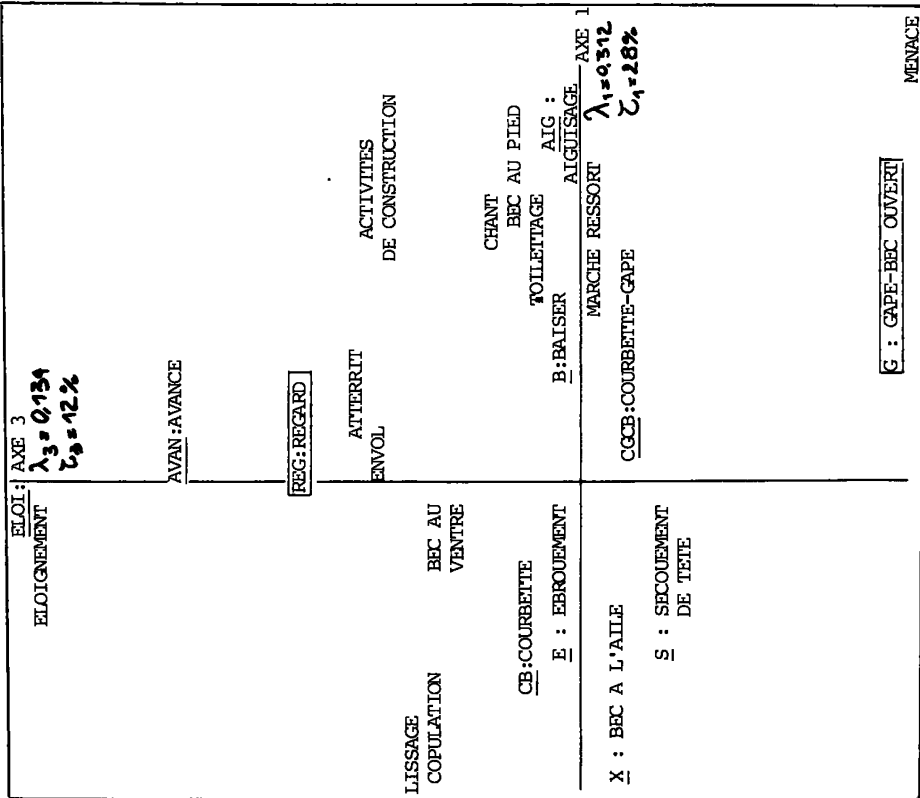


FIGURE 2.5. : Plan 1 x 3 des variables (attitudes) de l'analyse des fréquences samples. T est en supplémentaire. Les variables principales sont précédées de leur abréviation soulignée.

nous l'avons vu dans la présentation de l'analyse factorielle avec T, CH et COP). Le couple évoluant vers AIG, les mâles font ce cheminement de façon linéaire en suivant la barre trapézoïdale.

Par contre, les femelles, situées sur une surface triangulaire (en pointillés) possèdent un vocabulaire plus varié. La base de ce triangle comporte les cinq attitudes qui contribuent le plus à caractériser les femelles. Parmi celles-ci, BO s'oppose à ELOI, AVAN et R. La première est une attitude de menace ritualisée assez évidente et bien connue chez les oiseaux le bec ouvert étant le préalable à toute attaque. Les trois autres constituent des activités de locomotion et de contact visuel qui manifestent toutes l'intérêt plus ou moins grand porté aux mâles sur leur nid. Il est normal que ce soient les femelles qui possèdent cette latitude de décision car elles sont libres de leurs mouvements alors que le mâle est fixe et attend sur sa corniche la visite d'une femelle de passage. En d'autres mots, ce sont les femelles qui ont l'initiative du début et de la fin d'une séquence. La barre trapézoïdale du mâle a pour extrémité d'une part "l'aiguillage" et de l'autre un groupe de trois attitudes, dont le seul "mouvement scapulaire" X, fournit une forte contribution aux trois axes. Il y a là une réelle pauvreté de vocabulaire qui rend compte du fait que le mâle présente un comportement très stéréotypé dans toutes les séquences.

Le quatrième axe isole une attitude presque exclusivement utilisée par le mâle "courbette" (L) et une attitude plutôt pratiquée par la femelle : "courbette-gape" (J). Ainsi, il étale assez peu les rôles de deux sexes suivant la part importante ou non faite à ces deux attitudes dans leur profil ce qui confirme l'autonomie de la représentation spatiale proposée sur la figure 2.6. D'autre part l'interprétation biologique de l'axe 4 s'avère difficile ; le pourcentage d'inertie expliquée par les trois premiers axes étant important (60%) nous nous restreindrons à ceux-ci.

3 Correspondance entre parades et paires d'attitudes consécutives

3.1 Construction de tableaux : Au § 2 chaque séquence a été décomposée en deux rôles (mâle et femelle) chacun caractérisé par un profil sur l'ensemble des attitudes élémentaires : ainsi l'enchaînement des attitudes est ignoré, et la réciprocité du dialogue n'apparaît que lors de l'interprétation, en joignant d'une flèche les deux rôles de chaque séquence. Nous voulons maintenant caractériser chaque séquence par les fréquences de doublets d'attitudes adoptées consécutivement soit par un même oiseau, soit par l'un répondant à l'autre.

De façon précise, notons $I = S$ l'ensemble des séquences ; A le lexique ou éthogramme, ensemble des attitudes élémentaires (cf. § 1.2); $S = \{1, 2\}$ l'ensemble des sexes (1 = mâle ; 2 = femelle). Soit enfin $J = AASS$, l'ensemble des quadruplets $aa'ss'$, où a et a' sont deux attitudes et ss' deux sexes (éventuellement $s = s'$). Alors on définit le tableau KIJ par la formule :

$k(i, aa'ss')$ = nombre de fois qu'au cours de la séquence i , le geste a , émis par l'animal de sexe s , a été suivi du geste a' , émis par l'animal de sexe s' .

En fait la plupart des quadruplets $aa'ss'$ se rencontrent trop rarement pour offrir matière à une analyse statistique : il a donc fallu élaguer. Pratiquement, on a constitué quatre tableaux Kss' :

- K11 : successions des attitudes chez le mâle ;
- K22 : successions des attitudes chez la femelle ;
- K12 : réponses de la femelle au mâle ;
- K21 : réponses du mâle à la femelle.

CONSTITUTION DES TABLEAUX DE CONSECUTIVITE :

Exemple de séquence codée :

Attitudes du mâle S RY R R L X
 Attitudes de la femelle S R S R R R RRJB J

Fichier K¹² : Des réponses de la femelle aux attitudes du mâle
 c'est-à-dire mâle-femelle (12)

De la parade Pi nous ne retiendrons pour ce fichier que les paires d'attitudes :

SS12 VR12 RR12 LB12 XJ12
 fréquences : 1 1 2 1 1

Si on ne conserve que ces paires d'attitudes dans la parade Pi, celle-ci peut se récrire sous la forme

S Y R R L X
 S R R R B J

Fichier K²¹ : Des réponses du mâle aux attitudes de la femelle
 c'est-à-dire des dialogues femelle-mâle (21)

Nous n'avons retenu ici suivant le même principe que les paires d'attitudes :

SS21 SR21 RR21 RL21 BX21
 fréquences : 1 1 2 1 1

qui proviennent de S R R R L X
 / / / / / /
 S S R R R B

Fichier K¹¹ : Des successions d'attitudes du mâle
 c'est-à-dire des successions mâle-mâle (11)

Seule RY11 est retenue avec la fréquence 1

Fichier K²² : Des successions d'attitudes femelle-femelle (22)

Sont retenues ici SR22 RS22 RR22 RJ22 JB22
 avec les fréquences 2 1 1 1 1

Eléments supplémentaires : Interviennent ici cinq attitudes du mâle (S1, Y1, R1, L1, X1) et quatre de la femelle (S2, R2, B2, J2).

D'où 9 colonnes supplémentaires : e.g. puisque X1 intervient dans XJ12 et BX21, on a dans la colonne X1, la fréquence 2, somme des fréquences de XJ12 et BX21.

N.B. On voit que les attitudes simultanées des deux oiseaux ne sont pas recensées ici.

Des 147 séquences et 28 attitudes, nous n'avons retenu que 123 séquences dont le nombre total des doublets dépassait 4 sur chacun des tableaux Kss' ; et sur l'ensemble des paires apparues nous avons éliminé toutes celles qui apparaissaient dans moins de 10 parades. On a ainsi retenu 49 paires d'attitudes pour K11 (mâle-mâle), 49 également pour K22 (femelle-femelle) ; 56 pour K12, 61 pour K21.

Enfin pour interpréter le résultat des analyses, on a adjoint au tableau principal un ensemble A x S de colonnes supplémentaires définies comme suit :

$k(i,s)$ = nombre de fois qu'au cours de la séquence i la paire as (i.e. l'attitude adoptée par l'oiseau du sexe s) est apparue dans l'un des quadruplets $aa'ss'$ retenus.

