



**HAL**  
open science

# Analyse de la qualité des phrases pour un bilan objectif de la parole

Etienne Sicard, Anne Menin-Sicard

► **To cite this version:**

Etienne Sicard, Anne Menin-Sicard. Analyse de la qualité des phrases pour un bilan objectif de la parole. [Rapport de recherche] INSA Toulouse. 2019. hal-02389764v1

**HAL Id: hal-02389764**

**<https://hal.science/hal-02389764v1>**

Submitted on 2 Dec 2019 (v1), last revised 10 Dec 2019 (v2)

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Analyse de la qualité des phrases pour un bilan objectif de la parole

*Etienne Sicard (1,2,3), Anne Menin-Sicard (2)*

*INSA-GEI, 135 Avenue de Ranguel, 31077 Toulouse (1)*

*Laboratoire LURCO [www.lurco.unadreo.org](http://www.lurco.unadreo.org) (2)*

*Laboratoire IRIT [www.irit.fr](http://www.irit.fr) (3)*

*[etienne.sicard@insa-toulouse.fr](mailto:etienne.sicard@insa-toulouse.fr)*

*[anne.sicard2@orange.fr](mailto:anne.sicard2@orange.fr)*

## **Résumé :**

Le but de cette analyse est d'évaluer au moyen de différents critères objectifs la qualité de phrases destinées à être intégrées dans un protocole de bilan rapide la parole. L'objectif est de couvrir un maximum de mécanismes, processus, éléments de phonotactique, espaces vocaliques et consonantiques en un minimum de syllabes et de mots. Nous abordons donc différentes notions telles que le triangle vocalique, les extrêmes vocaliques, l'occurrence des phonèmes et la phonotactique du Français, puis proposons différentes formulations de la qualité de la phrase. Nous illustrons nos propos sur les phrases retenues dans différents protocoles et index d'altération de la parole dans le contexte de la prise en charge orthophonique.

*Mots clé : orthophonie, évaluation de la parole, processus, triangle vocalique, extrêmes consonantiques, occurrence, phonotactique*

## **Introduction**

Le bilan rapide de la parole dans le contexte de la prise en charge orthophonique pose la question du choix d'une ou plusieurs phrases à faire répéter par le patient, en vue d'évaluer les capacités phonologiques d'une part et de détecter des indices permettant de classer la sévérité des troubles et d'orienter les axes thérapeutiques pour une prise en charge efficace d'autre part. De nombreux bilans exhaustifs sont proposés et utilisés en pratique orthophonique, dont les plus importants sont reportés tableau 1 [JPC 2019]. La durée de passation, de dépouillement et de synthèse des données peut se chiffrer en heures pour certains bilans. Proposer des bilans courts et non redondants pour limiter le temps de passation, de dépouillement et d'analyse semble donc opportun.

| Acronyme         | Définition  | Année de parution | Age         | Auteurs   | Edité par         | Temps de passation |
|------------------|---|-------------------|-------------|---|-------------------|--------------------|
| <b>BILO</b>      | Bilans Informatisés de Langage Oral - BILO 2, EC2, 3C   | 2007              | 5-7<br>8-15 | Khomsis A. J. Khomsis<br>F. Pasquet<br>A. Parbeau-Gueno | Pearson clinical  | 30 mn              |
| <b>CLEA</b>      | Communiquer, Lire, Ecrire, Apprendre  | 2014              | 2-14        | Pasquet F. ;<br>Parbeau-Gueno A. ;<br>Bourg E           | Pearson clinical  | 15 mn à 1H         |
| <b>DPL-3</b>     | Dépistage et Prévention du Langage chez les enfants de 3 ans - 2ème version                                     | 2010              | 3-4         | F. Coquet, M. Bruno                                     | Ortho Edition     |                    |
| <b>DIADOLAB</b>  | Bilan et rééducation de la parole   | 2019              | >3          | A. Menin Sicard, E. Sicard                              | GERIP             | 15 mn              |
| <b>ELO</b>       | Evaluation du Langage Oral  | 2001              | 3-10        | Khomsis A.  | Pearson clinical  | 30 mn              |
| <b>EVALO 2-6</b> | Bilan du langage de l'enfant de 2 à 6 ans   | 2009              | 2-6         | F. Coquet, J. Roustit, P. Ferrand                       | Ortho Edition     |                    |
| <b>EXALANG</b>   | Batterie informatisée pour l'examen du langage oral chez l'enfant   |                   | 3-20        | M.C. Helloin, M.P. Thibault, M. Lenfant                 | Happy neuron pro  | 45 mn à 1H         |
| <b>IFDC</b>      | Inventaire Français du Développement Communicatif   | 2010              | 1-3         | S. Kern, F. Gayraud                                     | Editions cigale   |                    |
| <b>ISADYLE</b>   | Instrument pour le Screening et l'Approfondissement de l'examen des Dysfonctionnements du Langage chez l'Enfant | 2012              | 3-12        | B. Piérart, A. Comblain, J. Grégoire, P. Mousty         | Deboeck Supérieur |                    |
| <b>L2MA-2</b>    | Batterie langage oral, langage écrit, mémoire, attention – 2ème édition   | 2010              | 8-11        | Chevrie-Muller C, Maillart C, Simon A.M., Fournier S    | Pearson clinical  | 1 H                |
| <b>N-EEL</b>     | Nouvelles épreuves pour l'examen  | 2001              | 2-8         | C. Chevrie Muller, M. Plaza                             | Pearson clinical  | 50 mn              |
| <b>PEES</b>      | Protocole d'Évaluation de l'Expression Syntaxique   | 2008              | 3-8         | C. Boutard, M. Bouchet                                  | Ortho Edition     |                    |
| <b>PELEA</b>     | Protocole d'Évaluation du Langage Élaboré de l'Adolescent   | 2010              | 11-18       | A. Guillon – C. Boutard                                 | Ortho Edition     |                    |
| <b>TLOCC</b>     | Test de Langage Oral Complexe pour Collégiens   | 2006              | 11-15       | N. Maurin-Chérou  | Ortho Edition     |                    |

Table 1 : Sélection de tests généralistes édités depuis 2000, classés par ordre alphabétique

Avec les progrès de l'informatique, les bilans se sont adossés graduellement à des outils, voire à des sites ou plateformes dédiés. Il est devenu possible de déléguer aux outils informatiques le soin de traiter de manière automatique un certain nombre de tâches, comme le calcul de scores et la comparaison à des normes, voire de générer des fiches de synthèse illustrées en vue du compte-rendu.

