

## Mesures psychomotrices de la production de la parole

Eric Keller  
Centre de recherche,  
Centre Hospitalier Côte-des-Neiges  
et  
Université du Québec à Montréal

### LE RÉSUMÉ

Récemment, nous avons établi une nouvelle instrumentation destinée à l'évaluation de la psychomotricité de la parole chez des personnes souffrant de lésions cérébrales. Au moyen d'un enregistrement ultrasonique des mouvements verticaux du dos de la langue, il est dorénavant possible d'évaluer systématiquement différents aspects de la motricité de la parole. En nous référant à plusieurs cas de perturbation motrice enregistrés au moyen de cet équipement (i.e., malades avec parkinsonisme, démence sénile, bégaiement et traumatisme crânien), nous illustrons divers aspects de l'évaluation psychomotrice de la parole, tels l'étendue et la régularité du déplacement de la langue, la durée du mouvement et la coordination inter-articulatoire entre la langue et les cordes vocales.

Dans une grande proportion des cas, une lésion cérébrale agit directement sur les aspects moteurs de la parole. Dans le cas d'une lésion corticale (excluant la région motrice primaire), on observe alors des perturbations linguistiques caractéristiques d'une aphasie, tandis que dans le cas d'une lésion sous-corticale ou de la région motrice primaire, on constate généralement des dérangements représentatifs d'une dysarthrie. Ces lésions sous-corticales touchent notamment le thalamus, les noyaux gris centraux, les voies pyramidales et extrapyramidales, ainsi que leurs noyaux associés, les nerfs crâniens et le cervelet.

Les énoncés aphasiques se définissent avant tout par la manifestation intermittente d'erreurs phonétiques, par la présence d'un grand nombre de substitutions, d'omissions et d'ajouts de phonèmes et par l'incidence de perturbations grammaticales et lexicales. Par contre, les énoncés dysarthriques se distinguent par la présence continue de distorsions phonétiques et par l'absence générale de perturbations grammaticales ou lexicales. Un aphasique émet des énoncés comme «...j'étais là dans mon dofa [= probablement "sofa"], de dans le... dans mon champ et j'étais en train d'avéter [?] des... des... c'était des... et puis ça m'a pris...» (p. 69, Hécaen et Angelergues, 1965). Par contre, si un dysarthrique parle plus ou moins normalement, son articulation est typiquement indistincte et souvent associée à une voix basse ou rauque (Darley, Aronson & Brown, 1975).

La recherche sur l'aphasie a traditionnellement devancé celle portant sur la dysarthrie, essentiellement pour l'unique raison que les erreurs des malades aphasiques sont relativement faciles à transcrire et à analyser, tandis que les perturbations articulatoires des personnes dysarthriques sont presque impossibles à transcrire et difficiles à décrire fidèlement. En dépit de tentatives importantes d'établir des critères perceptuels pour les diverses formes de la dysarthrie (p.ex. dysarthrie cérébelleuse, parkinsonienne ou spasmodique; Darley et coll., 1969; 1975), le clinicien contemporain n'est généralement pas en mesure de les distinguer fidèlement. Même pour l'oreille d'un auditeur informé, tous les malades dysarthriques se ressemblent au niveau de la production de la parole. En effet, tous peuvent présenter des signes similaires, en particulier des consonnes indistinctes, une intonation peu variée, une accentuation réduite et un degré de nasalisation excessif (voir p.ex. les tableaux présentés dans Darley et coll., 1969; 1975)

L'évaluation instrumentale des mouvements articulatoires, donc de la cinématique de la parole, est prometteuse car elle peut vraisemblablement fournir de meilleurs outils de travail pour l'analyse et le diagnostic des perturbations motrices de la parole, incluant différentes formes de dysarthrie. Combinée avec les concepts de la théorie psychomotrice de l'action (voir Keller, sous presse a et b), cette approche tente d'identifier les variables de

contrôle du système moteur de la parole. Notre présentation actuelle vise à mettre en évidence l'approche instrumentale et conceptuelle que nous sommes en train de développer dans cette perspective. Elle présente un résumé de la méthode d'enregistrement ultrasonique des mouvements du dos de la langue que nous employons dans notre laboratoire, et elle identifie quelques paramètres de mesure qui semblent pertinents à l'évaluation des perturbations motrices de la parole.

## LA MÉTHODE

### *Instrument de mesure*

L'instrument d'évaluation sur lequel repose notre approche est représenté par un système informatisé de mesures ultrasoniques des mouvements du dos de la langue développé dans notre laboratoire (Keller & Ostry, 1983). L'arrangement d'enregistrement est indiqué dans les figures 1 et 2.

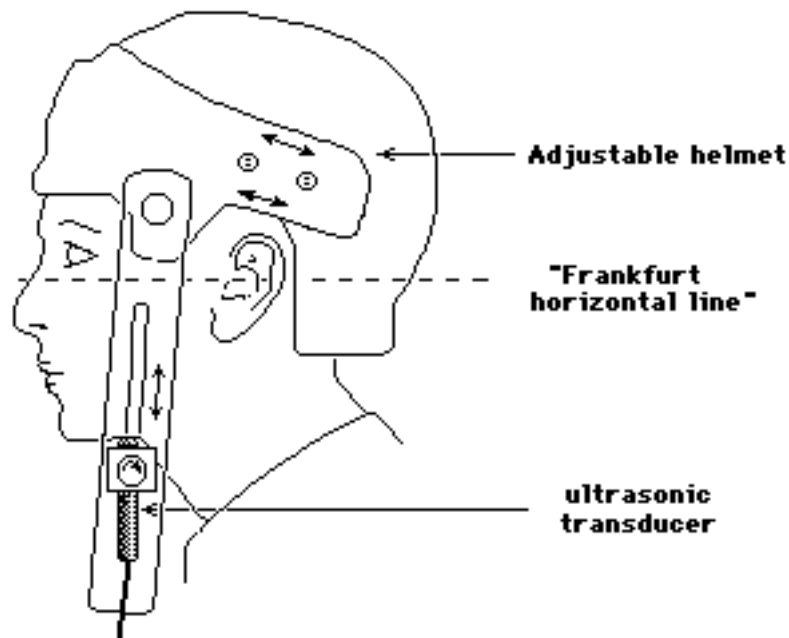


Figure 1: Emplacement du transducteur ultrasonique. Le transducteur est placé en position verticale au-dessous de la mâchoire verticale, afin de mesurer le délai entre l'émission d'une impulsion ultrasonique et de la réception de l'écho formé au dos de la langue. Un placement initial à l'angle droit par rapport à la ligne de Francfort fournit généralement l'écho le plus fiable en traçant le mouvement de la langue associé à l'articulation d'une syllabe du type [consonne postérieure+voyelle postérieure] (p.ex. [ka], [ko], [gu], etc.).

