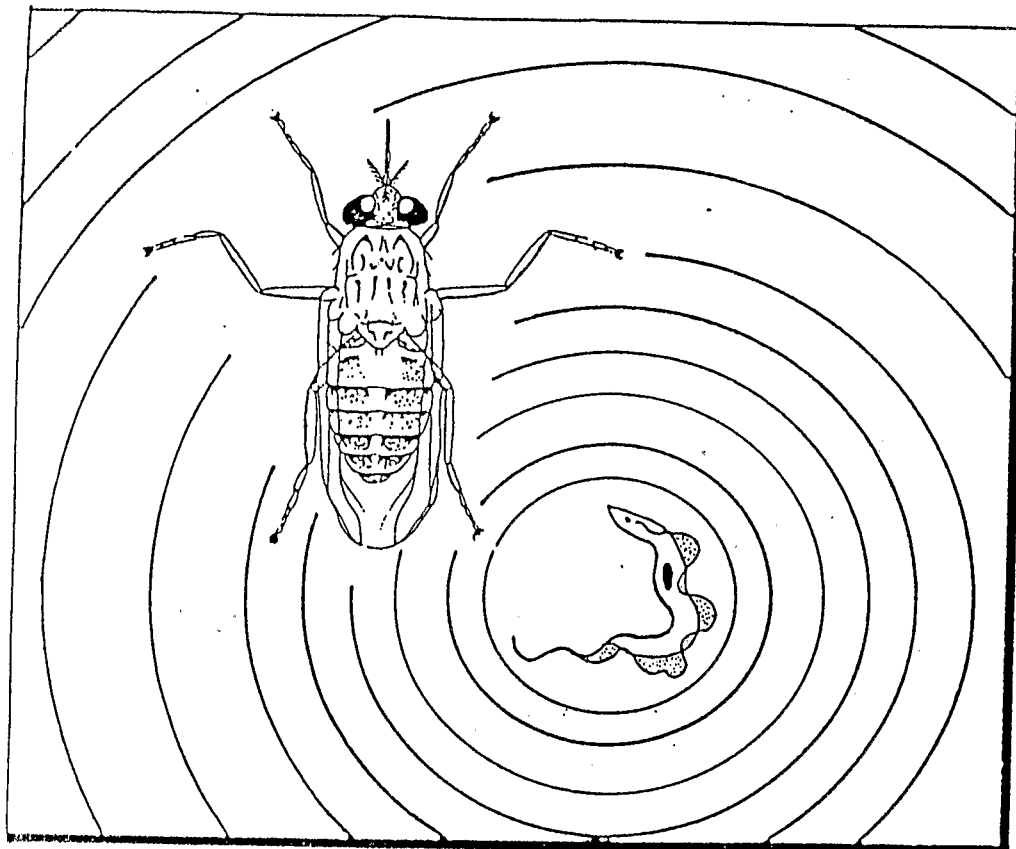


O. R. S. T. O. M.

Institut Français de Recherche Scientifique
pour le Développement en Coopération



service

ENTOMOLOGIE MEDICALE
&
PARASITOLOGIE

N° ENT/MED102/84

du 20-11-84

ANALYSE STATISTIQUE DES
EXPERIENCES EN CARRÉS LATINS
DE TAILLE 4, 5 ou 6

ANALYSE DE VARIANCE
TEST D'ADDITIVITÉ DE TUKEY

PROGRAMMES REALISABLES SUR
HEWLETT-PACKARD 41
(x Fonctions, x mémoires)

par

Jean-Paul GOUTEUX



ORSTOM

Centre de Brazzaville, B.P. 181

République Populaire du Congo

B 287 11

INTRODUCTION

La carré latin est un dispositif expérimental important en entomologie et en agronomie, mais qui est également très utilisé en recherche médicale, vétérinaire ou écologique. Au Centre O.R.S.T.O.M. de Brazzaville ce protocole est utilisé pour la comparaison de différents modèles de pièges pour la capture des tsétsés et pour évaluer les effets attractifs ou répulsifs de diverses substances et odeurs.

