

Traduction automatique du japonais vers le français

Bilan et perspectives

Raoul Blin

CNRS-CRLAO, 105 Raspail, 31000 Paris, France

blin@ehess.fr

RÉSUMÉ

Nous étudions la possibilité de construire un dispositif de traduction automatique neuronale du japonais vers le français, capable d'obtenir des résultats à la hauteur de l'état de l'art, sachant que l'on ne peut disposer de grands corpus alignés bilingues. Nous proposons un état de l'art et relevons de nombreux signes d'amélioration de la qualité des traductions, en comparaison aux traductions statistiques jusque-là prédominantes. Nous testons ensuite un des baselines librement disponibles, OpenNMT, qui produit des résultats encourageants. Sur la base de cette expérience, nous proposons plusieurs pistes pour améliorer à terme la traduction et pour compenser le manque de corpus.

ABSTRACT

Machine Translation from Japanese to French - Review and Prospects.

In this paper, we discuss the feasibility of a neural machine translation system from Japanese to French, which would be able to obtain results that are equivalent to the state of the art. We first describe the state of the art for Ja>Fr and see many improvements compared to statistical machine translation. Second, we evaluate one free open baseline, OpenNMT, which achieves encouraging results. Based on these experiments, we suggest some ways to improve the results, taking into account the lack of improved and large corpora.

MOTS-CLÉS : traduction automatique ; japonais ; français.

KEYWORDS: machine translation ; Japanese ; French.

On peut affirmer que jusqu'en 2015 à peu près, les rares dispositifs de traduction automatique (TA) du japonais vers le français, à base de statistiques (TAS), produisaient de piètres résultats. Les traductions permettaient tout au plus de se faire une idée du thème et des relations logiques entre les entités (individus, concepts, événements etc.) correctement identifiées, pour des textes relativement simples. Les très rares évaluations chiffrées disponibles confortent ce sentiment.

Depuis, en très peu de temps, de nombreux bouleversements ont eu lieu dans le domaine de la traduction automatique en général, qui peuvent avoir une incidence sur la traduction du ja>fr en particulier : introduction de la traduction automatique neuronale (TAN), multiplication des dispositifs librement accessibles, dont des dispositifs «clef en main» et libres performants, traitement multilingue capable de compenser le manque de corpus. Les cartes sont donc rebattues aussi pour le ja>fr. Nous nous interrogeons dans le présent article sur la possibilité de construire un dispositif de traduction du japonais vers le français capable de produire des traductions de niveau «veille»¹, sachant que l'on ne

1. Nous reprenons la distinction entre qualité de traduction de niveau «veille» et de niveau «fluide». La traduction de «veille» permet de comprendre le thème et les relations logiques entre entités, événements, concepts. Il n'y a pas d'exigence sur la qualité de la formulation (registre de langue, grammaticalité). La lecture peut donc être pénible. Une traduction «fluide»

peut disposer de corpus ja>fr de très grande taille.

Nous procédons en deux temps. Tout d’abord, nous dressons un état de l’art pour le couple ja>fr. Dans la deuxième partie, nous testons un baseline de TAN élaboré à partir d’outils et ressources disponibles et libres. Cela nous permet d’estimer la qualité accessible pour un dispositif «autonome» (non dépendant de systèmes commerciaux ou autres). Nous proposons pour finir un bilan et les perspectives d’amélioration.

Nos évaluations sont essentiellement basées sur le score BLEU (Papineni *et al.*, 2002) et sont de ce fait assez grossières. Elles suffisent néanmoins à dessiner une tendance générale. Nous sommes amenés à évaluer les productions des services commerciaux en ligne. Nous gardons à l’esprit que ces évaluations sont biaisées car il est impossible de connaître la taille et le contenu des corpus utilisés pour l’entraînement, ainsi que les pré- et post-traitement appliqués. Comme il existe peu d’évaluations chiffrées pour les systèmes de TA ja>fr, nous sommes obligé de comparer les résultats avec ceux des traductions vers l’anglais. Là aussi, nous gardons à l’esprit que le score BLEU est minoré pour le français. Ainsi, si une erreur concerne le nombre du groupe nominal, en français cette erreur sera répercutée sur les déterminants, adjectifs et autres structures qui dépendent de ce nom. Par contre, elle ne sera comptée qu’une fois pour l’anglais, qui sera donc moins pénalisé.

