

vwajel s̄tetik a dø formãt
e vwajel kardinal

BY

PIERRE DELATTE
(University of Pennsylvania)

ALVIN M. LIBERMAN
(University of Connecticut)

FRANKLIN S. COOPER
(Haskins Laboratories, New York City)

vwajel s̄etik a d̄o f̄ormāt e vwajel kardinal¹

la figyr 1 et c̄e djagram akustik d̄o vwajel s̄etik d̄o la pr̄odyksj̄o e l ̄r̄gistr̄emā² vj̄e d s̄ afve. il egzist yn r̄esāblās frapāt ātr̄e s djagram e s̄elqi de vwajel kardinal d̄o l a.f. ; e purtā s d̄ernje e k̄ōstr̄qi syr de d̄one artikylatwar e oditiv, e l pr̄emje syr de d̄one pyrmā fizik (akustik dā l sās ōbzektif). l̄o fet mem k il egzist c̄e tel ak̄or ātr̄e se tabloz artikylatwar e fizik sygzer k̄o l ōn egzamin le k̄elk̄e dezak̄or ki rest e k ōn ā f̄erf̄o le koz. il n̄o pura ā rezylte k c̄e mej̄er ātād̄mā de d̄o tablo e de vwajel k il r̄eprezāt.

¹ le f̄erf̄o d̄o le rezylta s̄o d̄one isi ōt ete rūdy p̄osibl gras o f̄ō furni par la Carnegie Corporation of New York e l̄o University of Pennsylvania Faculty Research Fund.

² avek s̄et artikl, nuz āvwaj̄ō o skreter de l a.f. c̄en ̄r̄gistr̄emā syr disk de vwajel ki i s̄o dekrit. s̄o disk̄e p̄o s̄ 5ue syr n̄ ēp̄ort̄o k̄el fon̄ograf myni d̄ c̄e bra leze e ōperū a 78 tur a la minyt. nuz esper̄ō k l̄o skreter vudra bj̄e prete l̄o disk o fon̄etisj̄e d sa rezj̄ō ki eksprimr̄ō l̄o dezir d̄ ātād̄r̄o se vwajel e d̄ 5y3e ō mem k̄el ōn e l̄o d̄agre d̄ ētelizibile. *The Haskins Laboratories, 305 East 43rd Street, New York 17, N.Y.*, ōfr̄e d̄ r̄ep̄rod̄qir s̄et ̄r̄gistr̄emā, a pri kutā, swa syr disk (78 rpm), swa syr rybū mapetik (7,5 u 15 pus a la sḡōd), pur le m̄ābr̄e d̄ l a.f. ki vudre s̄ ā servir pur dem̄ōtre a l̄oerz elev. [memb̄ez hu: wud laik t̄o hīe d̄o reko:d nau et University College, London, sud k̄amjunikeit wid̄ d̄o sek̄r̄etri.—A. C. G.]

la prōdyksjō d se vwajel sētetik a ete baze syr l analiz de kōpozāt dā vwajel ymen o mwajē dy spektrograf a sō. yn tel analiz furni, pur jak vwajel, ē sertē nōbrē d tō pyr ki sō dez armōnik dy tō fōdamātal kōrespōdā a la otrē dā la vwa. (le plyz ētās dā sez armōnik sē grup ān etrwat rezjō d frekās k ōn apel fōrmāt.) si se memz armōnik sōt āzādre simyltanemā par yn mafin, el prōduqiz yn vwajel sētetik ki kōrespō a la vwajel parle analize par lē spektrograf.

no vwajel ōt ete prōduqit dā set manjer la, a l ed d yn mafin aple *pattern playback* ki pōt āzādre n ēpōrtē kelz armōnik dy tō fōdamātal dā 120 sikl a la sgōd zysk a la sēkātjem (6000 sikl a la sgōd). nuz avjō dōk a nōtrē dispozisjō 50 tōz armōnik, separe lez ē dez otrē par dez ēterval dā 120 sikl. kōm se vwajel ō pur baz ē tō fōdamātal dā 120 sikl, nuz avō ſwazi, pur le fōrmāt, la pozisjō e la larzōer ki kōrespōd ā mwajen a yn vwa d om dā 120 sikl dā otrē. ō truv generalmā, pur yn tel vwa d om, dā 2 a 4 armōnik par fōrmāt; nuz avō dōk ſwazi, dā nōtrē rprōdyksjō, yn larzōer dā fōrmāt dā 3 armōnik; e pur nu kōforme ākōr mjo a la parōl ymen (u le fōrmāt ō le bōr mwēz ētās kē l sātr) nuz avōz adōpte kōm tip yn fōrmāt dō l armōnik sātral e ply fōrt kē sel d ā dsy e sel d ā dsu. (me dā tu le ka, nuz ēdikrō la frekās d yn fōrmāt par la frekās dā sō sātr.) ēsi, ān ekutā l diskā d no vwajel, il fodra s suvnir k ā general jak fōrmāt fet ātādre 3 tō pyr (dōk 6 pur yn vwajel a dō fōrmāt) dōt ē dōmin, tādī k le doz otr ed a kree ēn efe disōnā sā lkel lē dgre d ētelizibilite de vwajel sere fōr reduqī.