Le principe en est l'essai de p traitements en p^2 combinaison en p lignes et p colonnes, chaque traitement étant présent une fois dans chaque ligne et une fois dans chaque colonne. On aura par exemple pour les traitements A, B et C le schéma suivant :

A	B	C
C	A	B
B	C	A

Ce rapport propose un programme pour l'analyse des expériences en Carrés latins, utilisable sur calculatrices programmables HEWLETT-PACKARD 41 (CX, CV ou C équipée de quatre modules mémoires et des modules x fonctions et x mémoires).

Le programme proposé analyse la variance d'un carré latin de taille 4, 5 ou 6 et test l'absence d'interaction entre les trois facteurs (ligne, colonne, traitement) selon le modèle de Tukey (1955). Il utilise les données stockées en mémoire d'extension. Un programme accessoire permet un chargement rapide et définitif de ces données, ainsi que leur sortie sous forme synoptique.

Les problèmes de l'analyse de variance

Ces programmes complètent donc un programme précédent qui permet de tester la normalité des données pour l'étude de la liaison moyenne-variance (Gouteux et Dagnogo, 1982). Les conditions de normalité sont en effet rarement satisfaites en entomologie où l'on observe le plus souvent des distributions dans l'espace et dans le temps de type agrégatives. L'analyse de variance requiert donc une transformation des données dans la plupart des cas. De plus, les différents facteurs de l'environnement (climat, vent, emplacement) et les traitements sont toujours susceptibles d'inter-agir entre eux. Ces interactions peuvent conduire à des conclusions erronées. Le Test de Tukey permet d'évaluer ces interactions et de décider si les résultats expérimentaux sont utilisables pour l'analyse de variance.

Le programme prévoit donc deux possibilités de transformation : logarithmique et élévation à une puissance. Il est à noter qu'une transformation normalisante supprime généralement les phénomènes d'interactions, comme nous l'avons constaté.

1- PROGRAMME DE CHARGEMENT EN MÉMOIRE D'EXTENSION : CL

Ce programme crée un fichier de données, nommé par l'utilisateur. Il permet en outre de le sortir (sur l'imprimante) sous forme pratique, ainsi que de sortir n'importe quel fichier de données, déjà en mémoire d'extension.

Un fichier nommé est éliminé de la mémoire en exécutant "PURFL".

1.1. Utilisation.

- Appel du programme XEQ "CL". Le calculateur affiche "TAILLE ?", indiquant s'il s'agit d'un carré de taille 4, 5 ou 6. Le calculateur affiche alors "ENTRER XIJK". Rentrer les données ligne par ligne en appuyant sur la touche A pour le traitement n° 1, B pour le n° 2, C pour le n° 3 etc... A chaque entrée, le calculateur émet un signal sonore, excepté pour la dernière donnée, ce qui permet de s'assurer que le chargement est bien effectué.
- Faire XEQ "STO" pour l'enregistrer en mémoire d'extension. Le calculateur demande alors le nom.
- Pour sortir ce fichier sur l'imprimante faire XEQ "SOR".
- Pour sortir n'importe quel fichier en mémoire d'extension faire XEQ "SOR ?". Le calculateur demande la taille "TAILLE ?" et le nom "NOM ?" du fichier à sortir.

1-2- Exemple :

Les fichiers sortent de la façon suivante :

D4
D4
0D 1B 9A 2C
2C 4D 1B 7A
4A 3C 7D 1B
1B 3A 1C 5D

D5
194B 369D 344C 388A
693E
282D 142B 288A 356E
473C
335C 381A 439E 338B
528D
515E 598C 552B 677D
546A
184A 421E 355D 284C
366B

D6
287B 284E 254D 387C
386A 389F
314F 381C 274B 268E
298D 298A
294D 297F 384A 220B
241E 329C
296A 218B 225E 388F
386C 285D
258C 219D 231F 243A
287B 177E
181E 236A 225C 282D
237F 189B

2- PROGRAMME D'ANALYSE : VT

Ce programme réalise l'analyse de variance et le test de Tukey à partir d'un fichier en mémoire d'extension.

Les notions générales sur les carrés latins se trouvent dans tous les manuels de statistique. Nous renvoyons également à un rapport précédent (Gouteux 1979). Les formules utilisées se trouvent dans les rapports de Gouteux et Dagnogo (1982) et de Chaize (1982).

