

# Vers une organisation syllabique des lexiques Tendances, dépendances et cooccurrences segmentales

Isabelle Rousset et Nathalie Vallée

Institut de la Communication Parlée  
BP 25 –38040 Grenoble cedex 9, France  
Tél.: ++33 (0)476 82 41 19 - Fax: ++33 (0)476 82 43 35  
Mél : rousset,vallee@icp.inpg.fr

## ABSTRACT

This paper deals with the organisation of the syllable in natural languages. As a first attempt to shed light on selection and restriction constraints in syllable structure, we present our results based on 14 languages. First, we present some implicational laws connected to the frequency of different syllable types and based on the complexity of onset and coda. Then we are interested in the relations between segments that appear in the same syllable, or in onset of two consecutive syllables. If we hypothesize that the most frequent syllable types are the most functional ones, searching for a syllabic “architecture” based on C-V cooccurrences could reveal the syllable-structure frames.

## 1. INTRODUCTION

Alors que la réalité phonologique de la syllabe n'a pas encore trouvé de consensus dans la forme linguistique, le développement récent des études neurophysiologiques en parole place la syllabe au centre des préoccupations actuelles en ce qui concerne l'émergence, l'acquisition et le fonctionnement du langage humain. Impliquée directement dans les mécanismes rythmiques des langues dans certaines théories phonologiques (exemple : Théorie de la syllabe : rythme et qualité, [Ang97]), la syllabe en dehors de tout processus d'abstraction est aussi avancée comme le générateur universel de rythme pour les langues (théorie *frame/content*) [Mac90] [Mac98]. Cette dernière explique que l'universelle structuration syllabique des langues du monde repose entièrement sur les mouvements alternés et cycliques d'élévation et d'abaissement de la mandibule – *the frame* – (établis phylogénétiquement selon [Mac98] p. 499 sur la cyclicité du processus d'ingestion des aliments). Cette modulation accordée à l'ouverture et à la fermeture de la cavité buccale correspond à la dimension articulatoire la plus exploitée par les langues pour la réalisation des unités sonores distinctives consonnes et voyelles – *content* – constituant les phases des cycles mandibulaires. La théorie F/C attire l'attention sur le rôle prépondérant de la mandibule dans le babillage mais aussi dans la structuration syllabique du lexique des langues : « *syllable-structure frames are represented in some way during the production process independent of segmental content elements* ».

Dans leur formalisme universel, les structures syllabiques s'analysent en combinaison d'unités discrètes C et V. À partir des inventaires phonologiques des langues, le potentiel syllabique théorique (possibilités de combinaisons C et V) est énorme. Or les langues semblent ne pas toutes les utiliser [Val00] et opèrent

vraisemblablement des sélections parmi toutes les possibilités. Ainsi, la présence de règles phonotactiques pour la constitution du lexique révèle les interactions consonnes-voyelles possibles et impossibles et indique que la syllabe est probablement construite sur les caractéristiques phonétiques de ses constituants et de leur séquence. Nous présentons ici, à partir de données lexicales et syllabiques de 14 langues, un ensemble de contraintes fonctionnelles et de dépendances contextuelles intra et inter-syllabique qui doivent contribuer à mieux appréhender l'organisation syllabique. En partant de l'hypothèse que les types de syllabes les plus répandus dans les langues sont plus fonctionnels que d'autres (au niveau articulatoire et perceptif), la recherche d'une « architecture » syllabique à partir des cooccurrences C-V doit pouvoir éclairer *the syllable-structure frames* (comme cela semble être le cas pour la constante de durée [Gre98]).

Notre étude est menée à partir d'ULSID (UCLA Lexical and Syllabic Inventory Database) [Mad92]. Y figurent les lexiques découpés en syllabes de 32 langues sélectionnées sur des critères de diversité génétique, mais aussi géographique. Une harmonisation de la transcription entre les lexiques est en cours à partir des symboles conventionnels de l'API (1996) et en conservant le codage d'ULSID pour les séparateurs : l'un indiquant le découpage de chaque entrée lexicale en syllabes, l'autre la séparation entre attaque, noyau et coda de chaque syllabe.

Les résultats présentés portent sur un ensemble de 14 langues (lexiques harmonisés) : afar, finnois, kannada, kanouri, kwakw'ala, navaho, ngizim, nyahkur, quechua, sora, thaï, wa, yup'ik, lxõo (cf. [Val00] pour plus de détails concernant l'appartenance génétique et la localisation géographique de ces langues). Cet échantillon correspond à plus de 164 000 syllabes résultant du découpage d'environ 63 000 entrées lexicales.