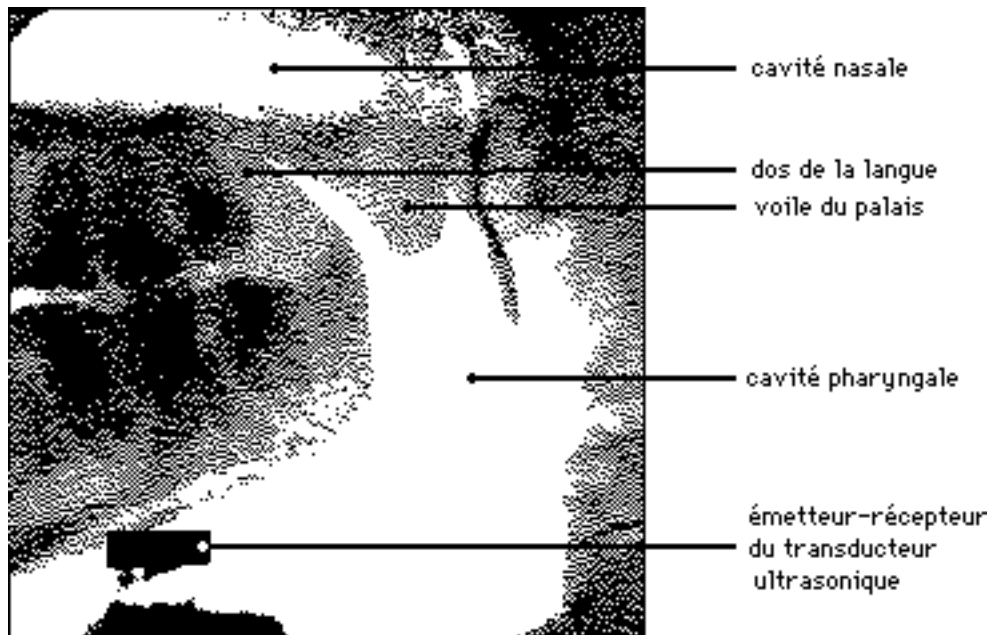


Figure 2: Rayon-X de l'emplacement du transducteur ultrasonique qui était ajusté de manière à tracer optimalement le mouvement lingual associé aux syllabes [k+voyelle postérieure]. À juger de l'angle du crystal rectangulaire du transducteur ultrasonique, le faisceau ultrasonique traversait la masse musculaire de la langue à un angle droit de la ligne de Francfort (voir Figure 1) et repérait les mouvements de la surface linguale en face du palais mou. Les spécifications techniques du transducteur ultrasonique indiquent qu'à la surface du dos de la langue, la réflexion maximale de ce faisceau couvre un diamètre d'environ 10 mm de surface.

Afin d'effectuer des mesures de mouvements du dos de la langue, nous plaçons un transducteur ultrasonique en position verticale au-dessous de la mâchoire inférieure et nous mesurons le délai entre l'émission d'une brève impulsion ultrasonique (4  $\mu$ s, 3.5 MHz) et la réception de son écho. Quant au placement initial du transducteur dans le plan médian, nous avons adopté la convention d'une application à l'angle droit par rapport à la ligne de Francfort (la ligne droite reliant la borne inférieure de l'orbite de l'oeil gauche à la borne supérieure du méat externe de l'oreille gauche). L'ajustement final dans ce plan vise à mesurer un déplacement lingual plus important pour [ko], par rapport à [ku], et pour [ko], par rapport à [ka] (p. 1310, Keller & Ostry, 1983).

À chaque milliseconde d'intervalle, nous obtenons une mesure correspondant à la distance entre le transducteur et le dos de la langue. Spécifiquement, nous repérons dans l'écho de la pulsation ultrasonique, un écho majeur formé à l'interface entre la musculature linguale et l'air ambiante, et nous mesurons le délai entre l'émission de la pulsation et la réception de cet écho. Ce délai correspond à la distance entre le transducteur et le dos de la langue. C'est donc ces mesures de délai, ou de distance, de même que le signal acoustique accompagnant, qui sont continuellement enmagasinés dans un ordinateur sur une période de 4.5 s (ajustable jusqu'à 12 s).

Une fois l'enregistrement terminé, le signal cinématique subit un lissage de courbe au moyen du calcul de fonctions «spline». Ces fonctions cubiques permettent non seulement de suivre la tendance centrale du mouvement, mais fournissent en sus les première et deuxième dérivées du déplacement de la langue, c'est-à-dire, sa vitesse et son accélération instantanées. Suite à ce traitement de lissage, nous obtenons des signaux comme ceux illustrés dans la Figure 3.

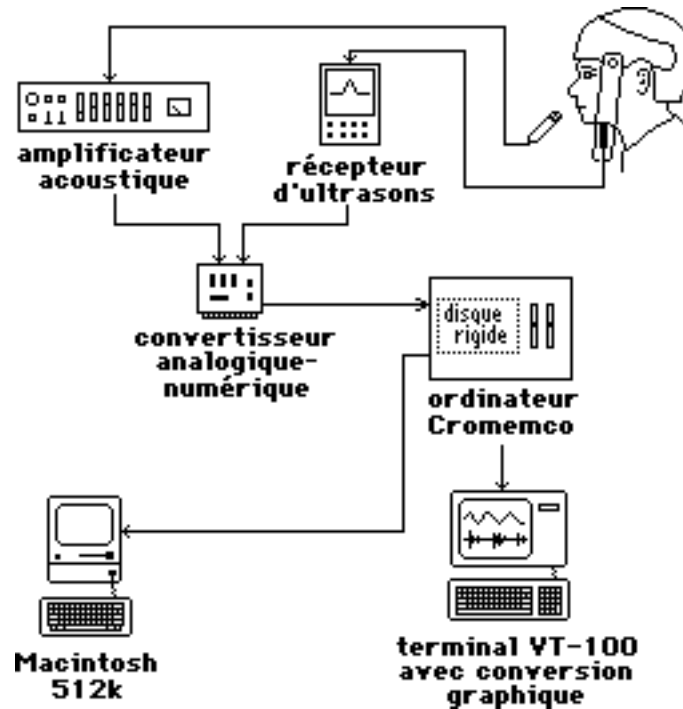


Figure 3: Enregistrement typique d'un mouvement lingual associé à l'articulation de la syllabe [ka]. Le premier tracé montre le déplacement du dos de la langue par rapport au temps. La langue est haute et touche au palais mou lors de l'articulation de la consonne [k] et elle s'abaisse pour l'articulation de la voyelle [a]. Le tracé de l'accélération étant relativement irrégulier, nous ne faisons que rarement référence à cette information.

#### *Les variables de mesure*

Au moyen de logiciels d'affichages, nous repérons un certain nombre de points dans chacune des syllabes [k+voyelle] provenant de nos enregistrements (voir Figure 4). Le mouvement lingual pour la syllabe [ka] débute au point 1, le mouvement descendant atteint sa vitesse maximale au point 2 et se termine au point 4. Au point 3, on observe le début des effets acoustiques provenant du battement régulier des cordes vocales. Le mouvement ascendant de la voyelle [a] à la consonne [k] s'initie au point 4, puis atteint sa vitesse maximale au point 5 et s'achève au point 6. À partir de ces points de repère, des calculs portant sur le déplacement et la durée de différentes sections du mouvement permettent d'obtenir un nombre de mesures associées aux variables indépendantes susceptibles de contrôler la motricité de la parole (v.g. Tableau 1).