Notre démarche s'inscrit dans la mise au point d'un bilan court, efficace, afin de juger de l'intelligibilité et la fluence d'un patient et ainsi évaluer le degré d'altération de la parole de façon objective tout en gardant une approche clinique et pratique. Le protocole comporte un nombre minimal d'épreuves, afin de compléter la passation, l'interprétation et la synthèse du bilan en moins de 30 mn. Ceci situe notre approche très en deçà des durées de passation et d'exploitation, notamment dans des bilans exhaustifs listés au tableau 1.

Il est évident qu'une telle concision pourrait à première vue limiter les capacités du protocole à détecter toutes les formes d'altération et de pathologie de la parole. Mais l'idée est de se concentrer sur des métriques essentielles, développer les outils nécessaires à une semi-automatisation des analyses, afin de définir des axes thérapeutiques prioritaires. Le but est aussi de permettre d'évaluer la pratique orthophonique grâce à des comparaisons de scores de bilan court avant et après prise en charge, une approche en phase avec les pratiques probantes au cœur de la réflexion sur l'efficacité des approches orthophoniques.

Nous nous focalisons ici sur l'évaluation de la qualité des phrases destinée à être incluses dans le bilan rapide de la parole. Nous proposons une liste de critères de qualité, suivie d'une mise en formules et d'illustrations sur différentes phrases empruntées à des bilans de la parole édités ou publiés sous forme d'articles de recherche.

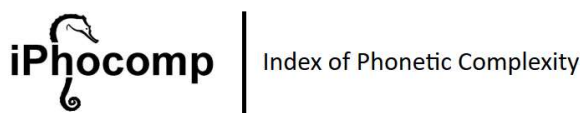
## Paramètres préliminaires

Nous définissons

- $n_{syllabes}$  = nombre de syllabes
- $n_{phonèmes}$  = nombre de phonèmes
- $n_{mots}$  = nombre de mots
- $présence\_phonème(i)$  = oui si le phonème existe dans la phrase, non sinon

## Critères de qualité d'une phrase

Différentes métriques d'analyse de complexité phonétique ont été proposées tels que le *word complexity measure* [Stoel-Gammon, 2010] ou l'*index of phonetic complexity* [Jakielski, 2000] dont un outil en ligne *iPhocomp* développé par [Lee 2014] permet le calcul automatique en ligne.



### Résultats obtenus

Une transcription personnalisée prise en compte dans le dictionnaire phonétique.

[Cacher les résultats détaillés](#)

| Mot          | Prononciation | Param. 1     | Param. 2     | Param. 3 | Param. 4     | Param. 5     | Param. 6 | Param. 7     | Param. 8     | IPC          |
|--------------|---------------|--------------|--------------|----------|--------------|--------------|----------|--------------|--------------|--------------|
| bonjour      | bʒuR          | 1            | 2            | 0        | 1            | 0            | 1        | 0            | 0            | 5            |
| monsieur     | m'sj2         | 0            | 1            | 0        | 0            | 0            | 1        | 0            | 0            | 2            |
| tralipau     | tRalipo       | 1            | 2            | 0        | 0            | 1            | 1        | 1            | 1            | 7            |
| <b>TOTAL</b> |               | <b>0.667</b> | <b>1.667</b> | <b>0</b> | <b>0.333</b> | <b>0.333</b> | <b>1</b> | <b>0.333</b> | <b>0.333</b> | <b>4.667</b> |

Figure 1 : Analyse de la complexité phonétique de mots grâce à iPhocomp

Ces index donnent une idée assez précise de la complexité phonétique des phrases mais manquent de pertinence dans le contexte de notre étude. Ils n'intègrent pas de notion d'efficacité phonétique, de redondance, ou encore de couverture de processus. Par exemple le paramètre 1 correspondant au lieu d'articulation des consonnes fonctionne de manière binaire, en n'attribuant un point que pour les consonnes dorsales, ignorant la couverture des autres consonnes des différents points d'articulation. Nous recherchons pour notre part une métrique plus précise. Notre approche diverge surtout sur l'aspect longueur des mots : la métrique implémentée dans iPhocomp rétribue des mots de plus de 3 syllabes, alors que nous recherchons une phrase la plus efficace et courte possible, en limitant les tâches de mémorisation.

Nous proposons différents critères permettant de considérer qu'une phrase est de qualité dans le cadre du bilan orthophonique de la parole, c'est-à-dire susceptible de fournir le maximum d'information sur les capacités phonologiques du patient en un minimum de temps d'analyse :

- Elle est courte
- Elle comprend les extrêmes vocaliques
- Elle comprend les extrêmes consonantiques
- Elle couvre au mieux les processus de parole
- Elle comprend les phonèmes qui ont le plus fort taux d'occurrence
- Elle est peu redondante
- Elle comporte des accents et contours prosodiques variés
- Sa phonotactique est proche de la langue française.

### *Phrase courte*

Plus la phrase sera courte, plus les efforts d'analyse et d'interprétation seront réduits. Si l'on utilise des outils tels que PRAAT [Praat] ou DIADOLAB [Diadolab] pour la segmentation des mots, syllabes ou phonèmes, l'effort d'identification des frontières, de comparaison entre phonème perçu et phonème attendu ainsi que le codage de la confusion éventuelle pour chaque phonème sera d'autant moins coûteux en temps que le nombre d'items à analyser sera réduit. De plus, une phrase courte sollicitera peu les capacités de mémoire immédiate ou les compétences morphosyntaxiques ce qui élimine ces biais susceptibles de perturber la performance de répétition (erreurs, oubli de mots, ralentissement du débit, erreurs lexicales, diminution de l'intonation, hésitations).