lē nōbrē d fōrmāt k il fo pur prōduqir jak vwajel sētetik n a paz ākōr ete ātjermā determine. serten vwajel pōev sā dut sē kōprādr avek yn sōel fōrmāt (me mwē bjē k avek dō); d otr ō bzwē d o mwē dō fōrmāt; d otrēz ākōr (le nazal par egzāpl) pōev avwar bōzwē d ply d dō fōrmāt. ā general sēpādā, pur le vwajel oral, ōn ariv a ē o dēgre d ētelizibilite o mwajē d dō fōrmāt, e nu n nuz ōkyprō isi kē d vwajel a dō fōrmāt. elz ōfr ēn ētere spesjal a koz dā lōer sēplisite, e parskē le dō frekās ki le karakteriz pōev sē lir ān ē sōel pwē, syr ē grafik kōm sēlqī d la figyr 1, si l ō pōrtē la frekās d yn de fōrmāt ān absis e sel dā l otr ān ōrdōne. yn tel rēprezātāsijō grafik a l avātaž dā raple sel de djagram dā l a.f.

(il n e pa kestjō d analize isi la diferās ātrē le vwajel sētetik a yn, a dō, e a trwa fōrmāt u plys. sēpādā nu dvō note k le frekās dō fōrmāt de vwajel sētetik a dō fōrmāt nē kōēsidrō pa tužur avek le frekās de dō prēmjer fōrmāt de vwajel ymen ki ān ō trwa u plys. le diverzās, kāt

elz egzist, sō generalmā febl, me, kōm dā l ka eksepsjōnel dā i, el pōv etrē kōsiderabl. il nē fo dōk pa s atādr a s kē le frekās de vwajel sētetik a dē formāt kōrespōd egzaktēmā avek sel de formāt ki s vwa syr le spektrogram dē vwajel parle.)

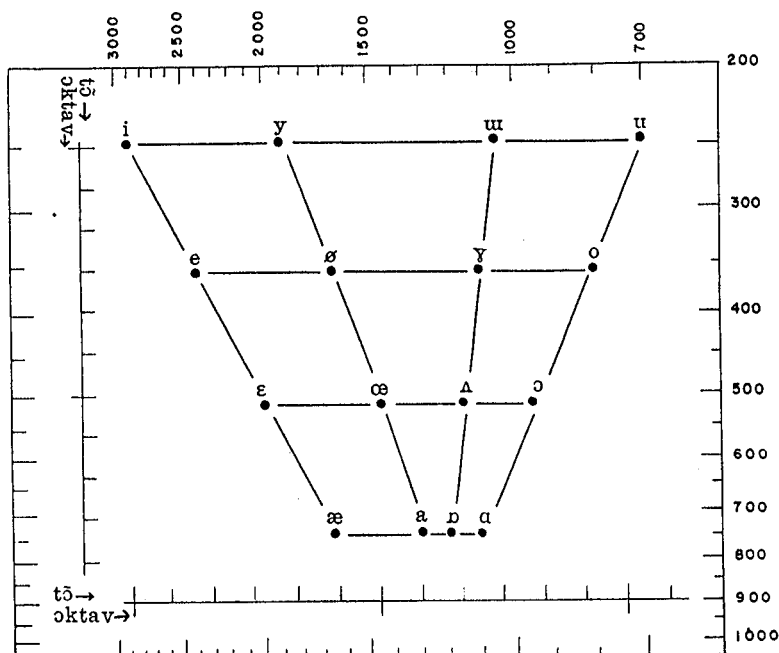


FIGURE 1

djagram de vwajel sētetik kardinal a dē formāt. Jak pwē rpezāt dē frekās : la ply bas, sel dē la formāt 1, s li syr l ešel vertikal ; la ply ot, sel dē la formāt 2, syr l ešel orizōtal. ōn a pōrte le pwē d rākōtrē de dē frekās syr l ešel logaritmik afē k dez ēterval ego a l oej kōrespōd aprōksimativmā a dez ēterval ego a l orej.