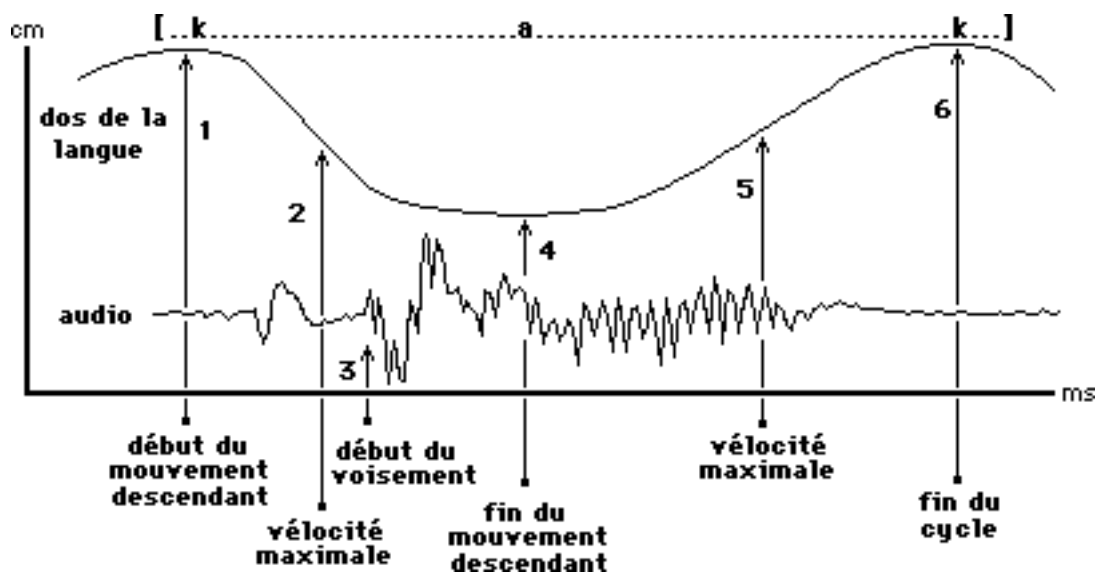


Figure 4. Les points de mesures cinématiques relevées dans les enregistrements ultrasoniques. Le mouvement lingual pour la syllabe [ka] débute au point 1, le mouvement descendant atteint sa vélocité maximale au point 2 et se termine au point 4. Au point 3, on observe les effets acoustiques du début du battement régulier des cordes vocales. Le mouvement ascendant de la voyelle [a] à la consonne [k] débute au point 4, atteint sa vélocité maximale au point 5 et termine au point 6.

**Tableau 1: Quelques mesures cinématiques d'intérêt**

MESURE	DÉFINITION
<b>Durées:</b>	
1 Durée du cycle	temps 1 - temps 6 <sup>1</sup>
2 Durée du mouvement descendant	temps 1 - temps 4
3 Durée du mouvement ascendant	temps 4 - temps 6
4 Durée du début du mouvement descendant	temps 1 - temps 2
5 Durée du début du mouvement ascendant	temps 4 - temps 5
7 Le délai entre les débuts du mouvement lingual et du mouvement laryngal	temps 1 - temps 3
<b>Déplacements:</b>	
8 Déplacement du mouvement descendant	distance 1 - distance 4 <sup>2</sup>
9 Déplacement du mouvement ascendant	distance 4 - distance 6
10 Déplacement du début du mouvement descendant	distance 1 - distance 2
11 Déplacement du début du mouvement ascendant	distance 4 - distance 5
12 Déplacement de la fin du mouvement descendant	distance 2 - distance 4
13 Déplacement de la fin du mouvement ascendant	distance 5 - distance 6
<b>Vélocités:</b>	
14 Vélocité maximale descendante	vélocité 2 <sup>3</sup>
15 Vélocité maximale ascendante	vélocité 5

<sup>1</sup> Temps: le temps (en ms) ; p.ex. temps 1 - temps 6 = le temps écoulé entre le point 1 et le point 6 sur la figure 2.

<sup>2</sup> Distance: la distance (en cm) entre le transducteur ultrasonique et le dos de la langue; p.ex. distance 1 - distance 4 = distance parcourue par le dos de la langue entre les points 1 et 4 sur la figure 2.

<sup>3</sup> Vitesse: la vitesse instantanée aux points indiqués.

### *Les variables cinématiques de perturbation*

Nous en sommes encore au début de nos explorations des variables liées à la perturbation de la motricité de la parole. Cependant, notre investigation récente nous amène à considérer les variables présentées dans le tableau 2 qui, selon nos expériences antérieures, méritent d'être examinées en détail lors d'un examen instrumental de la motricité de la parole. Dans la prochaine section, nous illustrerons des cas de perturbations affectant l'étendue du mouvement, la régularité du déplacement et de la durée, ainsi que le tremblement pathologique. Dans des publications ultérieures, nous traiterons séparément les perturbations de la vitesse du mouvement et de la rigidité musculaire.

**Tableau 2**

### **Quelques variables cinématiques de perturbation en motricité de la parole**

NOM DE LA VARIABLE	ESTIMATEUR CINÉMATIQUE
Étendue du mouvement	Le déplacement du mouvement descendant
Régularité du déplacement	Écart-type du déplacement du mouvement descendant
Régularité de la durée du cycle	Écart-type de la durée du cycle
Régularité de la durée du mouvement	Écart-type de la durée du mouvement
Vitesse du mouvement	Moyenne et écart type des vitesses du mouv. desc.
Rigidité	Pente de la relation linéaire entre la vitesse maximale et le déplacement du mouvement descendant
Tremblement	Présence importante d'informations spectrales entre 6 et 12 Hz dans les mouvement du dos de la langue

### *Les variables de tâche*

Nous nous intéressons actuellement à la manipulation de trois variables de tâche: (1) le statut linguistique du mouvement, (2) le débit des mouvements (ou la durée de la syllabe) et (3) le degré d'habitude associé à l'articulation du stimulus. Afin de varier le statut linguistique de la syllabe [ka], notre protocole distingue la syllabe [ka] imbriqué dans la parole normale, de la syllabe [ka] répétée de manière diadochocinétique. De plus, nous faisons varier le débit, ou la durée de la syllabe, en opposant dans la parole continue, une syllabe accentuée («macáque») à une syllabe non-accentuée («lac à canards»), et en contrastant dans la répétition diadochocinétique, un débit normal à un débit rapide (voir Tableau 3). Finalement, nous varions le degré d'habitude motrice du stimulus en demandant au sujet de parcourir le protocole deux fois, une fois en situation normale et une fois en situation contraignée (avec les dents serrés).

**Tableau 3: Variables de tâche**

	REPETITION SANS CONTEXTE	REPETITION EN CONTEXTE LINGUISTIQUE
Débit normal/ voyelles longues	"...kaka..." [.ka:ka:ka:...]	"le macaque assommé" [.ka:ka:ka:...]
Débit rapide/ voyelles brèves	"...kaka..." [.kaka...]	"le lac à canards" [.kaka...]

Le protocole assure que nous obtenions entre 20 et 40 exemplaires de la syllabe [ka] pour chacune de ces huit conditions. Une session d'enregistrement requiert environ 45 minutes. Ceci comprend les ajustements du transducteur ultrasonique, la présentation des stimuli et leur enregistrement.

**RÉSULTATS: QUELQUES CAS DE PERTURBATION MOTRICE**

*La norme: Les tracés d'un sujet non-selectionné*

Afin de présenter les tracés d'un cas normal, nous avons choisi une personne au hasard parmi les dix sujets normaux enregistrés récemment dans notre laboratoire. Il s'agit d'une jeune femme de 23 ans, de classe socio-économique moyenne, francophone et exempte de toute perturbation linguistique observable. La figure 5 montre les informations relatives aux mouvements linguaux, produits à un débit jugé «normal» par le sujet.

**Sujet normal SB**  
**Répétition lente de [ka]**

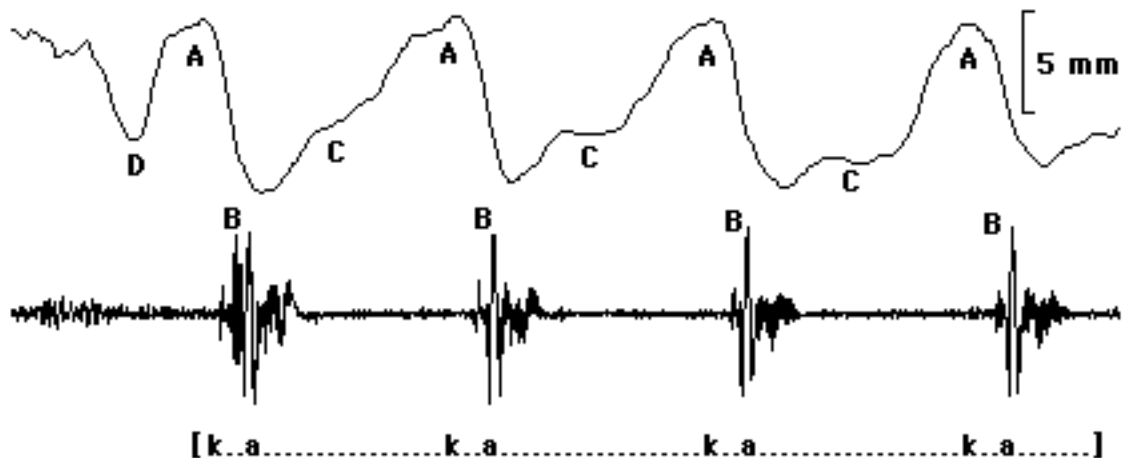


Figure 5. Tracés du déplacement lingual et de l'onde acoustique lors d'une répétition lente de [ka] par un sujet normal. A = points de contact linguo-palataux; B = points d'initiation de l'activité des cordes vocales; C = «plate-formes» de ralentissement lors du mouvement ascendant entre deux syllabes [ka]; D = mouvement préparatif précédant la première syllabe [ka].