Nous définissons le paramètre *simplicité*, allant de 0 à 100, où 0= longueur extrême, et 100=phrase ultra courte. Nous considérons que la simplicité d'analyse reste excellente (100) tant que la phrase comporte moins de 5 phonèmes. Dans ce cas, la difficulté est considérée comme *nulle*. Au-delà, la simplicité décroît selon l'équation Eq. 2 décrit ci-dessous. Dans la mesure où il s'agit d'une phrase modèle entendue par le patient, puis répétée, on peut considérer ici que plus la phrase est longue, plus elle sera difficile à répéter correctement, car comme précisé lus haut, sollicitant la mémoire de travail ainsi que les compétences morphosyntaxiques. Le 2<sup>ème</sup> paramètre de l'équation 2 est une formulation de la *difficulté*.

$$\text{simplicité} = 100 \text{ si } n_{\text{phonèmes}} < 5 \text{ (eq. 1)}$$

$$\text{simplicité} = 100 - 2(n_{\text{phonèmes}} - 5) \text{ sinon (eq. 2)}$$

## Exemple

Considérons 15 phonèmes. *Simplicité* = 80%

Des logatomes issus du bilan EVALO [Coquet 2009] tels que *Mouko*, *Fanvé* ont 4 phonèmes, donc une difficulté nulle. Le mot *Chanedu*, avec 6 phonèmes, a une difficulté de 2%.

Rajouter nos exemples extrêmes

Bonjour Mr Tralipau. *Simplicité*

Glochin l'écureuil : *simplicité* ?

## Couverture des phonèmes

Le taux de couverture des phonèmes correspond au nombre de phonèmes différent parmi les 36 phonèmes de la langue française. Nous définissons un taux de couverture de voyelles de 0..100 comme suit :

$$\text{couverture\_voyelles} = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^{n_{\text{voyelles}}} \text{présence\_voyelle}(i)}{n_{\text{voyelles}}} \quad (\text{eq. 3})$$

Nous définissons un taux de couverture des consonnes de 0..100 comme suit :

$$\text{couverture\_consonnes} = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^{n_{\text{consonnes}}} \text{présence\_consonnes}(i)}{n_{\text{consonnes}}} \quad (\text{eq. 4})$$

## Exemples

- La phrase /b/on/j/ou/r/m/eu/s/i/eu/t/r/a/l/i/p/au couvre 50% des consonnes et 46% des voyelles
- La phrase /i/l/v/o/l/d/é/f/r/an/b/ou/a/z couvre 44% des consonnes et 46% des voyelles

## Occurrence des phonèmes

Les taux de couverture des voyelles ou des consonnes ne prennent pas en compte le fait que certains phonèmes sont très fréquents (/a/ : 8%), d'autres rares (/ch/ : 0.5%). Dans [Wioland 1991], de nombreux détails sur la fréquence des sons et des syllabes de la langue français sont donnés, d'après l'analyse de 200.000 phonèmes.

### Occurrence des Consonnes :

/r/ (7,25%), /s/ (6%), /l/ (5,63%), /t/ (5,33%), /k/ (4,06%), /d/ (4,03%), /m/ (3,84%), /p/ (3,71%), /n/ (3,09%), /v/ (2,75%), /j/ (2%), /z/ (1,66%), /ʒ/ (1,53%), /f/ (1,4%), /w/ (1,4%), /b/ (1,31%), /ch/ (0,53%), /g/ (0,47%)

### Occurrence des Voyelles :

/é, è/ (10,6%), /a/ (8,55%), /i/ 5,12%, /e, eu/ (4,31%), /au, o/ (3,36%), /an/ (3,09%), /ou/ (2,43%), /on/ (2,25%), /i/ (1,9%), /in/ (1,84%)

Nous pouvons donc, pour une liste de phonèmes donnés, calculer un score d'occurrence, selon la formule Eq. 5, en ne comptant l'occurrence élémentaire qu'une fois par phonème en cas de redondance.

$$occurrence = \sum_{i=1}^{n_{phonèmes}} occurrence_i \text{ (eq. 5)}$$

### Exemples

- La phrase /m/eu/s/i/eu/s/e/g/in/n/a/v/è/j/a/m/è/u/d/e/b/o/n/e/r/a/v/è/k/s/é/ch/è/v/r correspond à /m/eu/s/i/e/g/in/n/a/v/è/j/u/d/b/o/r/k/é/ch/ sans redondance, soit une occurrence de 71 %,
- La phrase /j/e/v/è/ch/an/j/é/d/eu/p/o/r/t/a/b/l correspond à une occurrence de 63 %
- La phrase /b/on/j/ou/r/m/eu/s/i/eu/t/r/a/l/i/p/au correspond à une occurrence de 56 %
- La phrase /i/l/v/o/l/d/é/f/r/an/b/ou/a/z correspond à une occurrence de 52 %

Plus la phrase est longue et plus le score d'occurrence a des chances d'être élevé. Notre phrase a une occurrence de 56% car le choix des voyelles s'est porté sur les extrêmes du triangle et sur des phonèmes qui étaient souvent altérés chez des sujets en difficulté. Pour avoir un score élevé il aurait fallu introduire le phonème /é/ par exemple. Notre première phrase est bien placée en ce qui concerne les consonnes.