Par exemple la colonne C1, chant du mâle, en cumulant les fréquences des paires suivantes, où apparaît cette attitude : CH11, CT11, HC11, CC12, CH12, CR12, CT12, CC21, HC21, TC21. L'encadré ci-joint explique sur un exemple les constructions de tableaux.

3.2 Analyse factorielle

3.2.0 Analyses effectuées et résultats globaux : On a analysé d'une part chacun des quatre tableaux Kss' pris séparément, d'autre part le tableau global 123×215 (i.e. $49 + 49 + 56 + 61$) juxtaposant ces quatre tableaux. Ces cinq analyses ayant apporté des résultats concordants, (ce qu'atteste le tableau de corrélation ci-joint) on se bornera à rendre compte de l'analyse globale.

Corrélations (calculées sur l'ensemble I des séquences) entre facteurs issus de l'analyse globale et facteurs issus des analyses partielles

	1	2	3	4
11	.958	.757	.610	.739
12	.997	.901	.860	.790
21	.993	.977	.908	.681
22	.934	.872	.521	.517

e.g. entre les facteurs 3 de l'analyse globale et de l'analyse partielle du tableau 21 la corrélation est de .908.

C'est donc l'ensemble des cooccurrences que nous analysons ici, chacune des séquences étant décrites par les observations d'attitudes consécutives constituant les fichiers de successions et de dialogues. 208 cooccurrences, 123 parades : 25.584 nombres. Comment retrouver à travers ce foisonnement de signes, l'ordre, la régularité du comportement de nos amoureux volatiles si souvent contés par les éthologues. Encore une fois l'analyse des correspondances se révèle un précieux outil pourvu que l'on déjoue les multiples pièges du codage et de l'interprétation. Soumises aux filtres successifs des contributions et des corrélations aux premiers facteurs, les observations caractéristiques de situations diverses de formation du couple de fuligineux se détachent, se prêtant ainsi à l'interprétation.

Ici les valeurs propres sont fortes et différenciées : 0,69, 0,29, 0,22... traduisant des oppositions puissantes. On a dressé pour cette analyse un seul tableau des cooccurrences les mieux représentées sur les premiers axes. On y fera souvent référence dans nos commentaires.

	Successions male-male			Successions femelle-femelle			Dialogues mâle-femelle			Dialogues femelle-male		
	NOM	COR	CTR	NOM	COR	CTR	NOM	COR	CTR	NOM	COR	CTR
	AXE 1											
$F_1 < 0$	CH11	729	87	CH22	782	48	CC12	856	72	CC21	715	114
	CT11	421	30	HC22	545	30	CH12	758	85	HC21	560	39
	HC11	560	39	HT22	702	40	CT12	502	43	TC21	529	35
	HT11	190	8	TH22	453	17	HC12	643	35	CH21	782	48
	TH11	181	7				HT12	702	40	TH21	453	17
						TH12	181	7	HT21	180	8	
						TT12	573	31	TT21	531	32	
$F_1 > 0$							RR12	103	3	RR21	101	4
AXE 2												
$F_2 < 0$	BH11	232	25	GH22	259	22	BH12	232	25	HG21	214	20
	BH11	182	11	HG22	254	28	BH12	185	11	GH21	263	23
	GH11	251	27				GH12	251	27			
	HG11	217	19				HG12	245	27			
$F_2 > 0$	SX11	154	20	SX22	246	21	SX12	155	13	XR21	113	10
				XR22	202	20	XL12	104	9	XS21	273	20
				XS22	192	16	XX12	504	80	XX21	439	71
AXE 3												
$F_3 < 0$	LX11	186	36				LR12	145	16	RJ21	157	9
	RJ11	168	8							RL21	143	15
	RL11	132	11				XR12	217	31	RS21	122	14
	XL11	133	13									
	XS11	135	16									
$F_3 > 0$	GH11	124	18	GH22	238	16	BG12	133	14	CG21	232	26
	HG11	158	19	GJ22	150	12	GG12	196	26	HG21	151	18
				HG22	152	22	HG12	161	23	GH21	229	26
				JG22	122	11	GH12	124	18	GR21	168	24
				XG22	118	9	RG12	155	19	GS21	138	14
				XS22	164	17	RJ12	155	17			
				SX22	101	11	SG12	133	12			
				RJ22	172	13						
				JR22	146	11						

Figure 10 : Tableau des corrélations et contributions les plus fortes concernant les variables de l'analyse globale.

Chaque variable représente une paire d'attitudes. Celles-ci sont identifiées par une lettre chacune et le sexe des oiseaux qui les utilisent en est donné ensuite dans le même ordre : e.g. : SX12 signifie la variable représentant les actes successifs : secouement de tête (S) du mâle (1) et bec à l'aile (X) de la femelle (2).

3.2.1 Le premier axe isole un groupe d'attitudes qui concernent uniquement les couples constitués. Presque toutes les combinaisons des attitudes chant (C), aiguisage (H), toilettage (T) y figurent.

Ce groupe dont les liaisons sont très supérieures au hasard, chez les mâles comme chez les femelles, ne concerne en fait que très peu de parades car sur le terrain, on voit que seuls les couples constitués chantent et toilettent en même temps. Nous savons que le chant permet d'identifier le conjoint. Quant au toilettage, il s'agit d'un contact physique qui n'intervient jamais entre oiseaux étrangers. Il est donc compréhensible que dans ces colonies où plusieurs couples se côtoient, les partenaires recourent constamment au chant pour vérifier leur

identité, au cours du toilettage : activité qui est - chez cette espèce comme chez bien d'autres - une activité de maintien des liens du couple.

A l'opposé figurent toutes les autres liaisons que dominent faiblement les échanges de regard.

3.2.2 L'axe 2 : La partie positive de l'axe 2 caractérise les situations où se produisent les échanges de bec à l'aile, presque toujours précédés du secouement de tête". Les oiseaux semblent à ce stade utiliser un vocabulaire relativement symétrique : Regard, secouement de tête, bec à l'aile.

Sur la partie opposée sortent sous tous les aspects les liaisons G-H et H-G (G : gape ou bec ouvert), (H : aiguisage). Le baiser et la marche ressort du mâle précédent également les échanges d'aiguisages. Les séquences responsables de l'apparition de cette extrémité de l'axe sont relativement agressives. Le "baiser" ou le "gape" amènent le bec de l'oiseau qui l'effectue à proximité immédiate de la tête de son partenaire. Ce dernier, est contraint de faire face et de ce fait, il heurte le bec de son vis-à-vis, ce qui engage "l'aiguisage". Les batailles entre mâles sont d'ailleurs basées sur des aiguisages, certes plus violents et moins ritualisés. Dans la parade, "l'aiguisage" apparaît donc comme une forme atténuée de combat. Il permet aux partenaires de se dégager d'une trop grande proximité ; comme c'est le cas lorsqu'à la suite d'un atterrissage, les deux oiseaux se retrouvent sur la corniche à quelques centimètres l'un de l'autre (atterrissage vers aiguisage, figure 11).

3.2.3 Interprétation du plan 1.2 avec l'aide des variables supplémentaires : Le plan (1.2) dispose les attitudes (Y2 mis à part) le long d'une courbe suivant l'axe 1 dans sa partie négative et ensuite le long de l'axe 2.

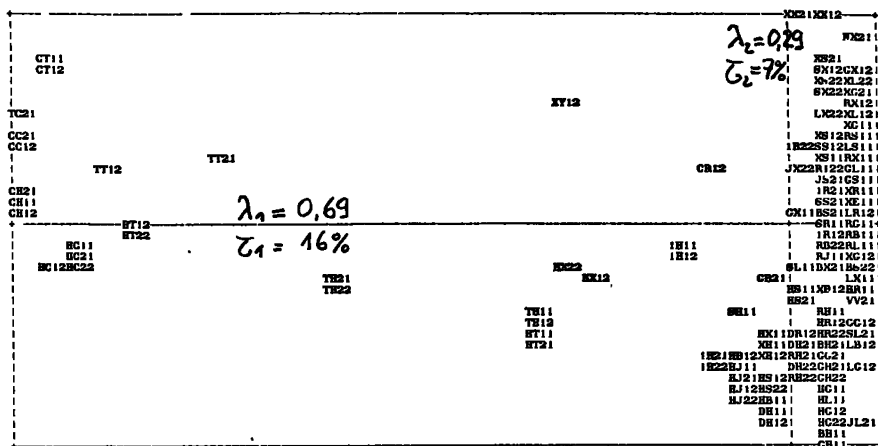
Une telle disposition oppose les attitudes spécifiques des couples constitués (Chant, Toilettage) et des attitudes relativement rares de femelles peu motivées : Bec à l'aile (X2), Eloigne (N2), Courbette (L2), Bec au pied (Y2). Bien qu'une telle interprétation mérite des vérifications que nous ferons dans la suite de cette étude, ceci nous suggère de considérer cet ordre comme une échelle de niveau de la parade. Au passage des extrémités des axes 1 et 2 on souligne les échanges particuliers fournissant les points forts :

- échanges de Bec à l'aile (XX12, XX21,...)
- échanges de Regards (RR12, RR21,...)
- Gape, Aiguisage, Baiser (GH21, BH12,...)
- Toilettage, Chant (CC21, ...)