Nous pouvons noter plusieurs aspects saillants dans cette figure. Premièrement, l'étendue et la durée du mouvement descendant sont très régulières. De plus, le mouvement descendant se fait rapidement et sans hésitation, tandis que le mouvement ascendant contient souvent une période d'hésitation, interposée entre le point le plus bas du mouvement et la partie de l'ascension finale vers le point le plus haut du mouvement (les points C sur la figure 5). La comparaison ce tracé et la prochaine figure indique que c'est, entre autres, par l'interposition de cette «plate-forme» que se distinguent les mouvements lents des mouvements plus rapides.

Troisièmement, la coordination entre le mouvement lingual et l'activité laryngale est très régulière chez le sujet normal. Les débuts de l'activité laryngale (les points B sur la présente figure) suivent les initiations de l'activité linguale (les points A) à un délai régulier (qui mesure typiquement, en condition rapide, 40-60 ms et en condition lente, 80-150 ms).

Finalement, il est possible de repérer un mouvement préparatif à l'articulation dans l'enregistrement lingual de ce sujet (point D). Ce mouvement précède régulièrement le mouvement descendant associé à la première syllabe [ka] et il sert vraisemblablement à fournir un élan suffisant au mouvement, afin d'assurer une plosion d'air satisfaisante lors de la production de la première consonne [k].

Les tracés relatifs à la répétition rapide de [ka] (Figure 6) se différencient de ceux provenant des mouvements lents principalement par une réduction de la durée du mouvement. Les syllabes courtes de ce sujet durent 500 ms environ, tandis que les syllabes longues mesurent environ 900 ms. Nous percevons que cette réduction de temps est en partie accomplie par l'élimination de la «plate-forme» hésitative au début du mouvement ascendant.

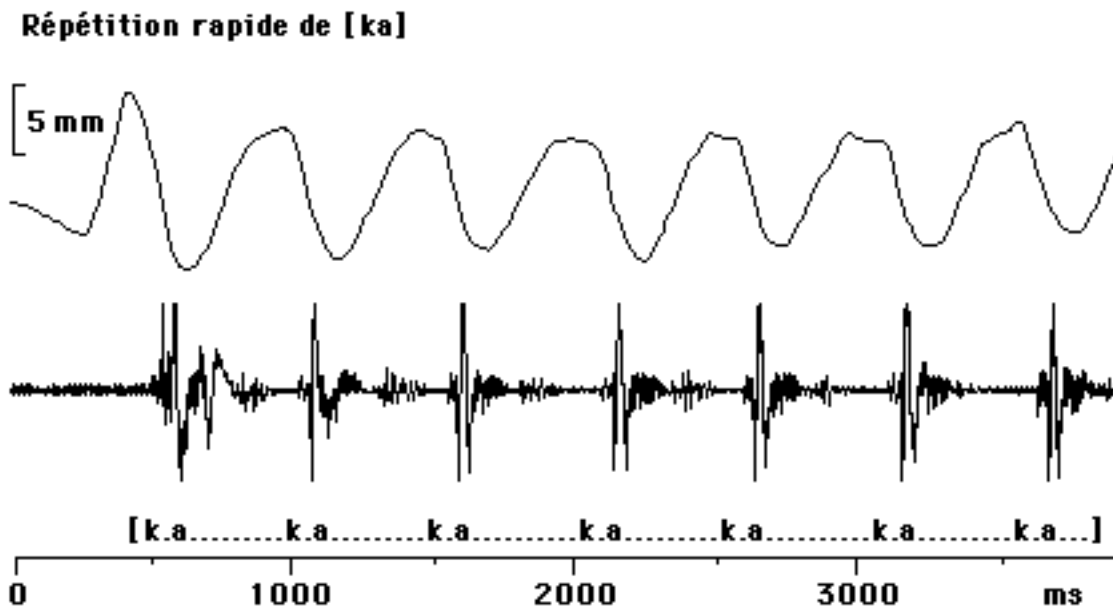


Figure 6. Répétition rapide de la syllabe [ka] par le même sujet normal.

#### *La maladie de Parkinson*

Les premiers deux sujets avec perturbation de la motricité de la parole sont atteints de la maladie de Parkinson. Le premier malade, un homme de 63 ans, a été enregistré 5 ans après l'établissement de son diagnostic. D'après l'examen clinique de la motricité faciale et orale selon Dworkin (1978)<sup>1</sup>, il démontrait des difficultés à gonfler les joues et à souffler dans un ballon, à avancer le mandibule et à hausser le voile du palais mou pour produire le son

<sup>1</sup>L'examen de la motricité de la parole a été effectué par Mme A.E. Simon, orthophoniste.



[a]. Il est à noter que l'examen clinique ne montrait aucune perturbation de la motricité des lèvres, de la langue ou du larynx. Rappelons aussi que dans l'examen de la motricité linguale, le client doit (1) tirer la langue, (2) suivre un abaisse-langue avec sa langue, (3) ouvrir la bouche le plus grand possible et élever la langue le plus haut possible à l'intérieur de la bouche, et (4) pousser contre l'abaisse-langue avec la langue.

(image perdue)

Figure 7. Un patient avec maladie de Parkinson. Ce malade ne montrait aucune perturbation de la motricité de la langue lors d'un examen clinique de la motricité faciale et orale. Par contre, l'enregistrement ultrasonique de ses mouvements linguaux indique clairement une perturbation profonde.

Par contre, l'enregistrement ultrasonique en répétition lente de [ka] nous montre un mouvement très irrégulier, tant au niveau du déplacement que de la durée. En répétition rapide (Figure 8), le mouvement paraît légèrement plus régulier. Nous constatons donc que l'enregistrement en temps réel de ces malades peut démontrer des difficultés motrices qui ne sont pas nécessairement évidentes au cours d'un examen clinique.

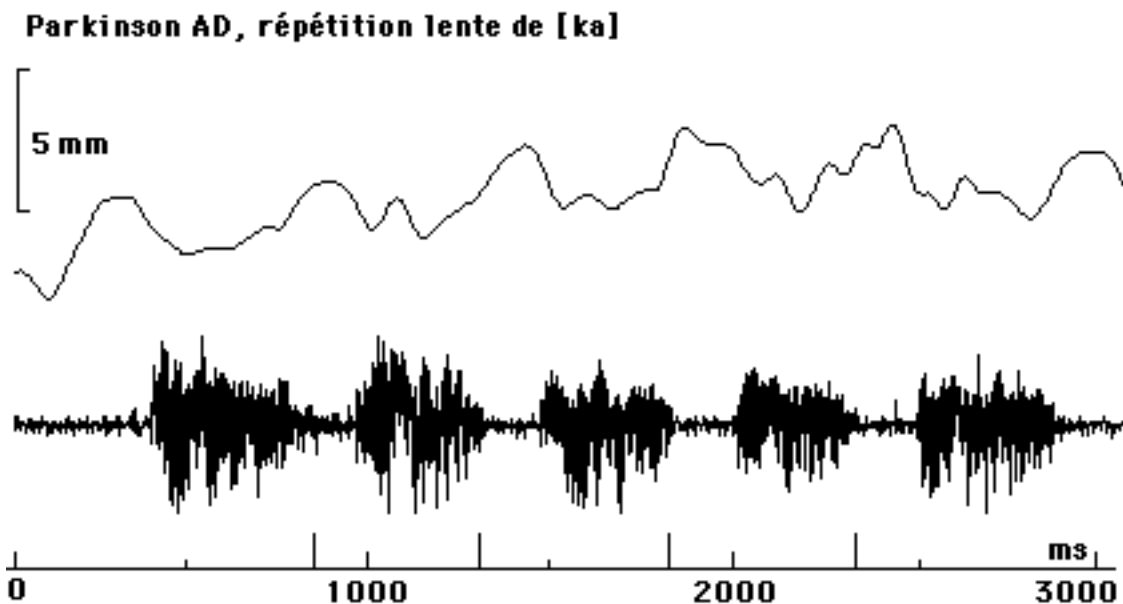


Figure 8. Le même malade, en répétition rapide de [ka]. Le mouvement paraît légèrement plus régulier.