### Redondance

Pour juger de l'efficacité d'une phrase comparée à une autre, nous avons considéré le paramètre de redondance comme étant un élément de moindre efficacité. Au contraire, une phrase ne comportant aucun élément redondant serait en théorie susceptible de fournir davantage de renseignements qu'une phrase jugée redondante. On considère un score de redondance comme étant le nombre de phonèmes égaux divisé par le nombre de phonèmes (eq. 6).

$$redondance = \frac{phonèmes\_égaux}{n_{phonèmes}} \text{ (eq. 6)}$$

### Exemples

- Phrase : /b/on/j/ou/r/m/eu/s/ieu/tr/a/l/i/p/au : le /i/ est redondant (1/15) soit 7%
- Phrase : /è/s/k/e/t/u/k/o/n/è/g/l/au/ch/in/l/é/k/u/r/ei : /u,è,k,l/ redondants, /k/ 3 fois, soit 24%
- Phrase : /i/l/v/o/l/d/é/f/r/an/b/oua/z : /l/ redondant (1/13) soit 8%
- Phrase : /m/eu/s/ieu/s/e/g/in/n/a/v/è/j/a/m/è/u/d/e/b/o/n/e/r/a/v/è/k/s/é/ch/è/v/r /a,e,è,v,m,n,v,s,r/ redondant, /s/ 3 fois, /è/ 4 fois, redondance totale 41%

La phrase « Bonjour Monsieur Tralipau » a un score de redondance nul si l'on considère /i/ différent de /ieu/, alors que la phrase « Monsieur Seguin » a un score élevé, cela signifie qu'elle teste plusieurs fois le même phénomène.

### Extrêmes vocaliques

Nous considérons que la présence d'extrêmes vocaliques dans le choix de la phrase est un élément favorable au détriment de voyelles plus neutres ou situées au centre de l'espace vocalique. Plus les cibles articulatoires sont distantes les unes des autres, plus la prononciation de la phrase sera jugée difficile. Les efforts articulatoires pour les voyelles extrêmes sont plus importants que pour les voyelles dites « neutres ». De nombreux auteurs considèrent /a,i,ou/ comme les extrêmes du triangle vocalique. On considère une représentation à l'aide des formants F1 et F2 (en Hz), qui sont

les deux premières zones de résonance (Figure 2). Ces valeurs varient selon le genre et l'âge, mais la position sous forme d'extrême reste identique.



Figure 2 : Triangle vocalique /a,i,ou/ et autres voyelles pour une femme

Nous définissons un score de couverture d'espace (0..100) des voyelles en considérant :

$$espace\_vocalique = 100 \times Coef_{voyelles} \times \sum_{i=1}^{n_{voyelles}} espace(i) \quad (eq. 7)$$

Où  $espace(i)$  prend la valeur de 1 à 3, 3 pour les extrêmes vocaliques /a/, /i/, /ou/, 2 pour les voyelles assez proches des extrêmes /é/, /an/, et 1 pour les voyelles proches du centre du triangle (/on/).

### Exemples

- /Bonjour Monsieur Tralipau/ : 100%
- /Est-ce que tu connais Glochin l'écureuil/ : 80%
- /Il vole des Framboises/ : 100%
- /Monsieur Seguin n'avait jamais eu de bonheur avec ses chèvres/ : 90%

### Extrêmes consonantiques

Le raisonnement est similaire pour les cibles articulatoires de type consonantiques. Les consonnes qui demandent un effort articulaire important comme le /r/ ou le /s/ sont situées aux frontières de la banane consonantique. Nous avons considéré qu'elles avaient un « poids » plus important dans l'intelligibilité qu'une consonne plus médiane. Nous définissons un score de couverture d'espace (0..100) des consonnes en considérant :

$$espace\_consonantique = 100 \times Coef_{consonnes} \times \sum_{i=1}^{n_{consonnes}} espace(i) \quad (eq. 8)$$

Où  $espace(i)$  prend la valeur de 1 à 3, 3 pour les extrêmes consonantiques /m/s/r/k/g/, 2 pour les consonnes assez proches des extrêmes /t,d,ch,j/ et 1 pour les consonnes proches de la position neutre /l,p,b/. L'espace est considéré comme couvert à 100% non pas par la présence de 100% des consonnes, mais la couverture des principales positions de langue, comme illustré Figure 3.





Figure 3 : Classification postérieure/antérieure des consonnes

### Exemples

- /Bonjour Monsieur Tralipau/ : 100 %
- /Est-ce que tu connais Glochin l'écureuil/ : 90 %
- /Il vole des Framboises/ : 80 %
- /Monsieur Seguin n'avait jamais eu de bonheur avec ses chèvres/ : 100 %

### Accents et contours prosodiques variés

Le choix des phrases tient compte de son marquage prosodique. Nous privilégions sous forme d'une variable spécifique *richesse\_intonative* (0..100) les phrases qui comportent des accents intonatifs particulier, tels que les interrogations, exclamations, présence de mots tels que « tu », etc. Nous considérons 1 accent pour 4 syllabes par défaut. Le score est donc de 25% au minimum. Nous comptabilisons les accents spécifiques par analyse de caractères spéciaux dans la phrase et la présence de certains mots. Parmi les 500 mots de la médiathèque de DIADOLAB, nous assignons un poids particulier à certains mots tels que « tu, jamais, pourquoi, excellent, bravo, etc. » qui sont communément associés à un accent spécifique.

$$richesse\_intonative = 100 \times (0.25 + 0.3 \times accents_{spécifiques}) \text{ Eq. 9}$$

### Exemples

- /Bonjour Monsieur Tralipau/ : 40 %
- /Est-ce que tu connais Glochin l'écureuil/ : 75 %
- /Il vole des Framboises/ : 50 %
- /Monsieur Seguin n'avait jamais eu de bonheur avec ses chèvres/ : 45 %

## Processus de parole

Nous considérons comme un critère important le recensement pour chaque phrase des processus de parole tels que le processus de constriction, de voisement, d'occlusion, de résonance et de nasalité. Différents processus de paroles peuvent être identifiés. Dans [JPC2019], les processus suivants sont décrits pour la phrase « Bonjour Monsieur Tralipau ».