3.2.4 L'axe 3 et le plan 2.3 : Il oppose le Regard au Gape : De façon plus détaillée on peut remarquer que dans la partie négative la femelle n'utilise que le regard alors que les attitudes du mâle appartiennent au groupe courbette (L), secouement de tête (S), bec à l'aile (X) et courbette-gape (J). Les liaisons les plus contributives sont les successions LX du mâle et les réponses "R" de la femelle aux "X" du mâle. Ce réseau LSX mis en oeuvre provoque l'attention de la femelle. L et S sont deux mouvements rapides et amples par rapport aux autres. Ils ont ici la valeur d'un signal optique. En fait ces deux attitudes annoncent le bec à l'aile qui appelle le regard de la femelle.

Le dernier réseau que nous pouvons commenter ici est centré sur le Gape : les liaisons les plus fortes sont les échanges de "Gape". La liaison GH apparaît de nouveau, rapprochant cette extrémité de l'axe 3 à celle négative de l'axe 2.

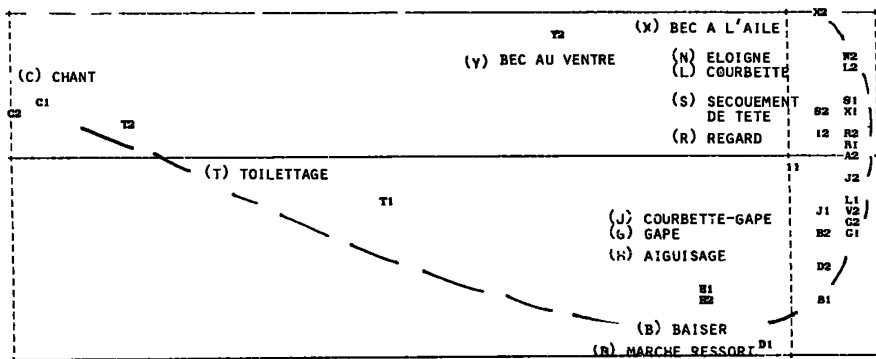
AXE HORIZONTAL: 1) - AXE VERTICALE: 2) - TITRE: ANALYSE GLOBALE DES COOCCURENCES : ATTITUDES MALES ET FEMELLES EN SUPP.



Plan (1.2) de l'analyse globale : variables principales

Chaque variable représente une paire d'attitudes. Celles-ci sont identifiées par une lettre chacune et le sexe des oiseaux qui les utilisent en est donné ensuite dans le même ordre : e.g. : TH12 signifie la variable représentant les actes successifs : Toilettage (T) du mâle (1) et Aiguillage (H) de la femelle (2).

AXE HORIZONTAL: 1) - AXE VERTICALE: 2) - TITRE: ANALYSE GLOBALE DES COOCCURENCES : ATTITUDES MALES ET FEMELLES EN SUPP.



Plan (1.2) de l'analyse globale : variables supplémentaires

Une variable par attitude et par sexe : c'est pour une séquence donnée, le nombre de fois que cette attitude intervient dans le comptage des cooccurrences. C'est donc la somme de plusieurs variables principales : e.g. le chant du mâle (C1) est noté dans CT11, CT12, TC21, CH11, CH12, HC12, HC11, CR12, CH21 et apparaît donc au centre de gravité de ces points affectés de masses proportionnelles à la fréquence d'utilisation dans l'ensemble des séquences de la paire d'attitudes correspondantes.

Les variables supplémentaires nous permettent de lire globalement le plan (2.3) sans nous restreindre aux variables principales de plus fortes contributions.

L'extrémité positive de l'axe 3 est effectivement caractérisée par une forte agressivité : s'y placent le Gape (G1, G2) et la Courbette-gape (J2) de la femelle.

La partie négative est dominée par des attitudes mâles apaisantes (S1, X1) ou d'agression détournée (J1). Les seules attitudes femelles peu dispersées sont Eloigne (N2), Envol (V2), Marche ressort (D2).

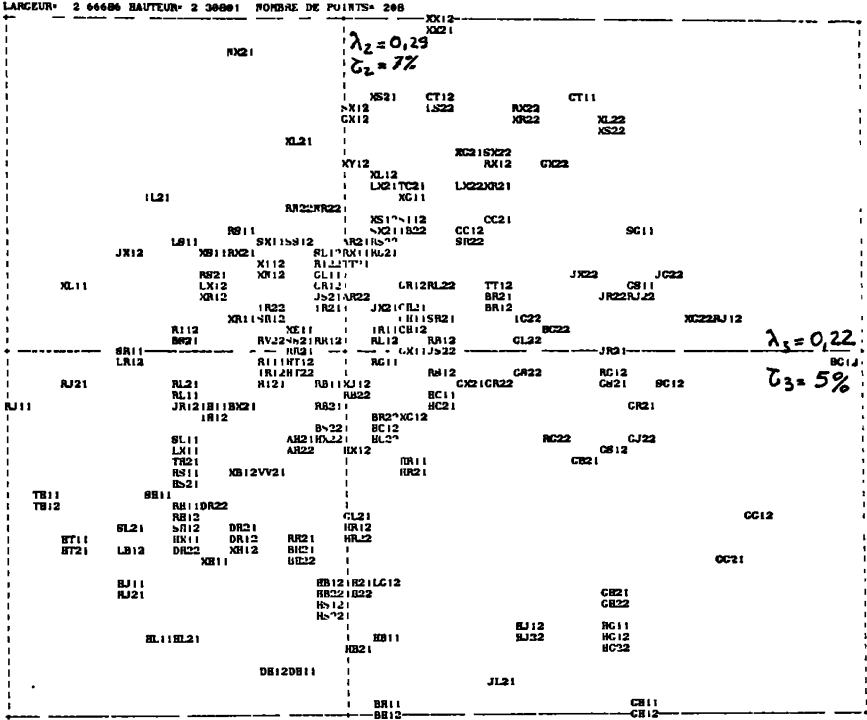
Le Regard de la femelle n'est pas spécifique de cette extrémité de l'axe, il est présent presque partout et le point moyen (R2) se trouve très proche du centre de gravité du nuage. De même le Bec à l'aile du mâle (X1) est-il extrêmement dispersé. Les attitudes de niveau élémentaire et de fréquences élevées : Regard, Bec à l'aile, Secouement de tête sont donc ici peu spécifiques. Seule, la conjonction de ces attitudes entre elles ou avec d'autres plus rares, nous renseigne sur la particularité de la situation.

3.3 Classification des séquences : L'un des objets de la présente étude est de reconnaître dans chacune des séquences observées un *niveau de parade* caractérisé par son langage propre : c'est-à-dire par un vocabulaire (emploi fréquent de certaines attitudes) et une syntaxe (stéréotypes dans l'enchaînement de ces attitudes). C'est pourquoi on a soumis à la classification automatique l'ensemble des séquences afin d'interpréter les principales classes obtenues comme représentant des niveaux de parade.

3.3.0 Les classifications effectuées : On a appliqué la C.A.H. avec agrégation suivant la variance, à divers tableaux de correspondance construits au § 3.1. De façon précise on a considéré les quatre tableaux Kss' et le tableau global 123 x 215 ; et les classifications ont été effectuées sur le nuage des 123 séquences représenté dans l'espace des premiers axes factoriels (de 3 à 6 axes). Les résultats obtenus concordent : on a choisi de présenter ici ceux fondés sur les informations les plus riches ; i.e. la C.A.H. sur le nuage de 123 séquences représentées dans l'espace des six premiers facteurs issus de l'analyse du tableau global 123 x 215 (tableau dont l'analyse est rapportée au § 3.2).

3.3.1 La partition retenue : Les quatre noeuds les plus hauts de l'arbre (i.e. les noeuds 245, 244, 243, 242) fournissent une partition de l'ensemble des 123 en cinq classes (241, 240, 239, 235, 234). Afin d'interpréter ces classes, on a donné la partie supérieure de l'arbre dans les plans 1 x 2 et 2 x 3 issus de l'analyse factorielle globale (les classes étant figurées par leurs centres de gravité) ; et on a utilisé le programme CAH VACOR (une première version de ce programme est paru dans les Cahiers : cf M.O. Lebeaux et coll. Vol V, n°1, pp 101-123, 1980). Deux classes de faible effectif (les classes 234 et 239 qui comptent au total 11 séquences) nous ont paru relever d'un même niveau de parade : nous donnons donc ici une partition des séquences en quatre niveaux A, B, C, D qui nous paraissent suivre une progression ; sur laquelle nous reviendrons au § 4 ; en attendant que des observations plus nombreuses d'oiseaux bagués et régulièrement suivis nous permettent de corroborer l'interprétation proposée.