Le deuxième cas de maladie de Parkinson (Figure 9) témoigne d'une autre forme de perturbation. Il s'agit d'un homme de 62 ans, enregistré six ans après l'établissement du diagnostic de parkinsonisme. Sur l'examen clinique de la motricité faciale et orale<sup>1</sup>, ce malade démontrait exclusivement des difficultés au niveau de la motricité du voile du palais. À juger par son âge, par le temps écoulé depuis l'établissement du diagnostic et par les résultats issus de l'examen de la motricité de la parole, ce malade semble donc tout à fait comparable au cas précédent. Cependant, son enregistrement ultrasonique montre relativement peu d'irrégularité et nous observons un manque de coordination entre les mouvements de la langue et ceux des cordes vocales; en fait, les cordes vocales sont fréquemment actives au moment exact où la langue touche au palais pour la consonne [a]. Cette perturbation est cliniquement pertinente, car dans notre expérience, elle n'est jamais observée auprès des sujets normaux.

### Parkinson JL, répétition lente de [ka]

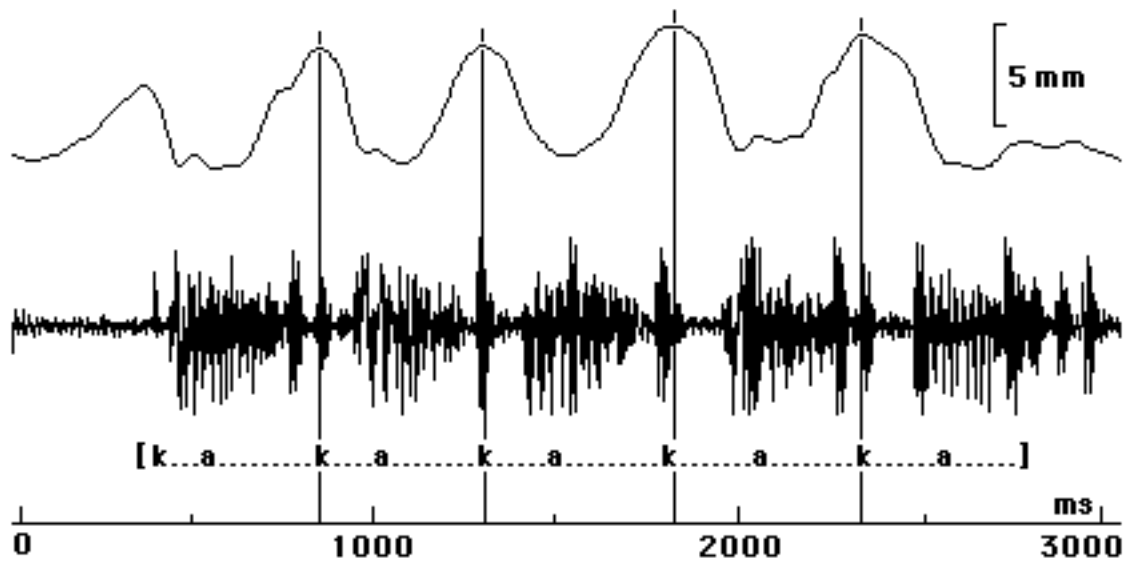


Figure 9. Un deuxième cas de maladie de Parkinson. Quoique semblable au malade précédent en ce qui concerne l'évolution de sa maladie, les mouvements linguaux de ce patient sont plus réguliers. Cependant, l'activité des cordes vocales est dérégulée par rapport à l'activité linguale. En effet, aux lignes verticales, on peut noter des productions sonores importantes aux moments des occlusions linguo-palatales pour [ka]. Ceci est un phénomène qui n'est jamais observé auprès des sujets normaux.

### Démence sénile

Les prochaines observations concernent une femme de 68 ans présentant les conséquences d'une démence sénile. Parmi les signes facilement observables de sa perturbation motrice, nous avons remarqué un tremblement marqué de la mâchoire inférieure, autant durant le repos que durant la production de la parole. De plus, cette personne parlait avec une voix faible et rauque et une articulation distortionnée (donc dysarthrique). De plus, elle tendait à persévérer les stimuli au-delà des périodes d'enregistrement de 4.5 secondes, répétant durant plusieurs minutes des séquences telles que «le macaque assommé» ou «le lac à canards». De plus, la malade marchait avec difficulté et lenteur.

L'examen de l'enregistrement ultrasonique (Figure 10) révèle une perturbation profonde de la motricité linguale. Premièrement, le tracé montre une irrégularité générale du mouvement, accompagnée d'une réduction substantielle de l'étendue du mouvement. Au lieu d'un déplacement de 8 à 10 mm, typiquement relevé auprès de sujets normaux en condition de répétition lente, cette malade produisait des déplacements mesurant typiquement 2 et 3 mm et au maximum 6 mm. En outre, la patiente était incapable de distinguer le rythme de la répétition lente et de la répétition rapide. Tel qu'illustré dans la figure 10, elle produisait une répétition à chaque 900 ms environ, un rythme typique de la répétition lente chez le sujet normal. (Chez le sujet normal, la répétition rapide se fait généralement à 3 - 5 fois de cette fréquence). Nous en déduisons que cette malade éprouvait des difficultés à programmer les paramètres moteurs de l'élocution rapide.

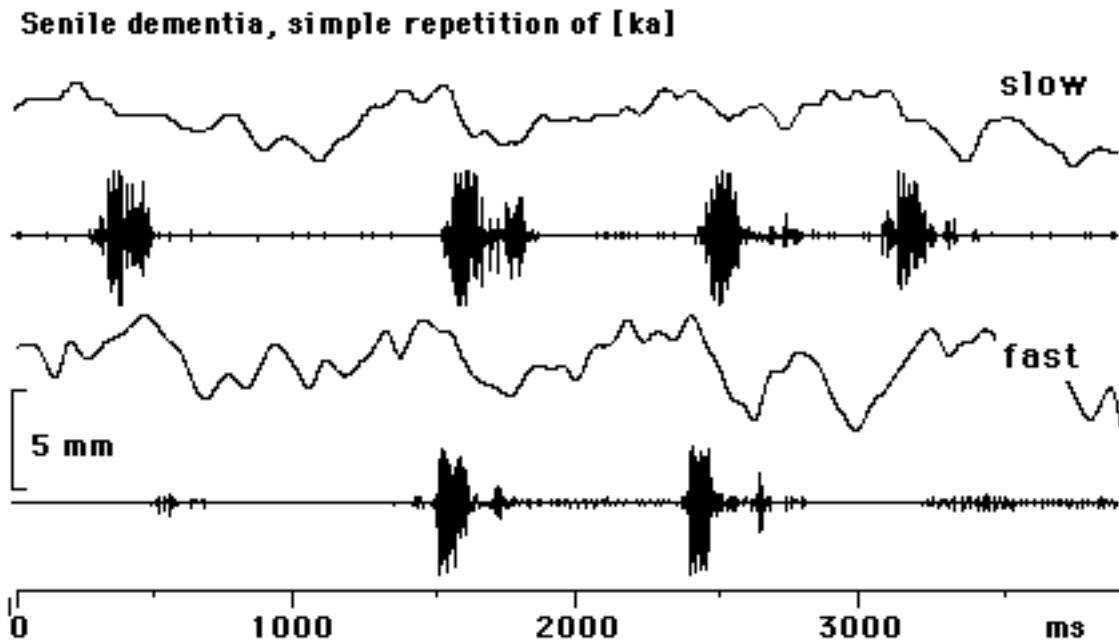


Figure 10. Deux enregistrements de l'articulation en répétition simple de [ka] d'une personne avec démence sénile. On remarque que cette malade n'était pas en mesure de distinguer systématiquement un débit rapide d'un débit lent (voir tracé acoustique).