| Phonème    | Processus   |
|------------|---|
| <b>B</b>   | Voisement/occlusion                                   |
| <b>On</b>  | Voyelle nasale  |
| <b>J</b>   | Constriction/voisement                                |
| <b>Ou</b>  | Extrême vocalique postérieure                         |
| <b>R</b>   | Constriction extrême postérieure                      |
| <b>M</b>   | Voisement, nasalisation, occlusion antérieure extrême |
| <b>Eu</b>  | Phonème neutre, central                               |
| <b>S</b>   | Constriction extrême                                  |
| <b>ieu</b> | Diphthongue   |
| <b>Tr</b>  | Cluster   |
| <b>A</b>   | Extrême vocalique bouche ouverte                      |
| <b>L</b>   | Voisement puis occlusion douce                        |
| <b>I</b>   | Extrême vocalique langue antérieure                   |
| <b>P</b>   | Occlusion, explosion extrême                          |
| <b>Au</b>  | Voyelle   |

Table 2 : Liste des processus mis en œuvre dans la phrase « Bonjour Monsieur TraLiPau »

Nous attribuons des scores de 1 à 3 pour les différents processus en lien avec les consonnes en fonction de leur impact sur l'intelligibilité : plus il est extrême plus le score est élevé, plus sa durée est longue plus le score est élevé. L'occlusion sourde crée un burst susceptible de favoriser l'intelligibilité au détriment de son opposition sonore. La constriction sourde génère davantage de hautes fréquences que les constrictives sonores. Les nasales sont pauvres

- 3 points : /p/ ou /t/ ou /k/
- 3 points : /f/ ou /ch/ ou /s/
- 2 points : /v/ ou /j/ ou /z/
- 2 points : /b/ ou /d/ ou /g/
- 2 points : /r/ ou /l/
- 1 point : /m/ ou /n/
- 1 point : /gn/
- 3 points pour un cluster de consonnes (tr, br...)

Nous attribuons aussi des scores de 1 à 3 aux différents processus en lien avec les voyelles :

- 3 points : /a/ ou /i/ ou /ou/
- 2 points : /in/ ou /an/ ou /on/
- 1 point : /e/ ou /eu/ ou /é/
- 2 points pour une diphthongue

Le total est ensuite divisé par le nombre maximal de points et normalisé entre 0 et 100.

## Exemples

- Phrase : /b/on/j/ou/r/m/eu/s/ieu/tr/a/li/p/au : processus couverts à 80 %
- Phrase : /è/s/k/e/t/u/k/o/n/è/g/l/au/ch/in/l/é/k/u/r/ei : 70%
- Phrase : /i/l/v/o/l/d/é/f/r/an/b/oua/z : 70 %
- Phrase : /m/eu/s/ieu/s/e/g/in/n/a/v/è/j/a/m/è/u/d/e/b/o/n/e/r/a/v/è/k/s/é/ch/è/v/r : 77 %

## Phonotactique

Selon [Maillart 2006], il existe 7 structures syllabiques principales dans la langue Française. La structure syllabique la plus fréquente est la structure CV (55% d'occurrence). Six autres structures sont également autorisées : CCV (14%, ex. pré), CVC (13.5%, ex. lac), V, voyelle seule en début de mot (ex. a-mi) ou VV (hiatus) (10 %), deux voyelles successives au sein d'un mot - (ex. koala 10% d'occurrence), CVCC (1.5%, ex. porte) et diphtongue. Ces mêmes éléments statistiques ont servi à [Ghio 2016] pour l'établissement de listes de logatomes.

Nous analysons ici la structure de chaque syllabe décrite pour chaque phrase et tentons d'identifier le nombre  $N(i)$  de structures dans la phrase (Eq. 10). Nous évaluons la somme des écarts par rapport au pourcentage d'occurrence de référence (Eq. 11):

$$\text{Pour } i \in [1..7] \text{ occurrence}(i) = 100 \frac{N(i)}{n_{\text{syllabes}}} \text{ (eq. 10)}$$

$$\text{phonotactique} = 100 - \sum_{i=1}^7 \text{abs}(\text{occurrence}(i) - \text{occurrence\_ref}(i)) \text{ (eq. 11)}$$

## Exemples :

- Syllabes de la phrase: bon jour meu sieu tra li pau : 7 syllabes,  $N(1)=4$  [CV],  $\text{occurrence}(1)=100*4/7=55\%$ ,  $N(2)=100*1/7=14\%$  (CCV),  $1/7$  CVC (14%),  $1/7$  Diphtongue (14%) : écart très faible par rapport à la langue française : score de phonotactique :  $100-16\%=84\%$
- Syllabes de la phrase : /il vol dé fran bouaz/ : 5 syllabes :  $2/5$  CV,  $1/5$  CCV,  $1/5$  CVC,  $1/5$  diphtongue, score éloigné de la moyenne : phonotactique : 20%

Pour caractériser de façon précise l'efficacité et la pertinence des différentes phrases proposées, nous avons tenté de combiner ces paramètres et de proposer deux formulations : une formulation dite linéaire où tous les paramètres précédemment décrits ont le même poids ou une formulation dite non linéaire où les différents critères sont hiérarchisés en fonction de leur pertinence clinique. Nous les décrivons et illustrons les deux formulations à l'aide de graphiques colorés.

## Formulation linéaire

$$\text{Qualité} = (\text{efficacité} + \text{simplicité} + \text{processus} + \text{occurrence} + \text{espace\_consonnes} + \text{espace\_voyelles} + \text{richesse\_intonative} + \text{phonotactique})/8 \text{ (eq. 12)}$$

La première formulation qui vient à l'esprit consiste à faire une moyenne simple des items proposés. Cette formule, exprimée en Eq. 12 avec 8 paramètres, considère que chaque item a la même importance. Nous n'avons pas considéré les paramètres de couverture des voyelles et des consonnes, mais préféré l'occurrence des phonèmes. Les différences de score observées sont relativement peu importantes (Figure 4).