## 2. TENDANCES STRUCTURELLES

Dans un premier temps, la décomposition des syllabes en constituants C et V et leur regroupement en structures identiques, nous ont permis de mettre en évidence la présence d'un faible nombre de types de structure syllabique dans les lexiques. Les 164 132 syllabes de notre échantillon se répartissent en seulement 16 types [Val00], les langues possédant de 4 à 11 types, avec une moyenne de 7.4 par langue. L'examen des différents types montre que les syllabes CV sont universelles et très largement majoritaires sauf pour trois langues sur quatorze, pour lesquelles la structure CVC est dominante.

Les groupements consonantiques intra-syllabiques sont très nettement défavorisés (présents dans 1.2 % seulement des syllabes). Les fréquences d'apparition des différents types de structure confirment les tendances mises en évidence par [Ble95] (établies à partir d'un échantillon de 24 langues, dont une seule, le finnois, figure dans notre échantillon) : la présence dans une langue d'une structure syllabique complexe, ouverte ou fermée, entraîne la présence, dans cette langue, de la structure moins complexe (la complexité étant estimée en fonction du nombre de segments dans l'attaque ou la coda). Ainsi, d'après les langues de notre échantillon, il est possible de formuler que si une structure syllabique avec attaque complexe de n consonnes est attestée dans une langue, elle implique les structures avec attaques de n-i consonnes (i=1 à n-1).

Les implications suivantes sont observées :

CCCV ⇒ CCV ⇒ CV

CCCVC ⇒ CCVC ⇒ CVC

id. entre codas simples et complexes :

CVCCCC ⇒ CVCCC ⇒ CVCC ⇒ CVC

VCCC ⇒ VCC ⇒ VC ⇒ V

Les fréquences d'apparition des différentes structures dans les lexiques semblent également soumises à des contraintes : plus la complexité de l'attaque ou de la coda augmente, plus la fréquence de la structure diminue.

CCCV <<< CCV << CV

CCCVC <<< CCVC << CVC

CVCCCC <<< CVCCC << CVCC < CVC

VCCC <<< VCC << VC < V

Si nous considérons maintenant la nature phonétique des segments figurant dans les attaques ou les codas, nous remarquons que les implications structurelles sont conservées. Par exemple, dans le lexique du finnois, les groupes à trois consonnes /spr/ et /str/ impliquent respectivement la présence des groupes à deux consonnes /sp/ et /st/ et en kwakw'ala, les clusters de trois et quatre consonnes impliquent la présence des clusters inférieurs de trois et deux consonnes, soit /l x s/ ⇒ /l x/ et /ʔ x s t/ ⇒ /ʔ x s/ ⇒ /ʔ x/. Il apparaît donc à travers ce résultat que les groupements consonantiques intra-syllabiques sont soumis à des contraintes et qu'une étude des caractéristiques phonétiques des différents constituants des attaques et des codas devra permettre de cerner davantage les restrictions qui opèrent sur ces structures.

### 3. DÉPENDANCES INTRASYLLABIQUES

La recherche de règles phonotactiques dans les unités lexicales révèle des interactions intra-syllabiques consonne-voyelle favorisées mais aussi des dépendances dans la nature des segments en attaque et en coda.

#### 3.1 Cooccurrences dans CV

À la suite des travaux de [Kaw82] [Jan86] [Mac00] qui mettent en évidence des liens entre les propriétés phonétiques de la consonne et celles de la voyelle dans les syllabes de type CV, nous avons établi des matrices d'occurrences permettant d'observer la fréquence d'apparition de chaque association consonne-voyelle dans les 14 lexiques de notre échantillon. Les fréquences des

combinaisons CV attestées pour chaque langue ont été normalisées en fonction des fréquences respectives de C et V dans le lexique. Les Tables 1&2 présentent nos choix d'équivalences typologiques dans le regroupement des consonnes et des voyelles. Pour les consonnes, nous avons guidé nos choix avec les travaux de [Kea90]. Pour les voyelles, afin de pouvoir comparer nos résultats à ceux de [Jan86] [Kaw82] [Mac00], les antérieures arrondies (présentes dans 3 langues) et postérieures non arrondies (une seule langue), peu répandues dans notre échantillon, sont écartées de nos analyses.

**Table 1** : Regroupement des consonnes selon leur lieu d'articulation (bilabial et labio-dental ne sont pas regroupés, comme les consonnes d'arrière, afin de pouvoir comparer nos résultats avec ceux des travaux antérieurs).