le frekās de 16 vwajel sētetik dy grafik dē la figyr 1 sō sel ki ō done, a l orej, le mejōerz aprōksimasjō d la kulōer (tēbr) de vwajel parle kōrespōdāt. ō lez a etabli d la manjer squivāt, o mwajē de 235 vwajel eksperimātal ekspeze grafikmā syr la figyr 2. d abor, ōn a ſwazi 16 vwajel eksperimātal dā le 4 rāze orizōtal u la formāt 1 e fiks (provizwarmā, a la frekās de vwajel frāsez) tādi k la formāt 2 vari. pūi ō s e servi d se 16 seleksjō d la formāt 2 pur prōdquir 16 seri d vwajel eksperimātal dā lekel la formāt 1 vari (rāze vertikal syr la figyr 2). se 20 seri d vwajel (4 vertikal, 16 orizōtal) sōt ūrgiztre syr le disk, osi

bjē k le 16 vwajel finalmā fwazi, dā sōrt kē l lektōer pura repete l 3y3mā pur lqj mem.

le 16 pwē fwazi par sē prosede sōt āserkle syr la figyr 2. le pwē kōrespōdā syr la figyr 1 ō sybi ō lejer a3ystēmā parske le vwajel

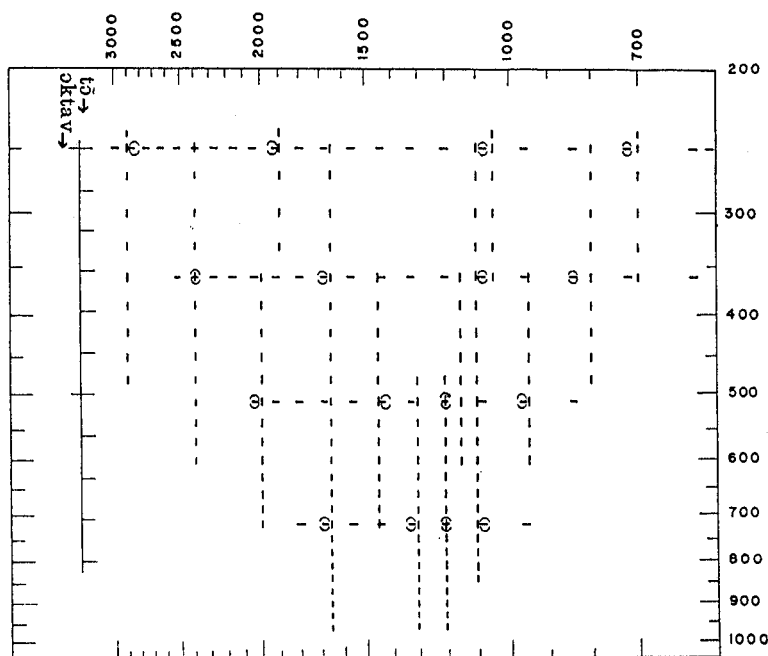


FIGURE 2

grafik de 234 vwajel sētetik eksperimātal o mwajē dekl le 16 vwajel dā la figyr 1 ōt ete fwazi. le rūže orizōtal rēprezūt le seri d vwajel pur lekel la fōrmāt 1 e fiks e la fōrmāt 2 vari; le rūže vertikal sel pur lekel la fōrmāt 2 e fiks e la fōrmāt 1 vari. le pwē sō porte syr l esel logaritmik dā la mem manjer kē pur la figyr 1.

eksperimātal rēprezāte ō nōbrē d frekās limite par lez armonik dā la mafin, e k le frekās ply zyst ākor sāble tādrē ver le lij drwat dā la figyr 1. nu n pretādō pa k sē swa de vwajel parfet, ni k el mim le vwajel parle; sē sō scelmā le mejcer vwajel kardinal sētetik kē nuz ejō py prodqir ā nu limitā a l āplwa d dō fōrmāt dā la sētez.