## Exemples

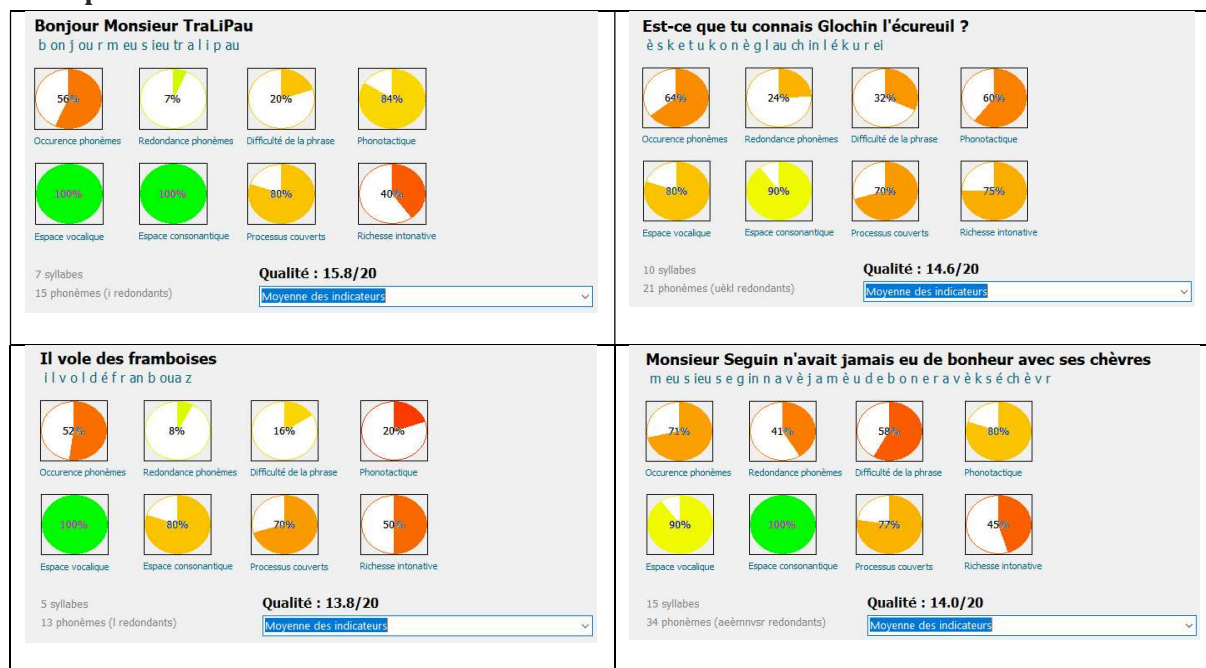


Figure 4 : illustration de la qualité de la phrase, formule des moyennes

## Formulation non linéaire

$$\text{Qualité} = \text{facteur}_{\text{normalisation}} \times \text{efficacité} \times \text{simplicité} \times \text{processus} \times (\text{occurrence} + \text{espace\_consonnes} + \text{espace\_voyelles} + \text{richesse\_intonative} + \text{phonotactique}) \text{ Eq. 13}$$

Dans le cas de la formule non linéaire de l'équation 13, nous multiplions les facteurs *efficacité*, *simplicité* et *processus* avec la moyenne du reste des paramètres. Ce type de formulation induit un effet sanction des 3 premiers paramètres : il suffit que l'un d'eux soit faible pour que la qualité soit faible, avec aucun mécanisme de compensation (Figure 5). Nous privilégions donc des phrases qui sont efficaces, simples et couvrant un grand nombre de processus.

## Exemples

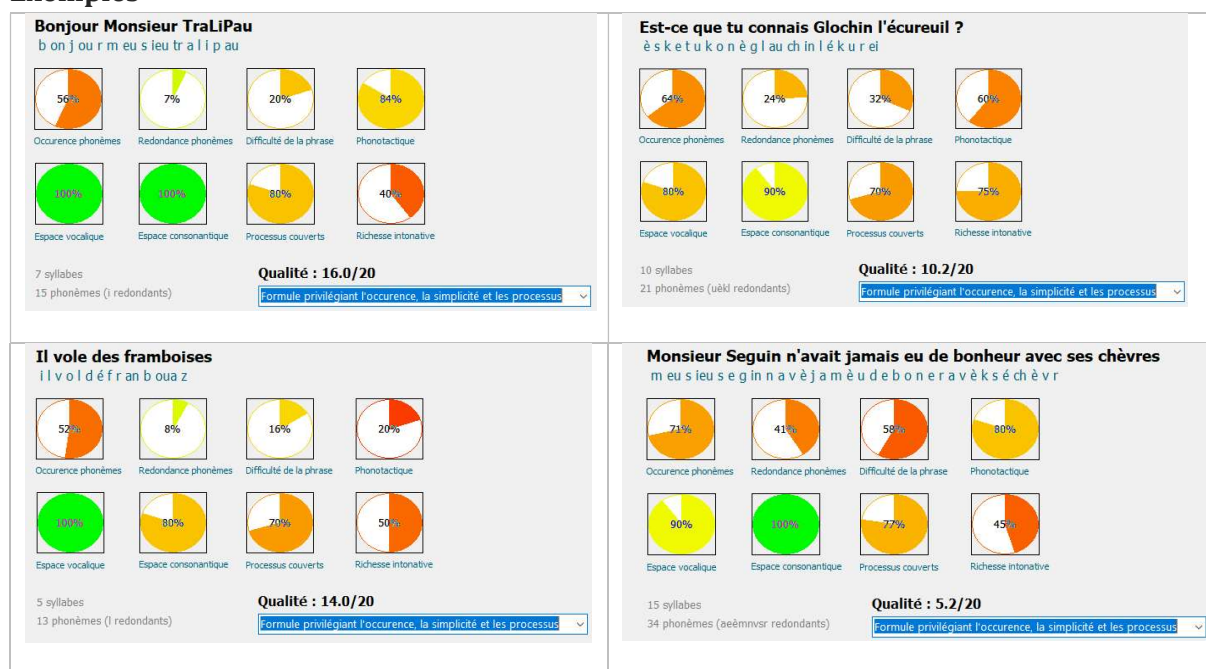


Figure 5 : illustration de la qualité de la phrase, formule non linéaire

### Classification de différentes phrases

L'analyse de différentes phrases donne les scores reportés aux tableaux des Figures 6 (moyenne) et 7 (formule non linéaire). On note l'effet sanction de la formule non linéaire dès que la phrase s'allonge ou comporte trop de redondance. Bien que « Bonjour Monsieur Tralipau » obtienne les meilleurs scores, on note des différences de classement selon les stratégies de calcul.