Lieu d'articulation	Consonnes (API)
bilabial	p b m
labio-dental	f v
coronal	t d n l r r s d ŋ ʃ ʧ
palatal	c ɲ j ʎ
vélaire	k g ŋ x
uvulaire	q ɢ ʁ ʁ̥
pharyngal	ħ
glottal	h ʔ
labio-vélaire	w ʌ

**Table 2** : Regroupement des voyelles selon les positions de la langue et des lèvres.

Traits vocaliques	Voyelles (API)
antérieur non arrondi (I)	i e ε
central (A)	a ə i
postérieur arrondi (U)	u o ɔ
antérieur arrondi	y
postérieur non arrondi	ʉ ɣ

Nos principaux résultats sont portés dans la Table 3 qui met en évidence 3 types de cooccurrences favorisées entre C et V. Tout d'abord, les consonnes bilabiales sont plus répandues avec les voyelles centrales. Les consonnes coronales, pour leur part, sont privilégiées avec les voyelles antérieures (non arrondies). Les consonnes vélares, quant à elles, se rencontrent généralement avec des voyelles postérieures (arrondies). Pour les autres types de consonnes, on observe une préférence très nette pour les voyelles centrales, due essentiellement à la forte proportion de ce type de voyelle dans les 14 lexiques (plus de 40 % des noyaux syllabiques).

**Table 3** : Ratios entre les occurrences attestées et les occurrences attendues pour les combinaisons CV dans l'ensemble de nos langues ( $\chi^2$  significatif,  $p < 0.001$  pour chaque colonne).

	BI	CO	VE	Autres
I	0.84	<b>1.14</b>	0.86	0.92
A	<b>1.08</b>	0.94	0.99	1.11
U	1.00	0.99	<b>1.18</b>	0.88

Nos résultats rejoignent ceux de [Dav95] qui a étudié des productions d'enfants au stade du babillage ainsi que ceux de [Mac00] portant non seulement sur un corpus de langues actuelles et de protolangues, mais aussi sur des données du babillage et des premiers mots acquis par les enfants. Ils expliquent ces résultats par le *pre-setting* de la langue qui accompagne le mouvement d'oscillation mandibulaire réalisant une économie de geste. Par contre nos résultats ne sont que partiellement en accord avec [Kaw82] [Jan86]. Pour [Kaw82], les combinaisons défavorisées, car selon elle moins efficaces pour la perception, sont consonne labiale ou vélaire avec voyelle arrondie ainsi que consonne coronale ou vélaire avec voyelle antérieure. Pour [Jan86], l'absence de déplacements extrêmes des articulateurs explique la forte présence des séquences consonne coronale avec voyelle antérieure et consonne bilabiale ou coronale avec voyelle postérieure arrondie. Le prolongement de cette étude est en cours en menant l'analyse pour chaque langue.

### 3.2 Cooccurrences attaque/coda dans CVC

Le lien entre consonne initiale et voyelle se montrant moins évident dans les structures CVC, nous avons entrepris d'observer les relations entre la nature de la consonne en attaque et les caractéristiques de celle en position de coda dans les structures fermées.

En analysant le taux de l'inventaire des consonnes pouvant apparaître en attaque (de 87 à 100 %) et celui des consonnes pouvant occuper la position de coda (de 21 à 82 %), on remarque que, même si il y a une grande disparité entre les langues, les contraintes sur la position de coda sont plus importantes que celles sur les positions d'attaque. De manière générale, la coda est majoritairement occupée par des consonnes simples (sans dimension articuloire supplémentaire telle que l'aspiration, la laryngalisation, la labialisation etc.), et essentiellement des plosives sourdes, des nasales et des coronales. Pour les attaques, les restrictions sont beaucoup moins importantes puisque plus de 85 % des inventaires consonantiques peuvent apparaître dans cette position quelle que soit la langue. Ce taux plafonne à 95 % pour dix des langues de l'échantillon.

L'établissement de matrices d'occurrences pour les syllabes de types CVC, en fonction du lieu d'articulation des consonnes, nous a permis de faire apparaître des syllabes moins favorisées que d'autres. Comme pour les structures CV, les résultats ont été pondérés en fonction des fréquences des consonnes en position d'attaque et de coda. La comparaison entre les matrices d'occurrences pour les structures CVC attestées et les matrices CVC pondérées a montré que les syllabes fermées constituées de coronales en attaque comme en coda sont nettement défavorisées alors que ce type de consonnes est le plus répandu dans les syllabes. De manière plus générale, lorsque l'attaque et la coda partagent le même lieu d'articulation, la syllabe est défavorisée. Ce non-principe de parcimonie dans l'organisation intra-syllabique des CVC pourrait être lié à la réalisation de deux tâches identiques successives qui minimise le contraste perceptif à l'intérieur de l'élément syllabique. Si les CV favorisées relèvent d'une économie de geste, alors les cooccurrences

dans les structures CV et CVC ne semblent pas relever des mêmes principes.