Finalement, nous avons effectué une analyse spectrale de plusieurs des mouvements linguaux de cette malade, afin de vérifier si l'articulation de la langue était autant affectée par le tremblement que ne l'était l'articulation de la mâchoire inférieure. Remarquons que les répétitions volontaires de la syllabe [ka] se font généralement à un rythme de 0,5 à 6 Hz, tandis que les mouvements involontaires, ou les tremblements, s'effectuent au rythme plus rapide de 6 à 12 Hz. Une analyse spectrale («Fast Fourier Transform») distingue les mouvements plus lents des mouvements plus rapides en montrant leurs rythmes sous forme de «pics d'amplitude» dans le spectre des composantes temporelles du mouvement.

Les résultats de cette analyse étaient quelque peu ambigus (voir Figure 11). Quoique certains «pics» étaient visibles entre 8 et 10 Hz, leur amplitude était inférieure à celle habituellement associée à un tremblement (voir p.ex. Hunker & Abbs, 1984). Nous en avons donc conclu que les éléments involontaires du mouvement relevés par ces analyses spectrales étaient en toute probabilité reliés aux conséquences secondaires du tremblement marqué de la mâchoire inférieure, et ne constituaient pas une évidence fiable en faveur d'un tremblement lingual. En vue des hypothèses qui proposent un origine central du tremblement, il est donc possible qu'à ce niveau central, le contrôle moteur de la mâchoire soit indépendant de celui de la musculature linguale (p.ex., au niveau du système extrapyramidal, voir Hassler, Mundinger & Riechert, 1970).

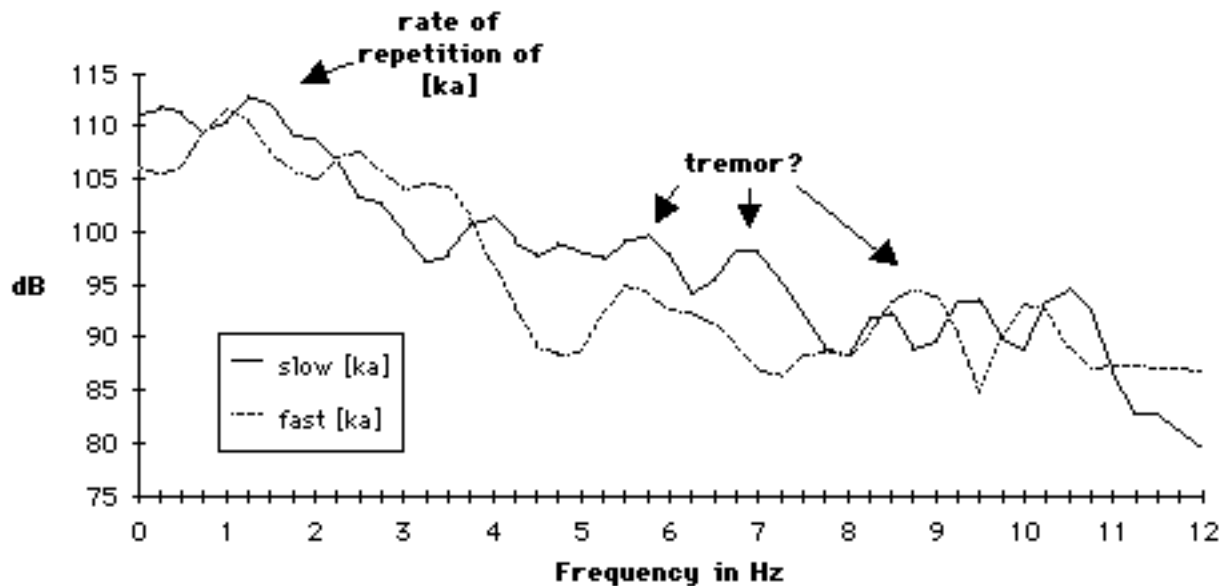


Figure 11. Analyse spectrale de deux enregistrements de mouvement lingual de la personne affectée par la démence sénile. Les «pics» se situant à 1-1.1 Hz sont indicatifs des mouvements volontaires réguliers associés à la répétition de [ka], tandis que les «pics» à 8-10 Hz représentent possiblement une l'activité involontaire (tremblement) superposé au mouvement intentionnel. Même si l'amplitude réduite de ces pics et la présence d'un tremblement marqué de la mâchoire remet en question un diagnostic de tremblement, cette figure illustre bien la pertinence clinique de ce type d'analyse spectrale.

#### *Bégaiement adulte*

Le prochain cas concerne les effets moteurs du bégaiement. Nous avons effectué plusieurs enregistrements avec bégues adultes et adolescents, afin d'établir les aspects moteurs de leur perturbation. Dans un travail effectué dans notre laboratoire, Garcia (1981) a pu mettre en évidence que les déplacements pour la syllabe [ka] de deux sujets bégues étaient significativement plus variables que ceux de deux sujets normaux comparables.