kōparezō de djagram akustik e artikylatwar

nu sōm parti de 16 vwajel de dō djagram de figyr 2 e 3, pa3 5, dā *The Principles of the IPA*, 1949. la figyr 2, *Principles*, ēdik le pozisjō teorik dā la lāg pur le vwajel nōrmal: vwajel ʃe lekel l āterjōrite d la

låg et akōpape d ekartēmā de levr (i e ε) e la posterjorite d la låg d arōdismā de levr (u o o). la figyr 3, *Principles*, ēdik le pozisjō teorik dā la låg pur le vwajel sēgōder : vwajel se lekel l āterjorite lēgwal et akōpape d arōdismā labjal (y ø œ), e la posterjorite lēgwal d ekartēmā labjal (u x λ). nuz avōz abuti a œ djagram, figyr 1, ki rsāblē d yn manjer frapāt o tablo d la paž 10, *Principles*, ā ba e a drwat, e dā lkel lē kwadrilater de vwajel sēgōder (y ø œ λ x u) et a l ēterjor dy kwadrilater de vwajel nōrmal.

le dō kwadrilater akustik nē pœv pa s syperpoze, kōm sō d la paž 5, *Principles*. sēla s eksplik fasil mā par lē fet kē no dōnez akustik nē s ēterpret pa sēlmā ā fōksjō d la otrē dā la låg e d l āterjorite d la låg (kōm le djagram artikylatwar dā paž 5, *Principles*), me osi ā fōksjō d l arōdismā de levr. eksplikō nu tre sōmermā. ō pō dir k ā gro la kavite frōtal dā la buf e rēspōsablē d la frekās dā la formāt 2. or nu savō k la frekās d yn kavite bes kōm sō volym ogmāt e kōm sōn uvertyr diminy (sē ki eksplikre ā grād parti la pozisjō d tut le vwajel syr lē djagram akustik). par egzāpl, partā dā i (tre ptit kavite frōtal, levrēz ekarte), si l ōn arōdi le levr, l uvertyr dā la kavite frōtal dāvjē ply ptit, e il s ā sūj k la frekās dā set kavite diminy e pas a la frekās dā formāt 2 pur y (syr notrē grafik, el pas dā 2900 a 1900, ply d 3 tō, ply d œ dmi oktav). partā dā u (tre låg kavite frōtal, levrēz arōdi), si l ōn ekarte le levr, l uvertyr dā la kavite frōtal dāvjē ply grād, e il s ā sūj k la frekās dā set kavite ogmāt e pas a la frekās dā formāt 2 pur u (syr notrē grafik, el pas dā 700 a 1050, dā nuvo ply d 3 tō). (l œ e l otrē d se jāžmā d frekās pœv s ātādrē kāt ō jysot le vwajel. ō pō mem kōte le tō dāz œ muvmā ralāti bjē kōtrole de levr, jāžā d la pozisjō ekarte a la pozisjō arōdi e ēversēmā.) ō pō dōk kōklyr kē, tādī k le djagram artikylatwar de figyr 2 e 3, paž 5, *Principles*, nē tjen pa kōt dā la dimāsijō artikylatwar d arōdismā de levr, lē djagram dā la paž 10, *Principles*, ā tjē rmarkablēmā kōt. il pō prādrē l nō dā djagram a trwa dimāsijō, tādī k le djagram dā la paž 5, *Principles*, nē sō k a dō dimāsijō.

notrē grafik akustik fe rsortir yn diferās ēteresāt ātrē le vwajel normal e le vwajel sēgōder. dy pwē d vy d la formāt 2, se dernjer sō separe ātr el par dez ēterval myziko bjē plyz etrwa k sō de vwajel nōrmal ātr el. sēla pō s rēlje o fet kē le vwajel sēgōder sō pō frekāt dā le låg dy mōd. ō pō sypoze k ply l ēterval e grā ātrē le otrē myzikal dā dō vwajel, mwē ō riskē d le kōfōdr oditivmā : o kur d eksperjās oditiv fet a l yniversite d pensivani, lez etydjā kōfōde parfwa dō vwajel vwazin

syr le djagram, me preskə ʒame də vwajel separe par yn u döz otrə vwajel syr le djagram.