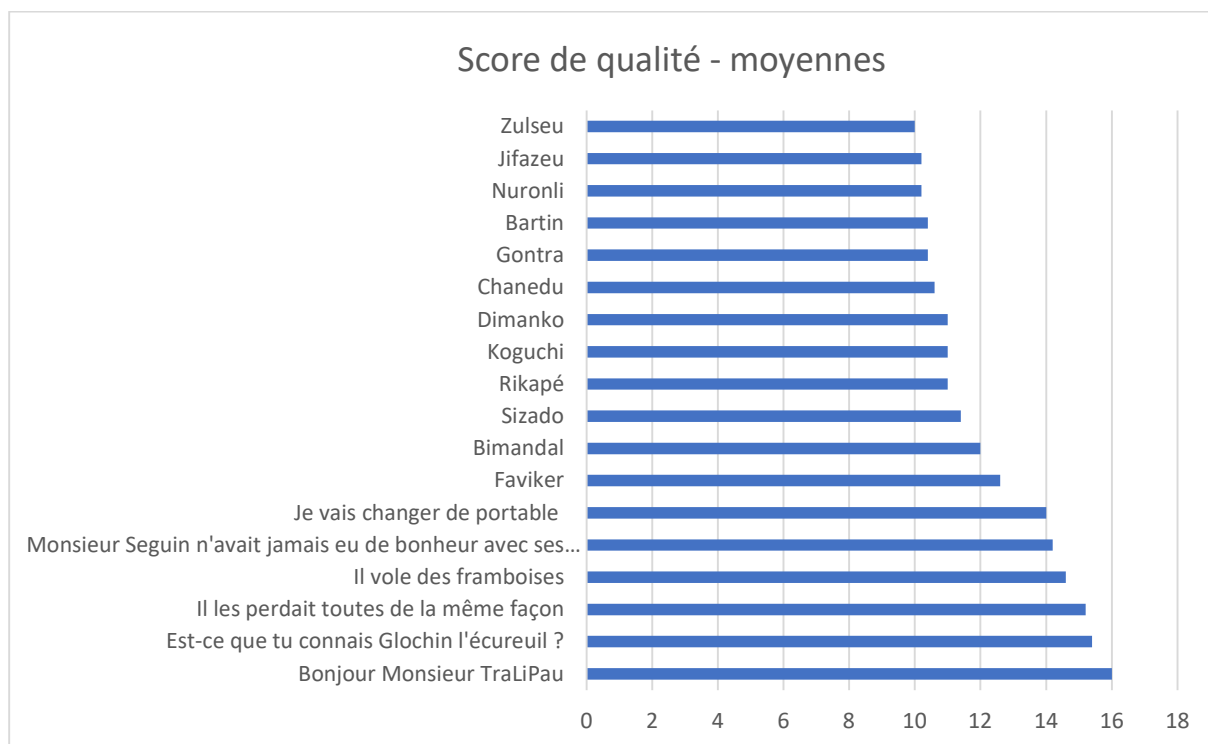


Figure 6 : Score de qualité d'un ensemble de phrases – formule par valeur moyenne

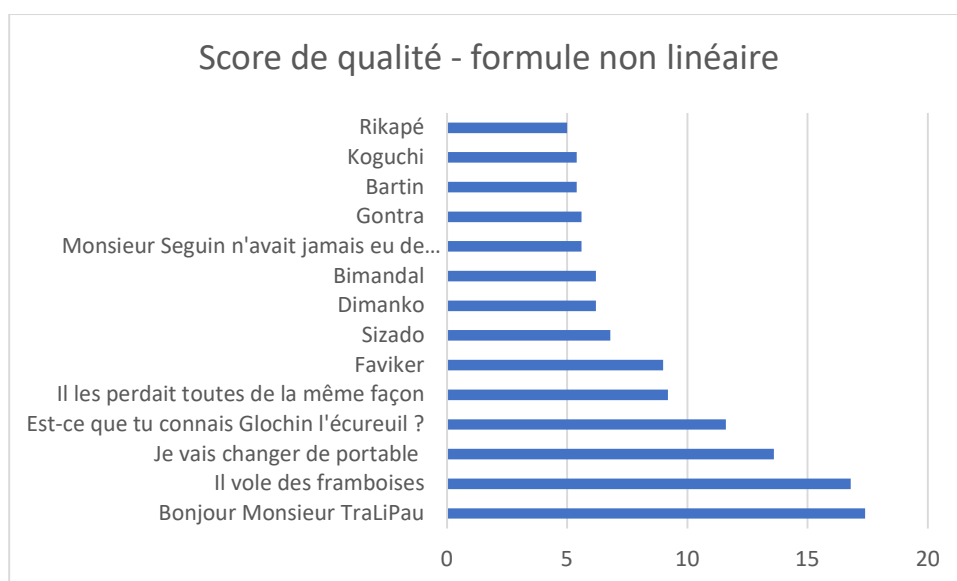


Figure 7 : Score de qualité d'un ensemble de phrases – formule non linéaire

Cette étude nous donne des éléments factuels pour privilégier la phrase /Bonjour Monsieur Tralipau/ pour le bilan rapide de la parole avec DIADOLAB, tel que décrit dans [Sicard 2019]. Il est cependant à noter que la phrase /Est-ce que tu connais Glochin l'écreuil/ est particulièrement complémentaire, comme l'illustre la figure 8 : l'espace consonantique et vocalique des deux phrases est significativement différent.