Pour les autres syllabes du type CVC, les observations montrent que les coronales et les vélaire sont très dépendantes puisque les structures coronale-v-vélaire et vélaire-v-coronale sont très majoritairement favorisées.

Par contre, dans les structures avec consonne labiale et consonne coronale, les séquences labiale-v-coronale sont largement dominantes alors que coronale-v-labiale sont plus rares : 9 langues sur 13 privilégient les labiales à l'initiale (test binomial,  $p < 0.005$ , pour 7 d'entre elles).

Une analyse des combinaisons favorisées ou défavorisées par mode d'articulation devrait permettre d'apporter plus d'éléments pour comprendre ce type de contraintes intra-syllabiques (asymétries).

## 4. DÉPENDANCES INTER-SYLLABIQUES

Nous avons porté notre étude en particulier sur les liens entre consonne labiale et consonne coronale afin de confronter nos résultats à ceux de [Mac00] qui mettent en évidence une préférence inter-syllabique pour les mots commençant par une séquence de type labiale-v-coronale. Ce résultat montré dans 10 langues est inexistant dans le babillage, mais émerge au stade des premiers mots.

Nos analyses portent sur des séquences de type CV.CV et sur 10 langues de notre échantillon pour lesquelles les occurrences de ce type de séquences sont supérieures à 10. Pour 8 langues (exemple l'afar, Table 4), le nombre de séquences labiale-v-coronale est effectivement plus important que le nombre de coronale-v-labiale (test binomial,  $p < 0.005$ , pour 7 d'entre elles).

**Table 4 :** Matrice des cooccurrences consonantiques dans les structures CV.CV de l'afar (ratio LC/CL : 1.73) avec en ligne l'élément consonantique de la syllabe 1 et en colonne, la consonne de la syllabe 2.

Afar	BI	CO	VE
BI	4	30	10
CO	52	79	39
VE	10	27	0

La table 5 montre que sur le total des unités lexicales CV.CV, les syllabes labiale-v-coronale sont nettement plus fréquentes que les syllabes coronale-v-labiale. Le ratio LC/CL est de 2.39, ce qui correspond à celui de [Mac00] (ratio : 2.55). Ce résultat rejoint celui que nous avons obtenu en intra-syllabique entre attaque et coda d'une même syllabe et renforce ceux de [Mac00] puisque seul le finnois est commun à nos échantillons.

**Table 5 :** Matrice des cooccurrences consonantiques dans les structures CV.CV de 10 langues (ratio LC/CL : 2.39) ; consonne 1 en ligne et consonne 2 en colonne.

Total	BI	CO	VE
BI	65	241	83
CO	577	1005	582
VE	104	253	75

## 5. DISCUSSION

Quelles que soient les langues, les descriptions des processus diachroniques de lénition et fortition [Col99], les données expérimentales sur la force d'articulation [Fou97] [Kea95], l'organisation des combinaisons observables dans les jeux de langues, comme celles des échanges [Mac98], renforcent l'idée d'une organisation syllabique dans les langues. Convergent également dans ce sens les dépendances consonne-voyelle et consonne-v-consonne dans la syllabe, observées dans nos données. L'inventaire des consonnes en attaque bien plus large que celui des consonnes en coda, des types de consonnes plus fréquents en position initiale qu'en finale de syllabe, des tendances implicationnelles dans la complexité des structures qui restent vraies si on considère la nature des consonnes constituant ces structures, expriment probablement des contraintes fortes de position intra-syllabique. Par ailleurs la confirmation des résultats de [Mac00] sur les séquences de type labiale-v-coronale où labiale est une caractéristique de la position initiale de la syllabe 1 et coronal un trait de l'attaque de la syllabe 2, ouvre sans doute la piste d'une organisation cette fois inter-syllabique au niveau lexical.