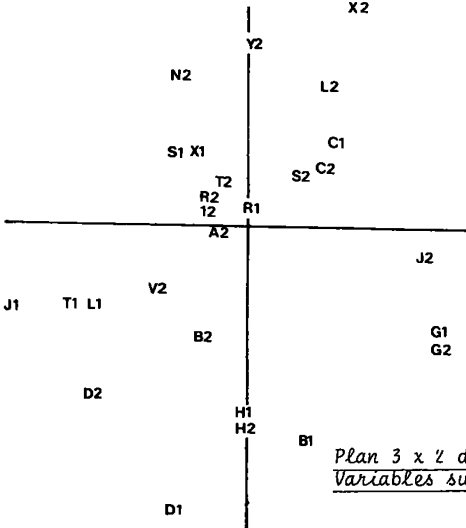
AXE HORIZONTAL (3) AXE VERTICALE (2) TITRE ANALYSE GLOBALE DES COOCCURRENCES



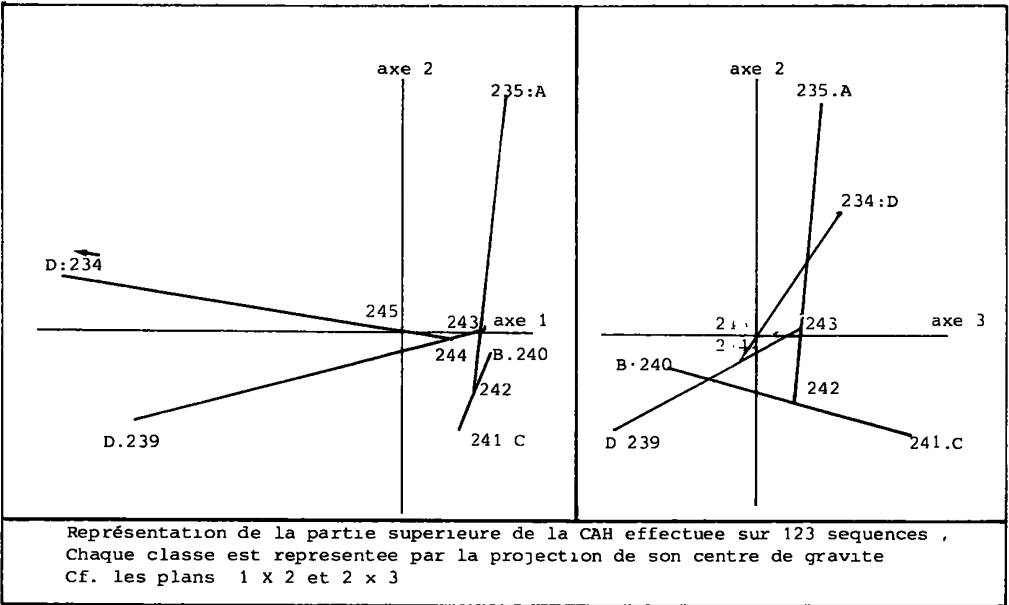
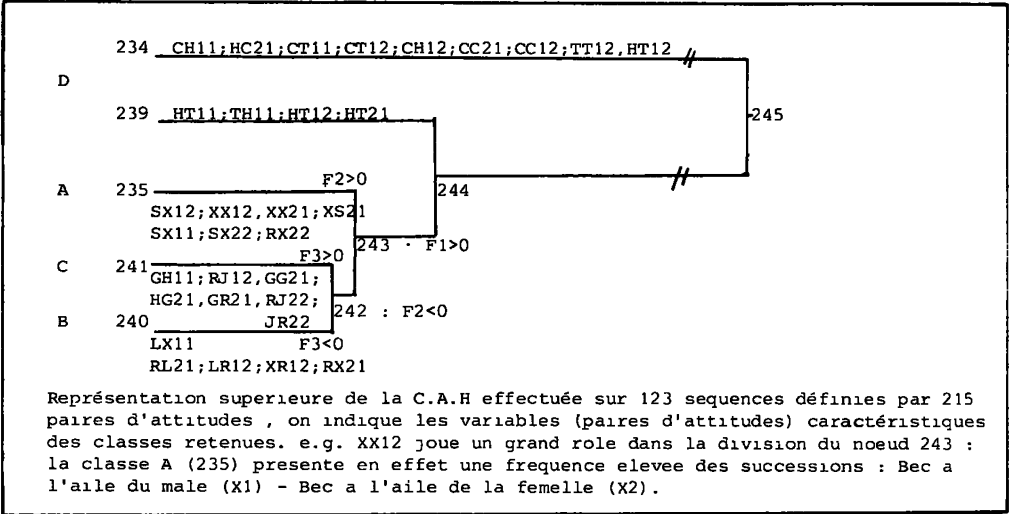
Plan 3 x 2 de l'analyse globale : variables principales

e.g. SX 12 signifie deux actes successifs
 Secouement de tête (S) du mâle (1)
 Bec a l'aile (X) de la femelle (2)

- X : Bec à l'aile
- Y : Bec au pied
- N : Eloigne
- L : Courbette
- S : Secouement de tête
- C : Chant
- K : Regard
- I : Avance
- A : Atterrit
- J : Courbette Bec ouvert
- G : Bec ouvert ou Gape
- T : Toilettage
- V : Vol
- B : Baiser
- D : Marche-ressort
- H : Arguisage



Plan 3 x 2 de l'analyse globale des cooccurrences: Variables supplémentaires



3.3.2 Essai d'interprétation des niveaux de parade : On a utilisé ici les résultats du programme VACOR, en revenant aux notes prises sur le terrain pour confirmer les suggestions de dépouillements statistiques. Afin d'embrasser du regard les résultats de VACOR, il nous a paru comme de les inscrire schématiquement dans la figure 3.3.2. Voici comment : chaque paire d'attitudes $\&\&'ss'$, signalée comme caractéristique d'une classe a été marquée par un trait joignant les points $\&$ et $\&'$ dans le diagramme afférent à la classe. Par exemple dans la classe B, se rencontre fréquemment la paire RX21 : Regard de la femelle (R2) suivie d'un Bec à l'aile du mâle (X1) : sur le diagramme 21 (des successions d'attitude femelle-mâle) on a donc tracé une flèche $R\bar{X}$, portant la fréquence 71 de cette paire RX21 ; l'épaisseur du trait indiquant une contribution relative élevée à l'écart de la classe B(240) par rapport au centre de gravité du nuage.

A : En retournant aux notes d'observations on a constaté que toutes les séquences groupées en A étaient qualifiées de séquences pauvres au rythme lent. Chaque oiseau est peu synchronisé avec son partenaire. Des mouvements scapulaires (X) trop prolongés se confondent avec le lissage des plumes (). L'alternance de ces bec à l'aile (X X) n'apparaît qu'à ce niveau. Aucun vol nuptial et peu d'agressivité (absence de G) ; ce qui étonne chez des couples aussi peu synchronisés. En fait la femelle s'envole au moindre incident et l'agressivité ne se manifeste donc pas par l'utilisation d'une attitude (telle que G) ; ($\&$ en est autrement dans la classe C).

B : Ici le mâle par des successions LX capte l'attention de la femelle. Le bec à l'aile se veut mouvement d'apaisement et est une invitation au contact : Ceci est suggéré par la liaison LB du diagramme 12, en fait (nous l'avons vérifié) il s'agit ici de la simultanéité de X et de B. La femelle profite du moment où le bec du mâle est détourné pendant X pour tendre le cou et provoquer le baiser.

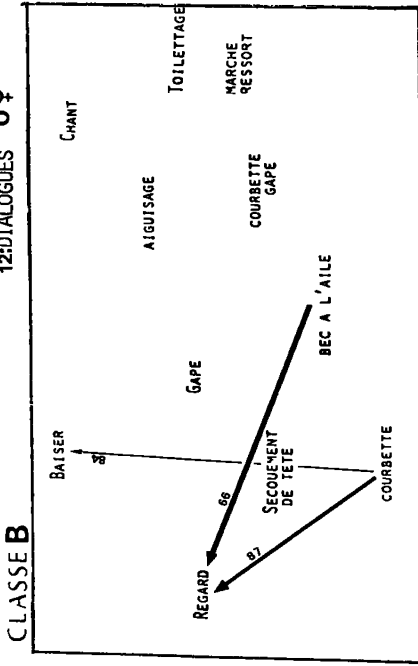
Quelquefois la trop grande proximité des becs provoque un aiguillage B-Aig (cf. diagramme 22) que le mâle cherche à calmer par une nouvelle succession LX : (AIG + L : 14) ceci intervient également lors d'un atterrissage de la femelle trop proche du mâle (ATT → AIG : diagramme 12). A noter que le mâle est ici 2 fois plus actif que la femelle.