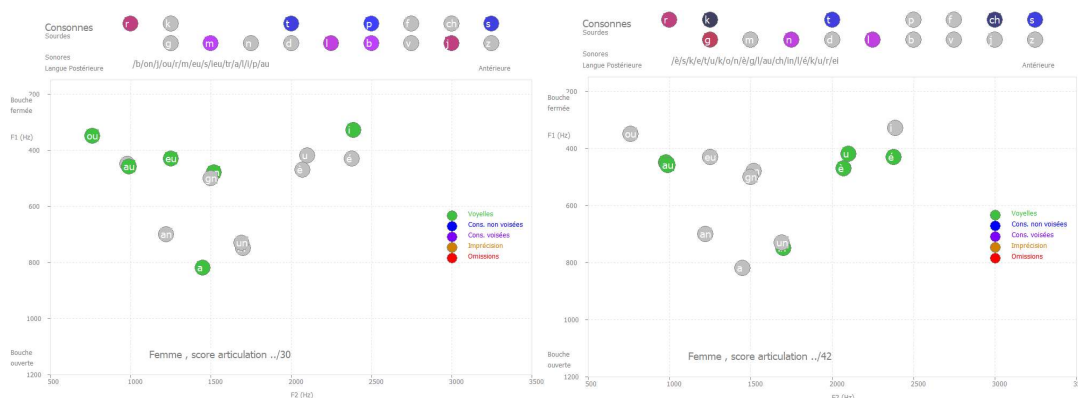


Figure 8 : Complémentarité de 2 phrases : /Bonjour Monsieur Tralipau/ et /Est-ce que tu connais Glochin l'écreuil/

## Conclusion

Cet article a abordé l'évaluation de la qualité de phrases courtes à répéter dans le cadre du bilan rapide de la parole en vue d'une prise en charge orthophonique. Nous avons étudié différents critères tels que l'occurrence des phonèmes, la redondance, les extrêmes vocaliques et consonantiques, ainsi que les accents prosodiques, processus de parole et phonotactiques. Nous avons proposé deux formules, l'une sous forme de simple moyenne et l'autre privilégiant certains items tels que la couverture des processus, l'occurrence des phonèmes et la concision de la phrase dans le but d'une analyse détaillée phonème par phonème. Différentes phrases ont été évaluées, montrant des scores de qualité variables. Les formulations proposées devraient permettre d'affiner le choix des phrases les plus efficaces dans le cadre du bilan et suivi de la prise en charge orthophonique. Cette analyse nous a permis de nous conforter dans nos choix de phrases et proposer des évaluations pour d'autres phrases permettant aux cliniciens de faire leur choix en fonction du contexte d'évaluation et de l'âge du patient.

## Références

[Coquet 2009] Coquet, F. (2009). Propositions pour une méthodologie d'observation/évaluation de l'enfant de moins de 3 ans et/ou ou de l'enfant avec peu ou pas de langage. Dossier de l'Orthophoniste, n°293.

[Diadolab 2019] Menin-Sicard, A., Sicard, E. (2019) DIADOLAB 3 - Logiciel d'évaluation et de rééducation de la parole - Manuel d'utilisation. 2019. (hal-02073314)

[Ghio 2016] Ghio, A. et al. (2016). Quels tests d'intelligibilité pour évaluer les troubles de production de la parole? Journées d'Etude sur la Parole, 2016, Paris, France. pp.589-596. hal-01372037

[Jakielski 2000] Jakielski, K. J. (2000). Quantifying phonetic complexity in words: An experimental index. In Annual Child Phonology Conference, Cedar Falls, IA.

[JPC 2019] Anne Menin-Sicard, Etienne Sicard. Méthodologie d'évaluation objective de la phonologie, de la fluence et de la prosodie - Vers un bilan rapide à destination des orthophonistes. Journées de Phonétique Clinique JPC 2019, May 2019, Mons, Belgique. (hal-02127039)

[Maillart 2006] Maillart, C. (2006). Le bilan articulatoire et phonologique. L'évaluation du langage et de la voix., 26-51

[Praat] Boersma, Paul & Weenink, David (2019). Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Version 6.1.06, retrieved 8 November 2019 from <http://www.praat.org/>

[Stoel-Gammon 2010] Stoel-Gammon, C. (2010). The Word Complexity Measure: Description and application to developmental phonology and disorders. *Clinical linguistics & phonetics*, 24(4-5), 271-282.

[Wioland 1991] WIOLAND, F., (1991). Prononcer les mots du français. Hachette

## Annexe – Description de phrases

- Ligne 1 : description de la phrase en français
- Ligne 2 : nombre et détail des syllabes
- Ligne 3 : nombre et détail des phonèmes

La description des phonèmes est celle utilisée par [Diadolab 2019].

Bonjour Monsieur TraLiPau  
7 bon jour meu sieu tra li pau  
15 b on j ou r m eu s ieu tr a l i p au

Est-ce que tu connais Glochin l'écureuil ?  
10 és ke tu co nè glo chin lé ku rei  
21 è s k e t u k o n è g l au ch in l é k u r ei

Il vole des framboises  
5 il vol dé fran bouaz  
13 i l v o l d é f r an b ou a z

Monsieur Seguin n'avait jamais eu de bonheur avec ses chèvres  
15 meu sieu se gin na vè ja mèu de bo ner avè ksé chè vre  
34 m eu s ieu s e g in n a v è j a m è u d e b o n e r a v è k s é ch è v r

Il les perdait toutes de la même façon  
9 ilé per dè tout de la mèm fa son  
22 i l é p è r d è t ou t d e l a m è m f a s on

Je vais changer de portable  
7 je vais chan ger de por table  
17 j e v è ch an j é d eu p o r t a b l