2-1- Choix d'une transformation.

L'analyse et le test de Tukey peuvent être réalisés avec ou sans transformation.

- Pour une transformation logarithmique

de type $Y \cdot \text{LOG } X + 1$

activer le flag O1.

- Pour une transformation puissance

de type $X \text{ Puissance } Y \quad (X+1)^Y$

activer le flag O2.

Le calculateur permet, dans le premier cas, le choix de la constante Y qui rétablit l'ordre de grandeur des données et dans le deuxième cas, le choix du coefficient Y auquel sont élevées les données (0,5 pour la racine carrée).

2-2- Utilisation

Appel du programme par XEQ "V T". Le calculateur demande la taille du carré "TAILLE ?", puis le nom du fichier "NOM ?"

Sortie des résultats :

Le calculateur sort les totaux des traitements "TOTAL", la somme des carrés des écarts des traitements "SCE PIEGE", des lignes "SCE LIEUX", des colonnes "SCE JOUR" les ratio F des traitements, ligne, colonne (degrés de liberté : taille 4 = F3-6 ; taille 5 = F 4-12 ; taille 6 = F5-20) ; la variance de non additivité "VAR NON ADD" et le test F avec les degrés de liberté.

Le temps de calcul pour un carré de taille 4 est de 3' 43" et de 7' 12"
pour un carré de taille 6.

2-3- Exemple :

Les résultats pour les carrés D6, D5 et D4 sont les suivants :

Références : D6 DAGNELIE, 1975

D5 ABRAHAM, 1960

D4 GOUTEUX et DAGNOGO, 1982.

D6
TOTAL
1603A
1395B
1726C
1552D
1376E
1688F
SCE PIEGE = 19935,667
SCE LIEU = 1481,333
SCE JOUR = 37811,333

F PIEGE = 13,792
F LIEU = 1,025
F JOUR = 26,159
VAR NON ADD = 542,908
F 1-19 = 1,969

D6
TRANS Y.LOGX+1
Y = 10,000

TOTAL
147A
142B
147C
145D
141E
147F
SCE PIEGE = 6,029
SCE LIEU = 0,318
SCE JOUR = 11,463

F PIEGE = 12,924
F LIEU = 0,682
F JOUR = 24,573
VAR NON ADD = 0,489
F 1-19 = 5,326

D5
TOTAL
1611A
1592B
2026C
2131D
2424E
SCE PIEGE = 101213,360
SCE LIEU = 145491,760
SCE JOUR = 262835,760
F PIEGE = 6,840
F LIEU = 9,833
F JOUR = 17,763
VAR NON ADD = 160,663
F 1-11 = 0,040

D4
TRANS X+Y
Y = -0,102

TOTAL
3A
4B
4C
3D
SCE PIEGE = 0,022
SCE LIEU = 0,007
SCE JOUR = 0,004

F PIEGE = 2,643
F LIEU = 0,869
F JOUR = 0,477
VAR NON ADD = 0,003
F 1-5 = 1,045

D4
TOTAL
23A
4B
8C
16D
SCE PIEGE = 53,608
SCE LIEU = 17,188
SCE JOUR = 3,608
F PIEGE = 3,594
F LIEU = 1,151
F JOUR = 0,247
VAR NON ADD = 22,000
F 1-5 = 14,184

D4
TRANS Y.LOGX+1
Y = 10,000

TOTAL
32A
12B
19C
24D
SCE PIEGE = 53,600
SCE LIEU = 16,926
SCE JOUR = 0,625

F PIEGE = 2,793
F LIEU = 0,882
F JOUR = 0,450
VAR NON ADD = 0,850
F 1-5 = 1,499

3- REMARQUE EN GUISE DE CONCLUSION

Le but de ce rapport est donc uniquement de permettre l'analyse de variance de carrés latins. Cependant il faut noter, comme l'a souligné Chaize (1982) que les phénomènes d'interaction sont riches d'enseignements pour l'éthologie de l'insecte par exemple, tout comme les caractéristiques des distributions et leur non-normalité. Ils devraient donc être également analysés et interprétés.