1 Ressources utilisées pour les tests

Les évaluations présentées dans les deux sections suivantes portent sur plusieurs corpus. Pour ce qui est de la thématique, aucun n’est spécialisé, sauf l’article isolé du Asahi. KFFT («WikiKyoto») (Neubig *et al.*, 2012) est un corpus japonais-anglais. Il regroupe des pages de Wikipédia sur Kyoto. Le texte est segmenté à l’aide de KyTea² (Neubig *et al.*, 2011), avec un entraînement optimisé pour ce corpus. L’unité d’alignement est la phrase. Le corpus OPUS-jafr est constitué du sous-ensemble des textes japonais-français bien encodés du corpus OPUS (Tiedemann & Nygaard, 2004). C’est le plus volumineux corpus bilingue aligné ja-fr, librement accessible. Les unités d’alignement sont variées. Il contient de nombreuses erreurs d’alignement (Blin, 2018).

ALIGNJaFr³ reprend quelques sous-corpus de OPUS-jafr parmi ceux bien alignés et dont la traduction est la plus naturelle. D’autres textes y ont été ajoutés, ainsi qu’un lexique de mots et de locutions. Ces deux derniers n’ont cependant pas été utilisés pour constituer le corpus de validation et de tests. Une partie des textes ajoutés sont extraits du corpus «jibiki.com» et ont été peu ou prou réalignés manuellement. L’alignement exploite différentes unités : mots, syntagmes, phrases. La version 0.5 comprend des sous-corpus de validation et de test constitués de segments extraits de chaque sous-corpus selon un nombre proportionnel à la taille de chaque sous-corpus. AlignJaFr titres diffère de la version 0.5 sur le corpus de test, composé des titres de presse utilisés par (Blin, 2014). Quelques titres ont été rajoutés. Les titres proviennent à parts à peu près égales, des cinq journaux nationaux généralistes à plus grand tirage japonais : Asahi, Mainichi, Nikkei, Sankei, Yomiuri. Pour chaque titre deux traductions sont proposées. La première est une traduction «de veille». Elle suit au mieux la structure du titre japonais et de ce fait est parfois peu naturelle en français. La seconde traduction est une traduction «fluide», dont la structure peut s’éloigner sensiblement de la structure originale japonaise. Les autres titres de presse présents dans le corpus sont traduits d’une seule manière ou

assure un niveau de veille et la bonne qualité de la formulation.

2. <http://www.phontron.com/kytea>

3. <https://sharedocs.huma-num.fr/wl/?id=DDF9YZrq6gWA6sqLTPPsoDs2YBmIRgk>

non. Il semblerait que d'autres corpus alignés existent comme par exemple le BTEC (Takezawa *et al.*, 2002). Mais ceux-ci sont pour des raisons variés, inaccessibles et donc inutilisables.

Nous proposons en plus l'analyse qualitative d'un bref article de presse⁴ édité en ligne par le journal Asahi. Il a été choisi au hasard (dernier article paru lorsque nous avons consulté la liste des titres). Il s'agit d'un texte relativement simple, évoquant un soupçon de fraude à la loi électorale. Il contient quelques termes techniques relatifs au droit et à l'administration.

Corpus	lgue(s)	Train	Dev	Test	
WikiKyoto	ja > an	330k phrases	1 235 ph.	1 160 ph.	19 mots/ph.
AlignJaFr 0.5	ja - fr	91k tokens	1 993 tok.	1 973 tok.	9 mots/tok.
AlignJaFrtitres 0.1	ja - fr	73k tok.	1 817 tok.	358/383 titres	16,5 mots/titre
OPUS-jafr	ja - fr	547K tok.	500 tok.	5 000	
Article Asahi	ja			10 phrases	24 mots/ph.
PresseMarchal	ja	379K titres			

TABLE 1 – Corpus utilisés.