C : Séquences agressives. Au niveau C la femelle est 3 fois plus active que le mâle. Ceci intervient encore pour souligner l'importance des invitations du mâle au niveau B. Agressivité donc à ce niveau (G, H) : mais surtout du fait des femelles.

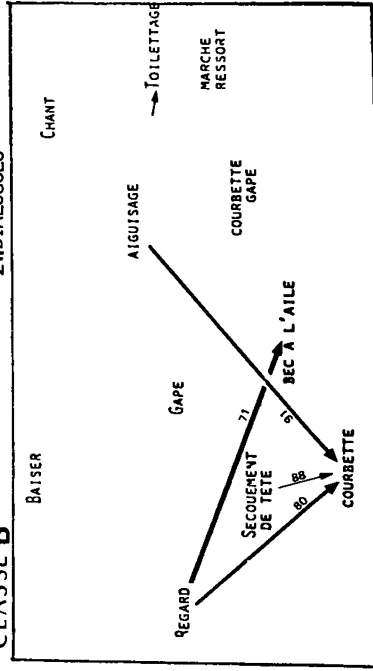
Le mâle accompagne la femelle dans une alternance de Gape ou bien provoque l'aiguillage. La femelle ne se déplace plus. Pour elle il y a conflit entre l'attirance vers le mâle et la crainte de sa proximité et ceci ne peut plus être résolu par l'éloignement : c'est l'aiguillage qui apparaît donc comme un exutoire à l'agressivité.

D : On trouve les trois attitudes caractéristiques des couples constitués : chant (C), toilettage (T) et aiguillage (H) ; avec des contributions très fortes et un taux d'utilisation très élevé ; C est associé soit à T soit à H. Il n'y a pas de paires CT22 : la femelle ne toilette qu'après une invitation du mâle (CT12 donc).

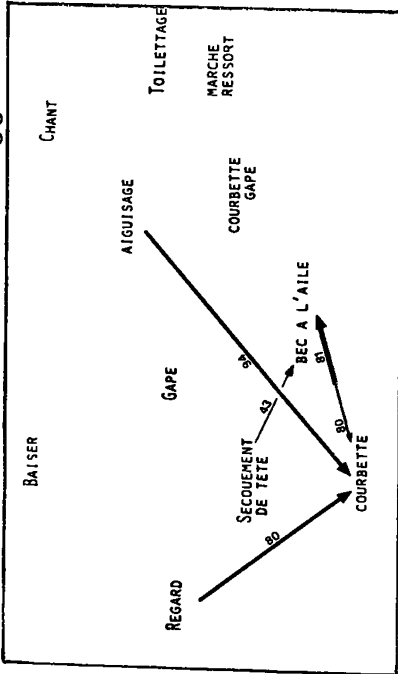
12: DIALOGUES ♂♀



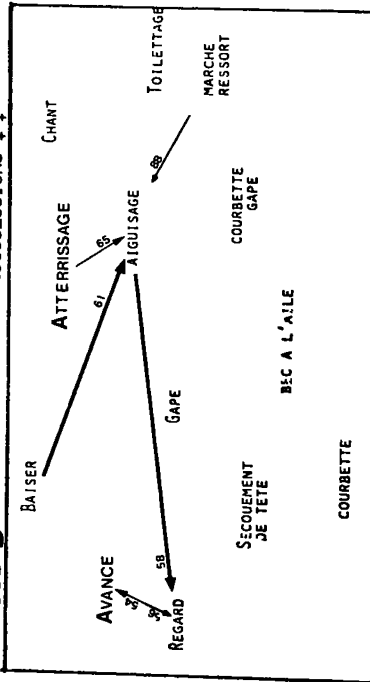
21: DIALOGUES ♀♂



11: SUCCESIONS ♂♂



22: SUCCESIONS ♀♀



$3\% < CTR_{lm} < 5\%$ ———
 $5\% < CTR_{lm} < 10\%$ ———
 $10\% < CTR_{lm}$ ———

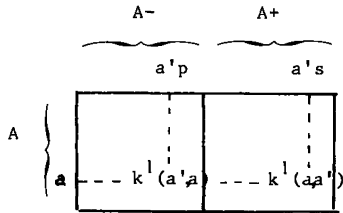
p_{lm}^q : fréq. relative d'apparition de la cooccurrence lm dans la classe q
 $\Sigma\{p_{lm}^q | q \in Q\} = 100$
 CTR_{lm} : contr. relative de la cooccurrence lm à l'isolement de la classe (lm : paire j)
 $\Sigma\{CTR_j | j \in J\} = 100$

l ——— m
 p_{lm}^q

4 La matrice de consécuitivité

4.1 Définition de la matrice : Dans les tableaux analysés précédemment, l'ensemble I des lignes est l'ensemble des séquences ou des rôles ; dans la matrice de consécuitivité, lignes et colonnes correspondent chacune à une attitude, celle-ci étant considérée soit comme un signe émis par un oiseau de l'un des deux sexes, soit comme un contexte émanant du même oiseau ou de l'autre.

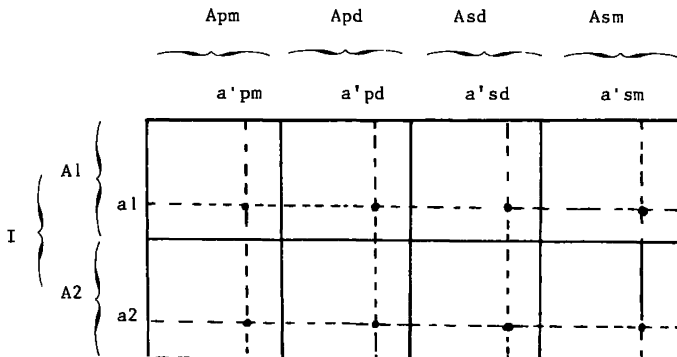
Rappelons d'abord (cf. [PRAT. LING.], pp 459 sqq ou [PRAT. LIN.] in *Cahiers* Vol V n° 4 pp 481-491) ce qu'est la matrice de consécuitivité associée à une séquence indéfinie, ou à un ensemble de séquences formées d'éléments d'un lexique A. On construit d'abord le tableau de correspondance k^1 sur A : $k^1(a, a')$ = nombre de fois qu'on a trouvé l'élément a immédiatement suivi de l'élément a' ; mais d'ordinaire, on n'analyse pas le tableau k^1 lui-même, mais plutôt le tableau obtenu en juxtaposant k^1 et son transposé suivant le schéma ci-dessous :



ainsi une ligne recense tous les contextes de a, c'est-à-dire à la fois les éléments qui précèdent a et ceux qui le suivent : i. e.

$k(a, a'p) = k^1(a', a) =$ nombre de fois que a' précède a ; et $k(a, a's) = k^1(a, a')$ = nombre de fois que a' suit a.

Dans le cas présent il s'agit d'un dialogue entre animaux de sexes différents : chaque élément a fournit donc deux lignes a1, a2 selon qu'on le considère comme issu d'animaux de l'un ou de l'autre sexe ; et dans le dénombrement des contextes, chaque élément a' peut être soit antérieur (a'p) soit postérieur ((a's), et de plus soit émis par le même animal (a'pm, a'sm) soit par l'autre (a'pd, a'sd : où d signifie dialogue). On aboutit aussi à un tableau k en 8 blocs (en tenant compte des attitudes *simultanées*, on aurait même un tableau en 10 blocs).



Répétons pour plus de clarté la définition de quelques uns des nombres inscrits dans ce tableau :

$k(a1, a'pd)$ = nombre de fois que sur l'ensemble des séquences observées, l'attitude a du mâle a été immédiatement précédée de l'attitude a' de l'autre oiseau (d), c'est-à-dire d'une femelle.

$k(a2, a'sm)$ = nombre de fois que l'attitude a de la femelle a été suivie (s) de l'attitude a' du même oiseau (m).

On remarquera les égalités :

$$k(a1, a'pm) = k(a'1, asm) ; k(a2, a'pm) = k(a'2, asm) ;$$

$$k(a1, a'pd) = k(a'2, asd) ; k(a2, a'pd) = k(a'1, asd) ;$$

égalités qui expriment que les blocs vont par paire de tableaux transposés l'un de l'autre :

$$(A1 \times Apm) \text{ avec } (A1 \times Asm) ; (A2 \times Apm) \text{ avec } (A2 \times Asm) ;$$

$$(A1 \times Apd) \text{ avec } (A2 \times Asd) ; (A2 \times Apd) \text{ avec } (A1 \times Asd) .$$

L'analyse montre que dans la présente étude les blocs de colonnes Apm et Asm (contextes fournis par le même animal) n'apportent que peu d'information, car les successions d'attitudes identiques (éléments diagonaux des tableaux carrés correspondent) y ont un poids prédominant. C'est pourquoi tant pour l'analyse factorielle que pour la C.A.H., nous ne considérons ici que le tableau à 4 blocs $(A1 \cup A2) \times (Apd \cup Asd)$, en omettant dans le texte et sur les graphiques l'indice d, puisqu'il s'agit toujours de contextes fournis par l'autre animal (dialogue). De l'ensemble A des attitudes, on n'a conservé ici que 11 attitudes principales d'où un tableau 22×22 .