B I B L I O G R A P H I E
=====

ABRAHAM (J.K.), 1960.- 154 NOTE: On an Alternative Method of Computing Tukey's statistic for the Latin Square Model.

Biometrics, 16 : 686-691.

CHAIZE (J.), 1982.- Mode de calcul de la variance d'interaction dans les blocs complets sans répétition et les carrés latins. Test de Tukey.

O.C.C.G.E. Information n° 80 : 33-40.

DAGNELIE (P.), 1975.- Théorie et méthodes statistiques. Vol. 2 page 201.

Les Presses agronomiques de Gembloux. Vander-Oyez. Bruxelles.

GOUTEUX (J.P.), 1979.- Analyse de la variance de carrés latins : Programmes réalisables sur HP 19/29 et 67/97.

Doc. multigraphié ORSTOM-OCCGE, N° 7.230/79 DOC.TECH.

GOUTEUX (J.P.) et DAGNOGO (M.), 1982.- Analyse statistique des expériences en carré latin.

Programme réalisable sur Hewlett-Packard 41.

Doc. multigraphié ORSTOM-OCCGE, N° 50/IRTO/RAP/82.

LISTAGE DU PROGRAMME

VT

01+LBL "VT"	61 STO IND 63	121 XEQ 10	181+LBL 12
02 CF 00	62 ST+ IND 62	122 ISG 62	182 ST/ IND Y
03 65	63 ST+ 00	123 GTO 11	183 ISG Y
04 STO 57	64 ST+ IND 65	124 GTO "S"	184 GTO 12
05 SIZE?	65 ST+ 67	125+LBL 10	185+LBL "T"
06 120	66 X+2	126 1	186 RCL 00
07 X+Y?	67 ST+ 74	127 ST+ 64	187 RCL 58
08 PSIZE	68 1	128 RTH	188 X+2
09 CLRG	69 ST+ 63	129+LBL "S"	189 /
10 "TAILLE ?"	70 0	130 RCL 58	190 2
11 PROMPT	71 STO 68	131 ST/ 70	191 *
12 STO 58	72 ISG 65	132 ST/ 71	192 STO 64
13+LBL "TT"	73 GTO 01	133 ST/ 72	193 RCL 58
14 XEQ "TK"	74 RCL 66	134 RCL 76	194 2
15 "NOM?"	75 STO 65	135 ST- 70	195 *
16 BEEP	76 RCL 67	136 ST- 71	196 1
17 PROMPT	77 STO IND 64	137 ST- 72	197 -
18 AVIEW	78 0	138 ST- 74	198 STO 63
19 0	79 STO 67	139 RCL 70	199 0
20 SEEKPTA	80 ISG 64	140 RCL 71	200 SEEKPT
21 RCL 55	81 GTO 01	141 RCL 72	201 STO 62
22 GETRX	82 FS? 03	142 +	202 00
23+LBL "CHR"	83 RTH	143 +	203 STO 61
24 XEQ "TK"	84 FC? 00	144 RCL 74	204 RCL 68
25 0	85 XEQ "TOT"	145 -	205 STO 65
26 SEEKPTA	86 GTO "AV"	146 CHS	206+LBL 13
27 FS? 01	87+LBL 08	147 STO 73	207 RCL IND 65
28 XEQ "T1"	88 1	148 FS? 00	208 STO IND 61
29 FS? 02	89 +	149 RTH	209 RCL IND 66
30 XEQ "T2"	90 LOG	150 RCL 72	210 ST+ IND 61
31+LBL 01	91 RCL 69	151 "SCE PIEGE"	211 GETX
32 GETX	92 *	152 XEQ "AF"	212 1 E06
33 1 E06	93 GTO 19	153 RCL 70	213 *
34 *	94+LBL 09	154 "SCE LIEU"	214 FRC
35 FRC	95 1	155 XEQ "AF"	215 10
36 10	96 +	156 RCL 71	216 *
37 *	97 RCL 69	157 "SCE JOUR"	217 RCL 58
38 STO 61	98 Y+X	158 XEQ "AF"	218 2
39 RCL 58	99+LBL 19	159 RCL 73	219 *
40 2	100 FIX 5	160 RCL 58	220 +
41 *	101 RND	161 2	221 RCL IND X
42 STO 62	102 RTH	162 -	222 ST+ IND 61
43+LBL 03	103+LBL "AV"	163 /	223 RCL 64
44 1	104 XEQ "CK"	164 ST/ 70	224 ST- IND 61
45 ST+ 68	105 RCL 00	165 ST/ 71	225 1
46 ST+ 62	106 RCL 58	166 ST/ 72	226 ST+ 61
47 RCL 61	107 /	167 RCL 61	227 ST+ 63
48 RCL 68	108 X+2	168 AVIEW	228 ISG 65
49 X+Y?	109 STO 76	169 RCL 72	229 GTO 13
50 GTO 03	110 70	170 "F PIEGE"	230 RCL 68
51 RCL IND 63	111 STO 64	171 XEQ "AF"	231 STO 65
52 1 E06	112+LBL 11	172 RCL 70	232 ISG 66
53 *	113 RCL IND 62	173 "F LIEU"	233 GTO 13
54 INT	114 X+2	174 XEQ "AF"	234 RCL 59
55 1 E06	115 ST+ IND 64	175 RCL 71	235 STO 63
56 /	116 RCL 62	176 "F JOUR"	236 00
57 FS? 01	117 INT	177 XEQ "AF"	237 STO 61
58 XEQ 08	118 RCL 58	178 RCL 56	238 0
59 FS? 02	119 MOD	179 ENTER+	239 STO 79
60 XEQ 09	120 X=0?	180 RCL 58	240+LBL 14