2 Etat de l'art

L'ensemble de la communauté a salué les progrès opérés par la traduction automatique durant les toutes dernières années grâce à la TAN. Si les chiffres le confirment indéniablement pour les paires de langues comme les langues européennes (voir entre autres (Wu *et al.*, 2016)), la démonstration reste à faire pour la traduction du japonais vers le français, deux langues qui constituent une paire faiblement dotée en corpus bilingues alignés, de grande taille et de bonne qualité.

Évaluer l'évolution avant et après l'émergence de la TAN est difficile. A notre connaissance il n'existe que trois évaluations chiffrées disponibles pour dépeindre l'état de l'art pour le couple ja>fr du milieu des années 2010, à l'apogée du paradigme statistique, juste avant que la TAN ne s'impose comme le nouveau paradigme dominant. Malheureusement, la particularité des corpus utilisés pour faire ces évaluations réduisent la représentativité des résultats, mais il faut s'en contenter, faute d'alternatives. Les deux premières évaluations (sous la direction de Y.Lepage, Université de Waseda, Japon ; non publiées) ont porté sur le corpus OPUS-jafr. L'objectif était moins d'évaluer les outils de traduction que d'estimer, indirectement, la qualité des corpus. Les auteurs ont pour cela évalué une première traduction faite avec le service Google Translate, alors considéré comme l'état de l'art (Tableau 2-1). Une deuxième évaluation portait sur le baseline classique statistique chaîne à chaîne (GIZA++, Moses), le plus utilisé à l'époque dans le monde académique (Tableau 2-2). La contre-performance du traducteur de Google pouvait s'expliquer par la mauvaise qualité du corpus OPUS-jafr, dont était extrait le corpus de test (nombreux décalages dans les alignements ; faiblesse de certaines traductions). La troisième évaluation (Blin, 2014) portait sur la traduction des titres de presse par Google Translate et Bing Translator (Tableau 2-3). Peu de traductions de titres atteignaient le niveau veille. Deux explications sont possibles. Les titres de presses sont sous représentés dans les corpus d'entraînement. Google Translate traduisait du japonais vers le français via l'anglais, ce qui avait pour conséquence de démultiplier les erreurs.

4. <https://www.asahi.com/articles/ASL1Y6HPDL1YUTIL05V.html>

Ces rares chiffres sont à comparer avec ceux obtenus pour d'autres paires de langues incluant le japonais. La paire ja-an était, et reste, à la fois la mieux dotée en corpus, la plus étudiée et la mieux documentée. Elle nous sert donc de référence. La comparaison est d'autant plus intéressante qu'anglais et français partagent plusieurs propriétés linguistiques qui les distinguent de la même manière du japonais : l'ordre des mots dans la phrase (SVO contre SOV japonais), marques casuelles préposées contre marques postposées pour le japonais, japonais prodrop etc. Le tableau 2.4-6 rapporte trois scores obtenus avec trois dispositifs de TAS. Même en tenant compte des nombreux biais de l'évaluation, qui minorent les résultats (faible qualité et quantité des corpus ja>fr ; particularité linguistique de ces corpus ; désavantage de l'évaluation du français avec BLEU), force est de constater que les rares chiffres disponibles pour ja>fr étaient sensiblement en deçà des valeurs obtenues pour le couple ja>an, *a fortiori* lorsque la traduction était complétée par un pré et post traitement linguistique.