4.2 Résultats de l'analyse de correspondance

4.2.0 Résultats globaux : Les valeurs propres, très différenciées 0.35, 0.098, 0.033, 0.020, 0.019 reflètent la très grande particularité des attitudes qui contribuent à former le premier axe. Quatre axes fournissent 82% de l'inertie totale et le premier axe 60% à lui seul.

On constate très peu de différences entre les marges des attitudes considérées comme appel ou réponse : L, S, R interviennent globalement, plutôt comme réponses, X comme appel, les différences entre sexes répètent ce qu'on a déjà vu. A noter l'égalité appel + réponse = mâle + femelle pour chaque attitude : en effet une attitude ne peut intervenir en fréquence différemment comme appel et réponse ou comme attitude sexuée dans le dialogue.

marges	BAISER (B)	EBROUEMENT(E)	GAPE (G)	AIGUISAGE (H)	COURBETTE GAPE (J)	COURBETTE (L)	ELOIGNE (N)	REGARD (R)	SECOUEMENT DE TETE (S)	BEC A L'AILLE (X)	AVANCE (1)
Appel	18	3	49	109	15	19	5	127	36	106	13
Réponse	18	2	49	105	16	30	6	135	46	80	12
Mâle	15	4	31	109	12	39	1	109	51	126	9
Femelle	21	1	67	106	20	10	9	153	31	61	15

4.2.1 Le premier axe : Cet axe nous fournit encore une fois une bonne échelle de niveau de la parade : Regard, Bec à l'aile et attitudes associées dominent la partie négative, et les points les plus excentriques : Eloignement, Ebrouement attestent le bas niveau de la parade représentée dans cette partie de l'axe.

En progressant vers l'extrémité positive, on trouve le Gape puis le Baiser et enfin l'Aiguillage (chant et toilette étant en supplémentaire).

4.2.2 Le deuxième axe : L'axe 2 oppose des attitudes et des contextes fortement sexués : toutes les attitudes sans exception se répartissent de chaque côté de l'origine suivant le sexe. Cette rigoureuse répartition, et le principe de correspondance entre lignes et colonnes du tableau analysé nous permet d'attribuer un sexe aux variables de contextes lorsqu'elles sont bien présentées sur cet axe.

Donc, en correspondance aux attitudes femelles apparaissent des contextes mâles : bec à l'aile (P,S), secouement de tête (S) et courbette (S).

On connaît déjà très bien ce groupe d'attitudes L (courbette) S (secouement de tête) X (bec à l'aile) spécifiques du mâle. On souligne seulement ici le fait que c'est le bec à l'aile (X) qui commande la réponse de la femelle : le seul appel est constitué par Xp.

La femelle attend que le bec du mâle soit détourné, pour répondre. Alors que le mâle, plus motivé agit indépendamment de la femelle en utilisant S, L, X même pendant une attitude de la femelle (S, L, X figurent ici en tant que réponse) : le schéma suivant résume tout ceci.

Femelle	:	L	S	X	G	B (BAISER)
Mâle	:	Ls	Ss	Xs	.	Xp

Mises à part "R2" (Regard de la femelle), "AVAN2" et "H2" (Aiguillage de la femelle) toutes les attitudes de la femelle sont attribuées à ce contexte mâle. Ceci traduit le fait qu'en dehors des appels ou réponses à des "regards", "avance", "aiguillage", le mâle fournit principalement à la femelle le contexte LSX.

Dans la partie positive de l'axe 2 sont représentés les contextes femelles les plus homogènes et correspondant aux attitudes mâles, les plus fréquentes dans ces contextes.

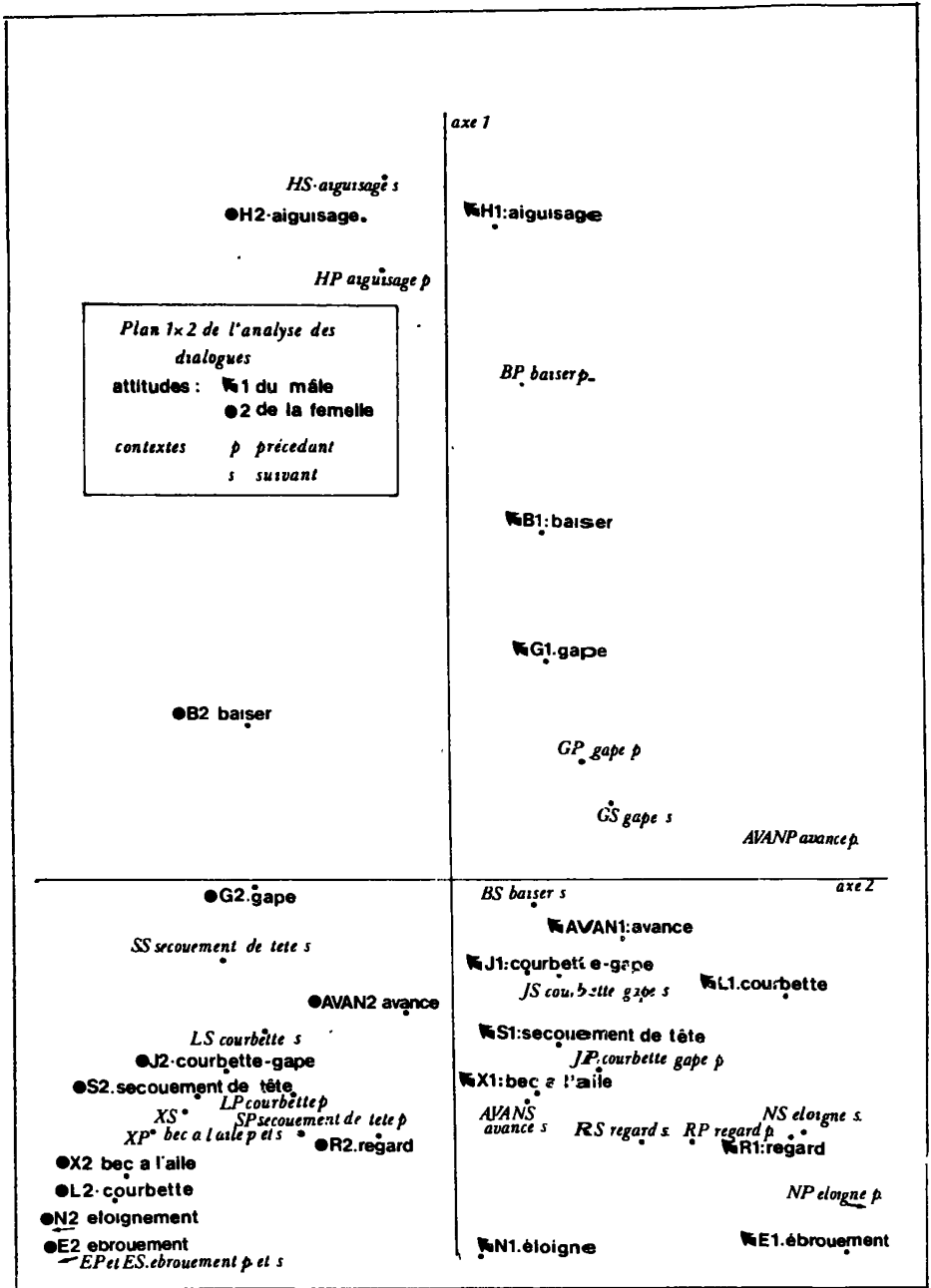
Les contextes femelles qui contribuent le plus fortement à cette partie de l'axe 2 sont largement dominées par le Regard : Regard P, Regard S.

Soulignons ici seulement 2 constatations.

La position du *Regard de la femelle* au centre de l'axe 2 traduit bien le fait qu'elle apparaît autant dans un contexte : *courbette*, *bec à l'aile* du mâle placé dans la partie négative que dans un contexte *de regard* placé dans la partie positive.

La position de *Regard du mâle* et sa forte contribution traduit au contraire que le regard du mâle n'apparaît que dans un contexte de *Regard de la femelle*.

Le plan (1,2) éclaire également les différences entre *courbette* et *secouement de tête* : en effet *courbette* est ici représentée proche du Regard et *secouement de tête* à proximité du bec à l'aile.