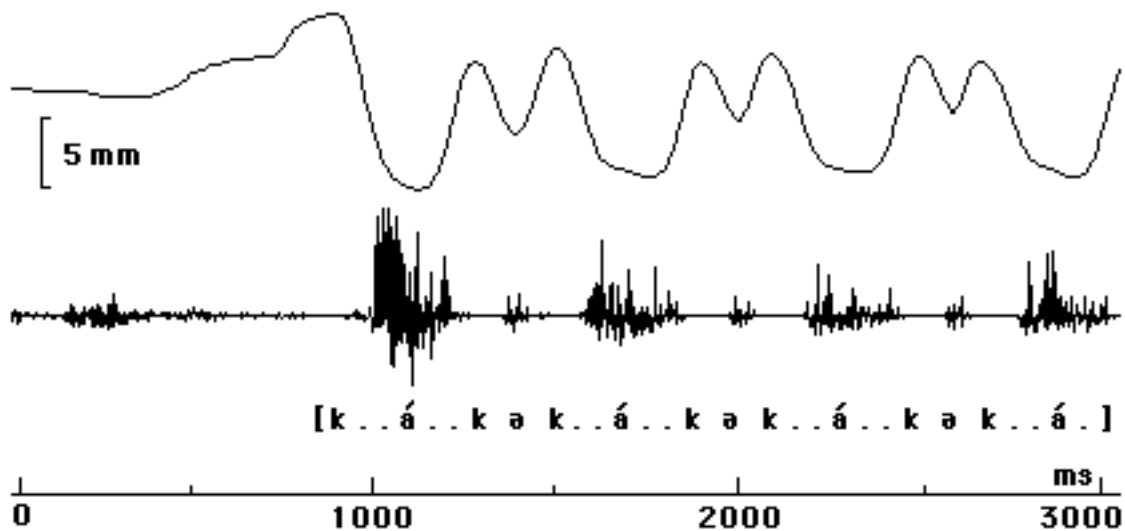
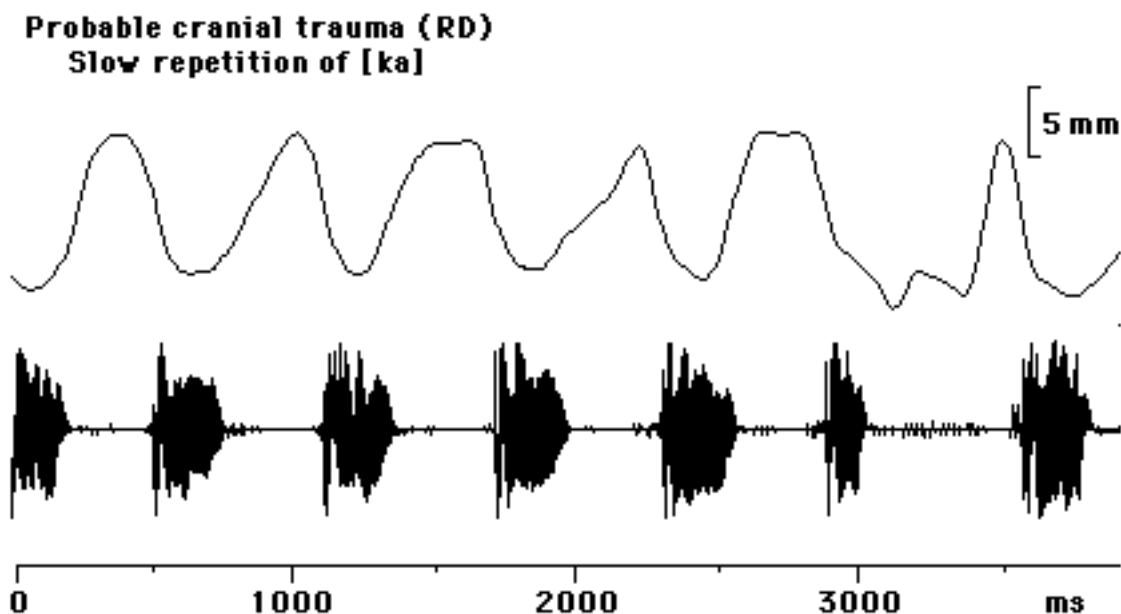


Figure 12. Sujet bègue anglophone en répétition du stimulus [kàkə]. L'amplitude du premier mouvement est excessive et les mouvements courts sont initialement mal distingués des mouvements longs.

Si cette irrégularité est moins évidente dans l'enregistrement de la répétition du stimulus [kàkə], relevé d'un bègue anglophone d'environ 40 ans (présenté à la figure 11), d'autres perturbations peuvent y être distinguées. Premièrement, le mouvement initial paraît excessif en comparaison avec les mouvements initiaux des sujets normaux (p.ex. Figures 5 et 6). Cette observation va de pair avec l'observation générale voulant que la syllabe initiale d'un énoncé bègue subit des perturbations plus importantes que les syllabes non-initiales. Parallèlement, on observe dans la figure 11 que l'amplitude des mouvements linguaux diminue au cours des différentes répétitions du stimulus, un phénomène inconnu chez les sujets normaux. Une difficulté d'un autre ordre relève de la distinction entre les mouvements courts (associés à syllabe [kə]) et les mouvements longs (typiques de la syllabe [kà]). Tandis que les sujets normaux anglophones effectuent des mouvements courts mesurant typiquement entre un tiers et un quart de l'amplitude des mouvements longs (non disponibles ici), les trois sujets bègues enregistrés dans notre laboratoire effectuaient des mouvements « courts » qui mesuraient typiquement deux tiers de l'amplitude des mouvements « longs ». D'ailleurs, la figure 11 indique que le rapport entre les deux types de mouvement devient plus prononcé avec chaque répétition du stimulus. Cette observation appuie davantage l'hypothèse que la difficulté de distinction de mouvements courts et longs relève d'une difficulté motrice, tout comme celle qui est à l'origine de l'amplitude et de la variabilité excessives des mouvements des sujets bègues. Ces irrégularités, typiques des perturbations cérébrales légères, appuient donc la position selon laquelle le bégaiement serait d'origine constitutionnelle, quoique fortement influencé dans ses manifestations et son évolution par la réaction provoquée par le sujet bègue dans son environnement social.

#### *Traumatisme crânien*

Le dernier cas nous a été référé par son neurologue afin d'établir si cette personne souffrait d'une perturbation motrice. Il s'agit d'un homme de 65 ans, chauffeur de camion en retraite, qui s'est cogné la tête en tombant sur un perron il y a quinze ans. Lors de cet accident, aucune perte de mnésique a été observée, mais au cours des 8 jours suivant l'accident, il était sans parole. A présent, il parle normalement, mais il parle de moins en moins fort quand il se fatigue. L'examen clinique<sup>2</sup> laissait soupçonner un problème de motricité: le malade ne pouvait pas toucher avec sa langue la lèvre supérieure, tandis qu'il était en mesure de la tourner vers le bas. De plus, il éprouvait des difficultés à faire suivre deux mouvements oraux [un bec et une claque de la langue]. Finalement, il poussait contre l'abaisse-langue avec une force qui semblait spastique.



<sup>2</sup>L'examen de la motricité de la parole a été effectué par Mme F. Cot, orthophoniste.

Figure 13. Personne avec ancien traumatisme crânien, répétition lente de [ka]. Quoique cette personne parle sans trace audible d'une perturbation motrice, l'examen ultrasonique indique des irrégularités importantes.

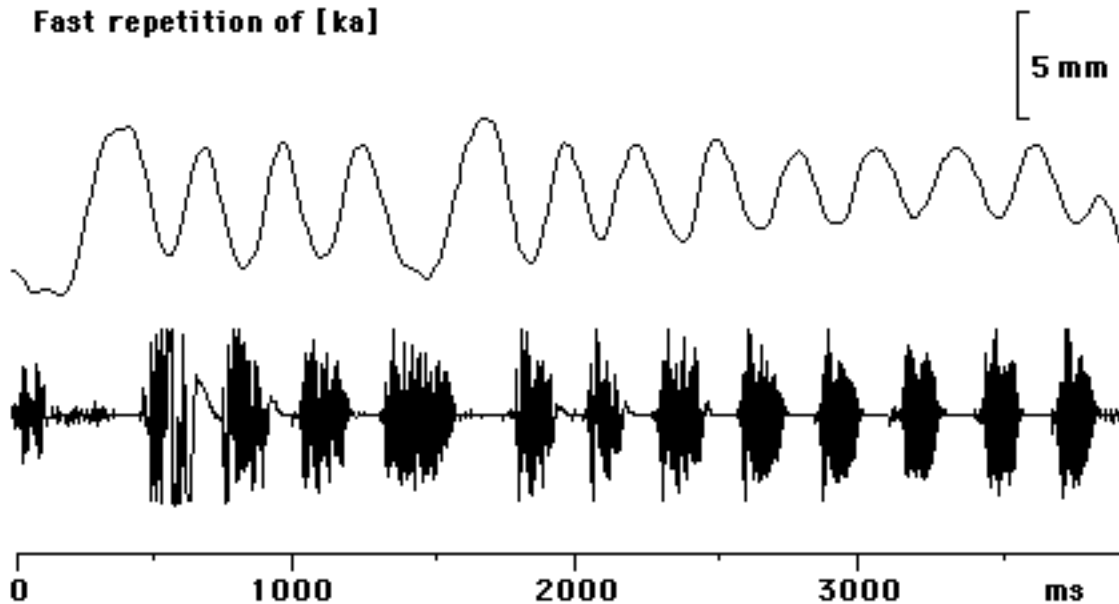


Figure 14. La répétition rapide de [ka], effectué par le même patient avec traumatisme crânien. Ce tracé montre deux diminutions de l'amplitude du mouvement, comme si le malade «s'épuisait» de l'effort élocutoire.