Dans une démarche qui tente d'ancrer la forme dans la substance, l'exploration des données de langues est complémentaire aux études expérimentales visant la description des caractéristiques articulatoires et perceptives des entités syllabiques. Ainsi les asymétries phonologiques observées dans les langues ont souvent été avancées comme le résultat des propriétés des systèmes auditif [Lin00] et articulatoire [Kra99] [Sat02]. Nous avons montré que le principe de parcimonie pour la syllabe ne fonctionne pas. Ce résultat va à l'encontre du concept de coût minimal de production pour la syllabe, avancé pour la prédominance du patron labial-v-coronal [Mac00] (coût énergétique qui limiterait les degrés de liberté du conduit vocal avec un coût minimum de la mâchoire dans les mouvements d'ouverture/fermeture du conduit buccal). Par contre il va dans le sens de la recherche d'une certaine efficacité acoustique au niveau intra-syllabique et donc d'un contraste perceptif nécessaire entre le début et la fin de la syllabe et entre les attaques de deux syllabes contiguës.

Selon la théorie F/C, la syllabe a sa place dans une phonologie qui rendrait compte non seulement du développement des structures sonores de la langue maternelle, mais aussi du développement du point de vue phylogénétique. Si comme le conclut [Mac98] : « *the F/C theory suggests instead that the syllable frame should be regarded as providing an initial common basis for interactions between perceptual, lexical and motor subcomponents of the speech system in earlier hominids and modern infants.* » (p. 511), notre propos est qu'on doit pouvoir trouver les conséquences du *syllable-frame* dans l'utilisation des systèmes phonologiques des langues et entre autres dans la structuration syllabique des lexiques.

## BIBLIOGRAPHIE

[Ang97] Angoujard J.P. (1997), *Théorie de la syllabe. Rythme et qualité*, CNRS Edition, Gap.

- [Ble95] Blevins J. (1995-96), "The syllable in Phonological Theory", *Handbook of Phonological Theory*, Goldsmith J.A., Blackwell, pp. 206-235.
- [Col99] 1<sup>er</sup> colloque international du GDR-1954 Phonologie, "Lenition and Fortition", Nice, 10-11 juin 1999.
- [Dav95] Davis B. et MacNeilage P., (1995), "The Articulatory Basis of Babbling", *Journal of Speech and Hearing Research*, Vol. 38, pp. 1199-1211.
- [Fou97] Fougeron C. et Keating P.A. (1997), "Articulatory strengthening at edges of prosodic domains", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 101, pp. 3728-3738.
- [Gre98] Greenberg S. (1998), "A syllable-centric framework for the evolution of spoken language", *Behavioral and Brain Sciences*, Vol. 21, pp. 518.
- [Jan86] Janson T. (1986), "Cross-linguistic trends in the frequency of CV sequences", *Phonology Yearbook*, Vol. 3, pp. 179-195.
- [Kaw82] Kawasaki H. (1982), *An acoustical basis for universal constraints on sound sequences*, PhD dissertation, University of California.
- [Kea90] Keating P.A. (1990), "Coronal places of articulation", *UCLA Working Papers in Phonetics*, Vol. 74, pp. 35-60.
- [Kea95] Keating P.A. (1995), "Segmental phonology and non-segmental phonetics", *Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, Vol. 3, pp. 26-32.
- [Kra99] Krakow R. (1999), "Physiological organization of syllables: a review", *Journal of Phonetics*, Vol. 27, pp. 23-54.
- [Lin00] Lindblom B. (2000), "The Interplay between Phonetic Emergents and the Evolutionary Adaptations of Sound Patterns", *Phonetica*, Vol. 57, pp. 297-314.
- [Mac90] MacNeilage P. et Davis B. (1990), "Acquisition of Speech Production: Frame then Content", Jeannerod M. (Eds), *Attention and Performance, XIII. Motor representation and control*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates.
- [Mac98] MacNeilage P. (1998), "The Frame/Content Theory of Evolution of Speech Production", *Behavioral and Brain Sciences*, Vol. 21, pp. 499-511.
- [Mac00] MacNeilage P.F. et Davis B. (2000), "On the Origin of Internal Structure of Word Forms", *Sciences*, Vol. 288, pp.527-531.
- [Mad92] Maddieson I. (1992), "The structure of segment sequences", *UCLA Working Papers in Phonetics*, Vol. 83, pp. 1-8.
- [Sat02] Sato M., Schwartz J.-L., Cathiard M.-A., et Abry C. (2002), "Les contraintes de contrôle articulatoire intra-syllabique dans la mémoire de travail verbale", dans ces mêmes actes.

- [Val00] Vallée N., Boë L.-J., Maddieson I. et Rousset I., (2000), "Des lexiques aux syllabes des langues du monde. Typologies et structures", *XXIII<sup>èmes</sup> Journées d'Études sur la Parole*, Aussois, France, pp. 93-96.