241 RCL IND 61
242 ST- IND 63
243 1
244 ST+ 61
245 RCL IND 63
246 ST+ 79
247 ISG 63
248 GTO 14
249 RCL 79
250 1 E-05
251 X<=Y?
252 XEQ "TILT"
253 RCL 64
254 2
255 /
256 STO 64
257 RCL 69
258 STO 61
259+LBL 15
260 0.5
261 RCL IND 61
262 RCL 64
263 -
264 X+2
265 *
266 STO IND 61
267 ISG 61
268 GTO 15
269 RCL 59
270 STO 63
271 80
272 STO 61
273+LBL 16
274 RCL IND 63
275 RCL IND 61
276 *
277 ST+ 77
278 1
279 ST+ 61
280 ISG 63
281 GTO 16
282 RCL 55
283 REGMOVE
284 RCL 73
285 STO 78
286 CF 01
287 CF 02
288 SF 00
289 RCL 56
290 1
291 -
292 XEQ "EB"
293 61,075
294 XEQ "EB"
295 XEQ "CHR"
296 RCL 77
297 X+2
298 RCL 73
299 /
300 STO 77

301 "VAR NON ADD"
302 XEQ "AF"
303 RCL 78
304 -
305 CHS
306 RCL 58
307 1
308 -
309 RCL 58
310 2
311 -
312 *
313 1
314 -
315 STO 63
316 /
317 ST/ 77
318 RCL 77
319 FIX 0
320 "F 1-"
321 ARCL 63
322 CF 00
323+LBL "AF"
324 FIX 3
325 "+ = "
326 ARCL X
327 AVIEW
328 FC? 21
329 STOP
330 CLA
331 RTN
332 RTN
333+LBL "TK"
334 RCL 58
335 1 E-03
336 *
337 STO 56
338 STO 65
339 STO 55
340 STO 66
341 2
342 *
343 STO 64
344 3
345 ST* 56
346 ST* 55
347 RCL 58
348 ST+ 64
349 2
350 *
351 1
352 ST+ 64
353 ST+ 65
354 ST+ 66
355 +
356 ST+ 56
357 RCL 58
358 3
359 *

360 1
361 +
362 STO 63
363 ST+ 55
364 RCL 58
365 X+2
366 1 E-03
367 *
368 ST+ 55
369 RCL 55
370 STO 59
371 RTN
372+LBL "CK"
373 "dd1="
374 RCL 58
375 1
376 -
377 ARCL X
378 "+-"
379 RCL 58
380 2
381 -
382 *
383 ARCL X
384 ASTO 61
385 RCL 58
386 1 E-03
387 *
388 STO 65
389 2
390 *
391 STO 66
392 RCL 65
393 3
394 *
395 STO 62
396 STO 55
397 STO 56
398 1
399 ST+ 62
400 ST+ 56
401 ST+ 65
402 ST+ 66
403 1 E-03
404 *
405 ST+ 55
406 ST+ 62
407 RCL 58
408 ST+ 66
409 X+2
410 STO 63
411 1 E-06
412 *
413 ST+ 55
414 80
415 ST+ 55
416 STO 69
417 RCL 63
418 +
419 1
420 -