<p>●E2:ébrouement</p> <p>Plan 2x3 de l'analyse des dialogues</p> <p>attitudes: ●1 du mâle ●2 de la femelle</p> <p>contextes p précédant s suivant</p>	<p>●X^c:bec à l'aile</p> <p>ES^cébrouement s</p> <p>●L2:courbette•</p> <p>●N2^c:éloigne</p> <p>●S2 secouement de tête • EP ébrouement p</p> <p>●B2 baiser •</p> <p>●R2:regard</p>	<p>●XS bec a l'aile s.</p> <p>●J2:courbette-gape</p> <p>XP bec à l'aile p</p> <p>●G2: gape •</p> <p>●S2^csecouement de tête • LP courbette p</p> <p>●B2 baiser •</p> <p>●L2 courbette s</p> <p>●AVAN2: avance •</p> <p>●R2: regard</p>	<p>axe 3</p> <p>NS éloigne s • NP éloigne p</p> <p>●E1:ébrouement</p> <p>●J1:courbette bec ouvert</p> <p>●X1:bec à l'aile</p> <p>JS courbette-bec ouvert s</p> <p>JP courbette-bec ouvert p</p> <p>BS baiser s ●G1:gape</p> <p>AVANS^cavance s. GS gape s</p> <p>●N1:éloigne GP gape p</p> <p>●L1:courbette</p>	<p>BP baiser p</p> <p>●B1:baiser</p> <p>●S1:secouement de tête</p> <p>●H1:aiguillage</p> <p>●AVAN1 avance</p> <p>axe 2</p>	<p>RS regard s.</p> <p>●R1:regard</p> <p>RP regard p</p>
---	---	--	---	--	--

A priori la courbette (L) et le secouement de tête (S1) sont tous deux des mouvements amples et brusques et tous les deux apparaissent comme des préliminaires au "bec à l'aile" : véritables signaux visuels, ils forcent l'attention du partenaire. Ici les proximités de L1 et R1 d'une part et S1 et X1 d'autre part confirment l'interprétation suivante : pour le secouement de tête, le bec reste toujours face au partenaire. Pour la courbette, la tête est rejetée en arrière et la gorge est découverte. Cela suppose une confiance plus grande. Ce serait pour cette raison qu'on la voit plutôt, intervenir dans un contexte de regard, à un stade légèrement plus avancé que celui des "échanges de bec à l'aile".

4.2.3 Le troisième axe : L'axe 3 rend compte de situations de début de parades ou l'aiguillage ne joue encore aucun rôle.

Il discrimine des points de la partie négative de l'axe 2 : attitudes caractérisant les mâles et contextes associés des femelles.

Dans la partie négative apparaît encore une fois le Regard sous toutes les formes : Regard 2, Regard P, Regard S, il est ici seulement accompagné de AVANCE : AVANCE 2 et AVAN S la conjonction de ces attitudes met en évidence des aspects favorables de début de parades : les deux partenaires échangent des regards et marchent l'un vers l'autre : premiers contacts donc d'oiseaux faisant preuve de motivation.

Dans la partie positive sortent des situations de tension plutôt défavorable.

Loin sur l'axe, à cause de leur faible poids Eloigne S, ELOIGN.P s'associent à Ebrouement 1 : on retrouve ici une situation de fin de séquence. La dernière situation mise en évidence ici est centrée sur le bec à l'aile du mâle suivie des Gapes de la femelle. Elle correspond aux tentatives effectuées par le mâle pour calmer la parade et inviter la femelle à poursuivre le dialogue.

Ces deux dernières situations traduisent donc la proximité de la rupture : ce fragile dialogue est rompu par la femelle. Les réponses agressives aux recherches de contact du mâle ne suffisent plus : elle s'éloigne et s'envole.

Les axes 4 et 5 rapportent des situations bloquées par des échanges de Gape ou Courbette Gape, ou des situations de progressions où l'on parvient au baiser.

4.3 Classification des séquences d'après la matrice de consécuité

4.3.1 Représentation spatiale et C.A.H. : Le comptage des cooccurrences observées pendant chacune des séquences peut se mettre sous la forme d'un tableau en quatre blocs K^S , analogue au tableau K construit au § 4.1 pour l'ensemble des séquences.

Pour classer les séquences s on a adjoint en supplémentaire au tableau K, la ligne de marge de chacun des tableaux K_s . Ainsi chaque séquence est placée dans l'espace des facteurs issus du tableau K, au barycentre des éléments de APuAS qui ont fourni les contextes les plus fréquents à chacun des deux partenaires au cours de la séquence s. (Une construction analogue peut être faite d'après les tableaux en 8 blocs ; cf. § 4.1 ; nous n'en parlerons pas en détail puisqu'elle fournit des résultats quasi-identiques).

On a effectué une classification ascendante hiérarchique des séquences d'après les 5 premiers facteurs calculés comme on vient de le dire. Nous avons retenu une partition en 5 classes (numérotées de 1 à 5) qui s'interprète en confirmant globalement les 4 stades ABCD trouvés à partir de l'analyse globale. Comme on le voit sur le tableau de croisement ci-dessous, seule 1 classe (4) prise sur les classes B et C distingue les 2 partitions. Nous nous bornerons donc à interpréter cette classe.

Classes issues des matrices de consécuitivité en 4 blocs

		1	2	3	4	5
Classes du § 3.3	A	16	5	0	1	0
	B	8	27	6	18	1
	C	0	7	14	9	1
	D	2	0	1	2	6

Tableau de croisement des deux partitions retenues

4.3.2 Interprétation de la classe 4 définie d'après la matrice de

consécuitivité : L'utilisation de l'aiguisage est ici dominante, souvent précédée du Baiser. La liaison Baiser-Aiguisage est ici dominante et porte sous tous les aspects. Le toilettage figure dans sa liaison avec l'aiguisage annonçant les contacts physiques du stade le plus élevé.

La "marche-ressort" apparaît également liée à l'aiguisage sous tous les aspects. La Queue étalée (ne figurant pas sur les graphiques) très corrélée à la marche ressort apparaît également pour 2 séquences sur 3 de ce groupe.

Le Gape est pratiquement absent, mais par contre on constate l'utilisation de : Regard, Courbette, Secouement de tête, Bec à l'aile.

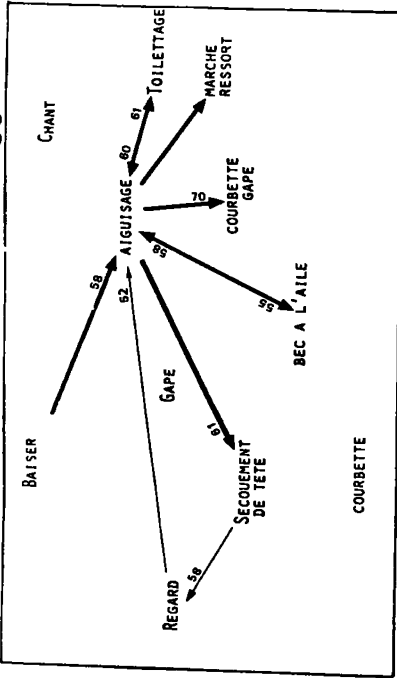
Peu déterminant dans les autres classes, le Baiser joue ici un rôle important : il assure la transition entre des attitudes de niveau élémentaire : Bec à l'aile, Regard ; et des attitudes de niveau élevé : Aiguisage, Toilettage. A noter que c'est principalement dans cette classe qu'ont lieu les vols nuptiaux.

Il peut donc s'agir à notre avis, soit d'oiseaux se connaissant qui reprennent une parade et parviennent très vite à l'aiguisage et au toilettage sans transition agressive soit de partenaires paradant à un niveau supérieur à ce qu'ils pratiquent habituellement.

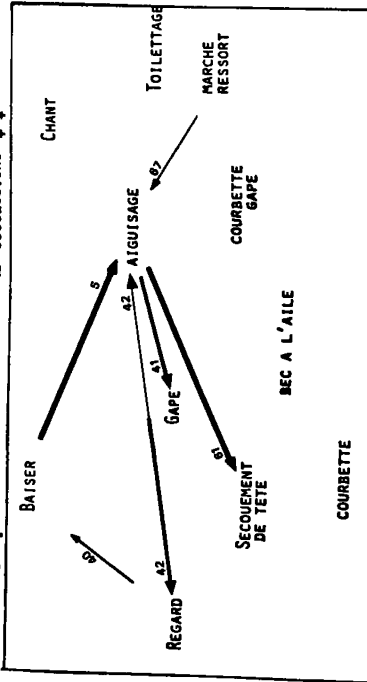
4.3.3 Examen des courbes de fréquence de chaque attitude sur les 5 niveaux de La CAH : La progression mise en évidence est parfaitement représentée par l'aiguisage qui croît régulièrement jusqu'au stade 5 où il est maximum avec le toilettage et le chant.