L'examen instrumental a pu discerner des difficultés non évidentes à l'oreille (Figures 12 et 13). On note les mouvements irréguliers de ce malade, particulièrement par rapport à leur aspect temporel, et la diminution de l'amplitude du mouvement, laquelle est d'ailleurs évidente dans les répétitions rapides (Figure 13). Une évaluation statistique a révélé que seules les durées des mouvements de ce malade étaient significativement plus variables que celles d'un sujet normal typique du même âge. Par contre, les amplitudes (ou étendues) des mouvements du malade avec traumatisme n'étaient pas significativement plus variables que les amplitudes des mouvements du sujet contrôle. Ces différences de variabilité ont été évaluées au moyen d'un test F des rapports entre les variances du malade et ceux du sujet contrôle ( $F_{\text{amplitudes}}$  entre 0,530 et 0,788, d.l. 22; 34 et 41; 55, n.s.;  $F_{\text{durées}}$  entre 2,495 et 7,463, d.l. 50; 56 et 41; 55,  $p < 0,005$ ).

En prenant appui sur ces informations, nous concluons que le traumatisme crânien de ce malade, subi il y a 15 ans, affecte effectivement son contrôle moteur de la parole. Il induit en particulier une erreur de programmation temporelle, et affecte le maintien de la force du mouvement à travers l'énoncé.

## CONCLUSIONS

Ces observations nous permettent d'en arriver à des conclusions importantes d'ordre méthodologique et clinique. En premier lieu, nous considérons que l'évaluation ultrasonique de la motricité linguale constitue une méthodologie prometteuse dans l'analyse des perturbations neuromotrices de la parole. Plusieurs cas présentés ici ne témoignaient que de perturbations minimales lors de l'examen clinique de la motricité de la parole, tandis que leur perturbation motrice était clairement visible sur le tracé ultrasonique. De plus, l'information quantitative disponible au moyen de cette méthode est de loin plus détaillée que

l'information provenant de l'examen clinique et en outre, elle se prête facilement à la quantification statistique.

En contrepartie, la méthode développée à notre laboratoire a aussi ses limites. Dans notre expérience, un sujet sur cinq présente de sérieux problèmes d'enregistrements. Le problème le plus fréquent est celui de l'écho ultrasonique trop faible pour effectuer un enregistrement fiable. Puisque ceci semble être lié avant tout aux limites de puissance et de résolution de notre système actuel, il est à prévoir que des appareils plus performants pourraient dans le futur amener des solutions à ce type de problème. Une autre difficulté que nous avons identifiée a trait aux tremblements ou mouvements involontaires de certains malades. Évidemment, seuls des sujets qui peuvent maintenir leur tête en position tranquille et équilibrée pendant au moins un quart d'heure peuvent être enregistrée par cette méthode.

Il est aussi important de considérer la sécurité de la radiation utilisée dans ce contexte. Nous effectuons un contrôle particulier contre les effets potentiellement nocifs des ultrasons. Nous utilisons un appareil «A-scan» Picker, modèle 103, qui n'emploie qu'un seul faisceau ultrasonique et construit pour l'utilisation clinique. De plus, lors du positionnement initial du transducteur, nous ajustons l'amplitude de l'émission à son minimum, et nous nous assurons que l'émission ne traverse que du tissu musculaire. Rappelons aussi qu'aucun effet nocif des ultrasons n'a jamais été démontré auprès de personnes adultes, aux amplitudes de radiation ultrasonique habituellement employées en milieu clinique.

Notre conclusion d'ordre clinique est que plusieurs paramètres cinématiques, rendus disponibles par notre méthode, pourront capter certains aspects cruciaux des perturbations motrices de la parole. En particulier, nous avons pu voir que certains paramètres sont souvent perturbés:

- (1) le degré de variabilité dans l'étendue du mouvement,
- (2) le degré de variabilité des durées du mouvement,
- (3) le degré de coordination entre les mouvements de différents organes d'articulation,
- (4) le maintien de l'amplitude du mouvement durant un énoncé complet,
- (5) la différenciation entre mouvements longs et mouvements courts,
- (6) et peut-être la présence de tremblements superposés au mouvement.

Dans des recherches ultérieures, nous chercherons à voir s'il est possible d'associer ces déficits de façon fiable à des syndromes spécifiques. En outre, nous chercherons à intégrer ces observations à la théorie actuelle de la motricité humaine. Il est à espérer que les mesures cinématiques de l'articulation de la parole nous permettront de relier de façon rationnelle, les observations traitant des perturbations motrices de la parole à celles qui concernent les aspects normaux de la motricité de la parole et de la motricité générale.

## REMERCIEMENTS

Je remercie Mmes A.E. Simon et F. Cot, orthophonistes, pour les résultats des examens cliniques de la motricité orale et faciale de trois des malades présentés dans ce travail, ainsi que la docteur R. Labrecque, neurologue, pour m'avoir référé les cas de démence sénile et de traumatisme crânien. Je remercie aussi Mme Ginette Ladouceur pour l'analyse des tracés ultrasoniques effectuée pour le dernier malade de cette série. De plus, l'assistance de Glen Diener dans le développement des logiciels d'enregistrement et d'analyse est fortement apprécié. Le texte a subi des améliorations de style fort utiles suite aux suggestions de Michèle Dumont. Ces recherches reçoivent l'appui financier du Conseil de Recherche en Science et Génie (CRSNG) du Canada (subvention no. A1034), du F.C.A.R.-Québec (équipe 128), du Programme de l'aide financière aux chercheurs et aux créateurs (P.A.F.A.C.C.) de l'Université du Québec à Montréal et du Conseil de Recherche en Médecine du Canada (C.R.M.C.) dans le cadre du programme commun de recherche PG-28.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Darley, F.L., Aronson, A.E., & Brown, J.R. (1969). Differential diagnostic patterns of dysarthria. Journal of Speech and Hearing Research, *12*, 246-269.
- Darley, F.L., Aronson, A.E., & Brown, J.R. (1975). *Motor speech disorders*. Philadelphia, PA: W.B. Saunders Company.
- Dworkin, J.P. (1978). II. Differential diagnosis of motor speech disorders: The clinical examination of the speech mechanism. Journal of National Student Speech and Hearing Association, December, 37-62.
- Garcia, L. (1981). Ultrasonic Measurement of Tongue Displacement in Stutterers. Projet de maîtrise, Université McGill.
- Hassler, R., Mundinger, F., & Riechert, T. (1970). Pathophysiology of tremor at rest derived from the correlation of anatomical and clinical data. Confinia Neurologica, *32*, 79-87.
- Hécaen, H., & Angelergues R. (1965). Pathologie du langage. Paris: Larousse.
- Hunker, C.J., & Abbs, J.H. (1984). Physiological analyses of parkinsonian tremors in the orofacial system. In M.R. McNeil, J.C. Rosenbek, & A.E. Aronson (Eds.), The Dysarthrias: Physiology, Acoustics, Perception, Management (pp. 69-100). San Diego, CA: College-Hill Press.
- Keller, E. (sous presse a). The cortical representation of motor processes of speech. Dans E. Keller & M. Gopnik (Réd.), Motor and sensory processes of language. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Keller, E. (sous presse b). Analyse fonctionnelle des perturbations neurologiques de la motricité de la parole. A paraître dans H. Cohen (Réd.), Perspectives contemporaines en neuroscience. Montréal: Études Vivantes.
- Keller, E. & Ostry, D. (1983). Computerized pulsed echo ultrasound measurements of tongue dorsum movements. Journal of the Acoustical Society of America, *73*, 1309-1315.