421 1 E-03
422 *
423 ST+ 69
424 RCL 65
425 STO 68
426 RTN
427+LBL "T01"
428 FIX 0
429 "TOTAL"
430 AVIEW
431 65
432 STO 57
433+LBL 20
434 CLA
435 ARCL IND 56
436 RCL 57
437 XTOA
438 AVIEW
439 1
440 ST+ 57
441 ISG 56
442 GTO 20
443 RTN
444+LBL "TILT"
445 "*** TILT ***"
446 CF 21
447 AVIEW
448 TONE 0
449 SF 21
450 CLA
451 GTO "TILT"
452+LBL "EB"
453 0
454+LBL 18
455 STO IND Y
456 ISG Y
457 GTO 18
458 RTN
459+LBL "T2"
460 "TRANS X+Y"
461 GTO 04
462+LBL "T1"
463 "TRANS Y.LDQX+1"
464+LBL 04
465 BEEP
466 AVIEW
467 PSE
468 "Y=?"
469 PROMPT
470 STO 69
471 "Y"
472 XEQ "AF"
473 END

LISTAGE DU PROGRAMME

CL

01*LBL "CL"	61*LBL "STO"
02 SF 27	62 "NOM ?"
03 "TAILLE=?"	63 PROMPT
04 PROMPT	64 AVIEW
05 STO 58	65 RCL 59
06 3	66 CRFLD
07 *	67 RCL 60
08 STO 57	68 SAVERX
09 RCL 58	69 RTH
10 X↑2	70*LBL "SOR?"
11 STO 59	71 SF 00
12 +	72 XEQ "CL"
13 1 E-03	73 CF 00
14 *	74 "NOM ?"
15 ST+ 57	75 PROMPT
16 1	76 AVIEW
17 ST+ 57	77 0
18 ST+ 59	78 SEEKPTA
19 RCL 57	79 RCL 60
20 STO 60	80 GETRX
21 FS? 00	81*LBL "SOR"
22 RTH	82 FIX 0
23 "ENTRER XIJK"	83 CLA
24 PROMPT	84 RCL 60
25 RTH	85 1 E-03
26*LBL A	86 +
27 1 E-07	87 STO 57
28 +	88*LBL 03
29 XEQ 01	89 0
30 RTH	90 STO 61
31*LBL B	91*LBL 02
32 2 E-07	92 1
33 +	93 ST+ 61
34 XEQ 01	94 RCL IND 57
35 RTH	95 INT
36*LBL C	96 ARCL X
37 3 E-07	97 RCL IND 57
38 +	98 FRC
39 XEQ 01	99 1 E07
40 RTH	100 *
41*LBL D	101 64
42 4 E-07	102 +
43 +	103 XTOA
44 XEQ 01	104 ACA
45 RTH	105 " "
46*LBL E	106 ACA
47 5 E-07	107 CF 21
48 +	108 SF 21
49 XEQ 01	109 ISG 57
50 RTH	110 GTO 05
51*LBL F	111 RTH
52 6 E-07	112*LBL 05
53 +	113 RCL 58
54 XEQ 01 .	114 RCL 61
55 RTH	115 X*Y?
56*LBL 01	116 GTO 02
57 STO IND 57	117 PRBUF
58 ISG 57	118 GTO 03
59 TONE 5	119 END
60 RTH	

IL EST POSSIBLE D'ENREGISTRER SUR CARTES MAGNETIQUES CES PROGRAMMES ET DE LES

ENVOYER A TOUS CEUX QUI EN FERONT LA DEMANDE (EN JOIGNANT 7 CARTES VIERGES,

5 POUR VT ET 2 POUR CL).

Des listages explicites peuvent être également envoyés sur demande .