s e dā la famij dez a kə s truv lə soel veritable dezakər ātrə le djagram akustik e artikylatwar. syr lə djagram akustik, a e v sō bjē respektivmāt ā lij avek le vwajel posterjoer arōdi e posterjoer nō arōdi ; me a n e pa dy tu ā lij avek le vwajel āterjoer ekarte i e ε : il et ā lij avek lez arōdi y ø æ ! la prōlōgasjō d la lij i e ε ʒysk a sa ʒōksjō avek la lij dez a dən klermā œ æ ! s e la pøtetər œ fet ēportā. kōsiderō katrə faktør eksplikatifs. 1 : o nivo dez a, l arōdismā dwat avwar œ pwa negligabl kəm faktør de fāzmā d frekās, kōparativmāt o pozisjō d la lāg. 2 : le katrə lij ki rli i a e a ε, y a ø a œ, u a ʒ a Δ, u a o a o, sə tras si natyrelmā syr lə tablo akustik k il e difisil d admotrə k le donez øbzektiv okel el sō dy n s aplik paz osi oz a. 3 : il e parfetmāt akseptabl d dir kə a e a n sō pa “ si pre l œ d l otrə k il nə pūis permetrə d distēge dō mo ” (*Principles*, paʒ 4) ; me set fraz s aplikre mjø a la per æ-a (*ant-aunt*). ā frāse, l øpozisjō a-a e tre fraʒil ā lāgəʒ vremā natyrel. 4 : si l ō kōpar le djagram də paʒ 5, *Principles*, a sə d paʒ 10, *Principles*, ō n pø s i rtruve sā pen : d abør, l ēterval dublə ki separ ε də a, vertikalmā, a la paʒ 10, nə s røtruv pa a la paʒ 5 ; āsqit le sō a e v sōt ān ørdrəz øpoze : a økyp la plas də v paʒ 10, u ēversēmā.

etā done s ki presed, nu nu dmādō si l ō n pure paz āplwaje æ kəm vwajel kardinal a la plas k økyp a ā s mōmā, e plase la famij dez a, paʒ 10, syr yn soel lij ørizōtal o nivo aktyel də æ. k ā pās no koleg də l a.f.i ?

āfē il vo la pen də rmarke, syr notrə grafik akustik, kə dā l plā vertikal, le vwajel sētetik sō separe par dez ēterval myziko ego (œ pø ply d 3 tō) e k dā l plā ørizōtal, ō truv osi œn ēterval də kelkə 3 tō u plys ātrə le vwajel kapable d furnir yn øpozisjō d sās. sēla dwa kōfirme d œ nuvo pwa le prēsip applike ān etablisā le djagram də vwajel kardinal.

ā rezyme, lə djagram baze syr l etyd akustik de vwajel o mwajē d dō formāt sētetik s akərdə bjē, d yn manjer ʒeneral, avek le djagram də vwajel kardinal də l a.f. ;

lə djagram akustik ēdik kə l djagram də l a.f., tel k il et aktyelmā, kōtjē yn trwazjem dimāsjō ā fōksjō d l arōdismā de levr ;

lə djagram akustik syʒer k ō pure osi trete la famij dez a diferamā.

PIERRE DELATTRE (Univ. of Pennsylvania).

ALVIN M. LIBERMAN (Univ. of Connecticut).

FRANKLIN S. COOPER

(Haskins Laboratories, New York City).

læ disk

præmjæ kote

figyr 1: vwajel æterjœer ekarte: i e ε æ
 arōdi: y ø œ a
 pœsterjœer ekarte: u ʏ ʌ p³
 arōdi: u o o a

vwajel fœrme: i y u u
 mi fœrme: e ø ʏ o
 mi uvert: ε œ ʌ o
 uvert: æ a p a

vwajel normal: i e ε æ a o o u
 sœgōder: y ø œ a p ʌ ʏ u
 ekarte: i e ε æ p ʌ ʏ u
 arōdi: y ø œ a a o o u

figyr 2: fœrmæt 1 fiks o nivo i-u, fœrmæt 2 vari (lijr orizōtal, dœ gof
 e-o, a drwat)
 ε-o,
 a,

dœzjem kote

figyr 2: fœrmæt 2 fiks a la frekās dœ i, fœrmæt 1 vari (rāže vertikal,
 e dœ ot ā ba)
 ε
 æ
 y
 ø
 œ
 a
 u
 ʏ
 ʌ
 p
 u
 o
 o
 a

³ [it iz tœ bi noutid ðæt auœ kœliŋ ju:ziz p œnd a in œ wei ðæt iz difrœnt frœm ðœ ju:sidʒ in ðœ *Principles*, weœ p indikeits œ slaitli raundid bak vauel œnd a œn ʌnraundid bak vauel.—A. C. G.]

Printed in Great Britain.