De façon inverse le Bec à l'aile, le Secouement de tête et la Courbette diminuent régulièrement et ceci confirme ce rôle d'invitation et d'apaisement du bec à l'aile dont la nécessité se fait

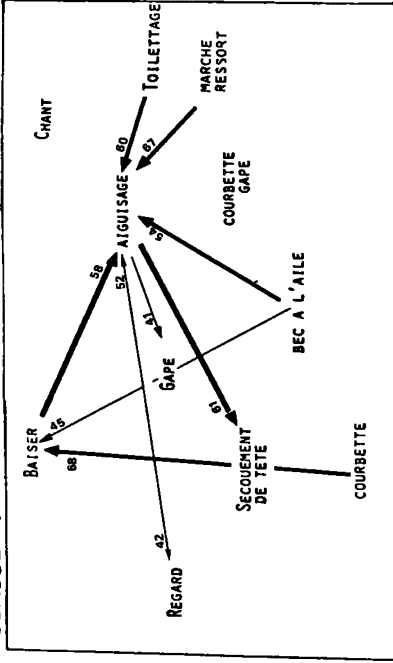
CLASSE 4 a SUCCESIONS ♂♂



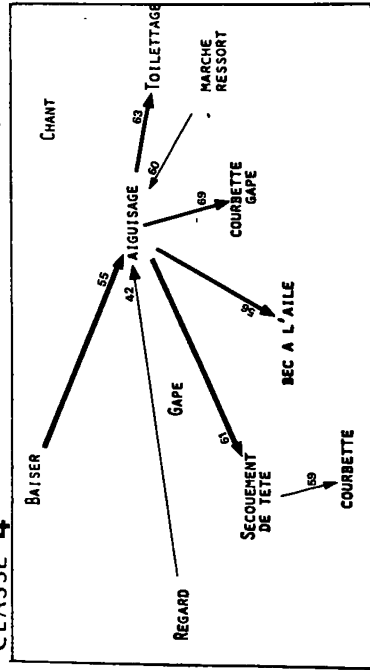
CLASSE 4 b SUCCESIONS ♀♀



CLASSE 4 c DIALOGUES ♂♀



CLASSE 4 d DIALOGUES ♀♂



p_{lm}^q : frég. relative d'apparition de la cooccurrence lm dans la classe q
 $\Sigma\{p_{lm}^q | q \in Q\} = 100$
 CTR_{lm} : contr. relative de la cooccurrence lm à l'isolement de la classe (lm : paire j)
 $\Sigma\{CTR_j | j \in J\} = 100$

$3\% < CTR_{lm} < 5\%$ ———
 $5\% < CTR_{lm} < 10\%$ ———
 $10\% < CTR_{lm}$ ———

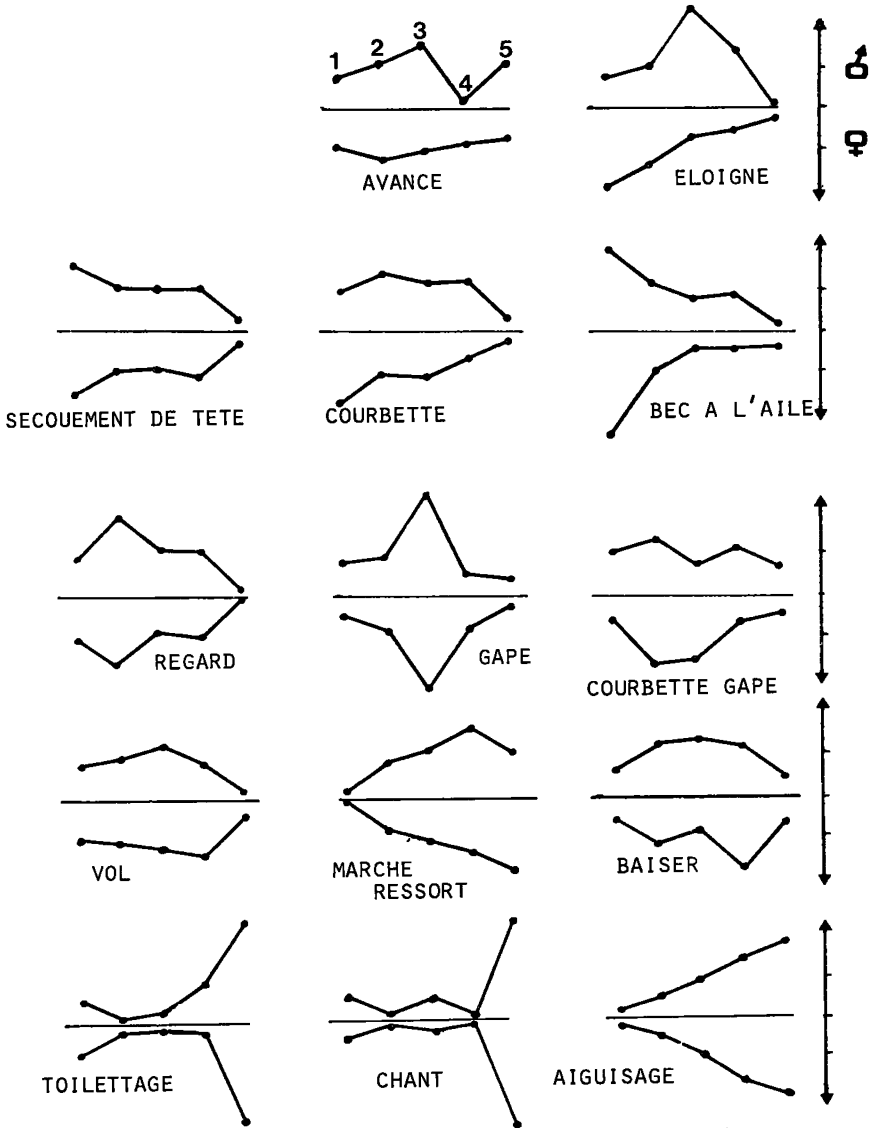


FIGURE : Repartition des frequences de chaque attitude sur les niveaux de l'analyse des dialogues

décroissante au fur et à mesure de la constitution du couple.

On pourrait constater les différences entre Courbette et Secouement de tête Gape et Courbette-Gape. Les maxima de Baiser au groupe 4 mais ce sont là des détails.

5 Conclusions et perspectives : Les dialogues de gestes, offrent matière à de très nombreux traitements statistiques. Nous n'en avons effectué que quelques-uns. Mais il nous paraît que par le jeu d'éclairages différents, nos analyses successives ont peu à peu révélé de façon concordante la structure complexe des parades.

On peut se demander la raison d'une telle complexité ? Rapportons ici la réponse de Pierre Jouventin : "Les autres oiseaux parviennent à se mettre en couple bien plus rapidement et simplement. La fidélité exceptionnelle des albatros et en particulier de *Phoebetria fusca* (Jouventin et Weimerskirch, *in prep.*) semble jouer un rôle dans ces "fiançailles" interminables. Mais cet argument ne paraît pas suffisant pour expliquer cette fantaisie de la nature. En effet, d'autres espèces à peine moins fidèles forment leurs couples facilement. Il faut cependant noter que les couples ont alors peu de risques d'être disjoints car les partenaires reviennent chaque année au même nid. Mais chez *Phoebetria fusca*, la reproduction n'est pas annuelle. Lorsque le poussin est élevé avec succès, les parents ne reviendront que deux ans plus tard (Jouventin et Weimerskirch, *in prep.*) et ils auront alors peu de chance de récupérer leur ancien nid. Aussi constate-t-on que les albatros fuligineux à dos sombre y sont peu fidèles : ils reviennent dans le même secteur de la colonie, cherchent leur partenaire et s'installent sur un nid libre.

Il semble que ce soit la conjonction unique d'une fidélité exceptionnelle au conjoint et d'une absence de fidélité au nid qui soit la cause de la complexité de cette parade nuptiale. La danse de *Phoebetria fusca* semble constituer la solution à ce paradoxe : une barrière très difficile à franchir se dresse entre les congénères, elle évite les divorces mais doit pourtant être levée au moins une fois pour permettre le rapprochement des futurs conjoints. C'est le rôle de cette danse extraordinaire que d'ouvrir une brèche dans cette barrière.

Une autre espèce dont nous avons maintenant relevé des observations : l'albatros hurleur mériterait de subir un traitement analogue qui s'annonce d'autant plus riche que les séquences sont plus longues et plus nombreuses et que les couples sont tous identifiés. C'est dire que nous connaissons parfaitement l'histoire de leur évolution et que l'interprétation biologique de toutes les analyses poserait alors moins de problème que pour les fuligineux.

Ainsi donc si le temps et les motivations ne nous manquent pas, et si l'équipage ne se disperse pas, nous passerons encore au crible de l'analyse des données, les moeurs étranges et complexes d'une autre espèce de "princes des nuées".