	Dispositif	langues	corpus	BLEU
1	Google	ja>fr	OPUS-jafr	± 6.50
2	GIZA++ Moses 3.0	ja>fr	OPUS-jafr	± 13
3	Google	ja>fr	Titres presse	(veille) 6.6 / (fluide) 4.5
4	Giza++ Moses	ja>an	WikiKyoto	17.75
5	S2S + réordonnement	ja>an	WikiKyoto	19.35
6	Tree to string	ja>an	WikiKyoto	23.97

TABLE 2 – Performances de systèmes de TAS, en 2013 et 2015 ; (4) baseline académique chaîne à chaîne standard (Trieu *et al.*, 2017) et (5) avec réordonnement préalable des mots (Neubig *et al.*, 2012) ; (6) Traduction d'arbre à chaîne (Neubig & Duh, 2014)

Globalement, le passage au traitement neuronal voit une amélioration sensible des résultats pour la traduction ja>an. Parmi les nombreux chiffres disponibles, mentionons par exemple BLEU=26.22 (Cromieres *et al.*, 2016) contre 20.36 pour la TAS (Nakazawa *et al.*, 2015) sur un corpus de grande taille de résumés d'articles scientifiques (ASPEC-JE, (Nakazawa *et al.*, 2016)). On observe malgré tout des contre-performances, comme le score obtenu par (Trieu *et al.*, 2017), inférieur à celui de la TAS (Tableau 3-5). Les auteurs apportent une explication : la faible taille de WikiKyoto nuit à la qualité de la traduction. Pour un petit corpus (300K), la TAN serait désavantagé. Au delà, la première l'emporte. Cette conclusion ne saurait être toutefois définitive car nous voyons (5) qu'il est possible d'obtenir avec un dispositif standard de TAN des résultats équivalents à ceux obtenus avec un dispositif optimisé de TAS.

Les évaluations quantitatives du Tableau 3 montrent que la TAN n'a pas comblé le fossé entre TA ja>an et ja>fr. La TAN *directe* ja>fr progresse à peine (globalement, entre 1 et 2 points). Quant aux titres de presse, ils constituent un sous-langage du japonais qui reste difficile à traduire automatiquement en français. Le seul progrès sensible (4 points) a lieu grâce à la traduction indirecte, via l'anglais. Cela contredit (Blin, 2014) qui supposait que cette procédure handicapait les traductions. Mais cette contradiction n'est peut-être qu'apparente. Elle peut s'expliquer par la taille des corpus : les paires ja>an et an>fr sont richement dotées en corpus. Le gain en qualité pour chaque paire de langue suffirait à compenser le surcroît d'erreurs dû à la double traduction.

Nous avons complété les observations par un test «qualitatif» sur l'article du journal Asahi. Le principe est de compter le nombre d'actions basiques (élimination, ajout, déplacement, modification) à appliquer à chaque phrase traduite par le système pour obtenir une phrase de niveau «veille». Google

	Dispositif	langues	Corpus	Train.	Test	BLEU(v13)
1	Bing Transl.	ja > fr	2014		382	5.00 / 3.87
2	Goo. Transl.	ja > fr	2014		382	8.68 / 4.81
3	Goo. Transl.	ja > an > fr	2014		382	10.03 / 5.62
4	Goo. Transl.	ja>fr	AlignJaFr 0.5	91K	1 973	9.29
5	(Trieu <i>et al.</i> , 2017)	ja>an	WikiKyoto	389K	1 160	14,91
6	Goo. Transl.	ja>an	WikiKyoto		1 160	11.14

TABLE 3 – Performances de systèmes TAN avec japonais pour langue source.

Translate (tableau 4) s’en sort le mieux. Là encore, la traduction via l’anglais surpasse les autres et répond aux exigences d’une «veille» : la thématique est parfaitement compréhensible et les liens logiques sont pour la plupart rendus correctement. Bing semble procéder à une traduction via l’anglais. Le résultat permet de se faire une idée du thème, mais contient trop de contresens pour permettre de comprendre les liens logiques. Enfin Baidu Translator traduit via le chinois. La traduction est trop faible pour être exploitable. Sachant que les paires ja-zh et zh-fr sont peu et très peu dotées en corpus (Chen *et al.*, 2014), ces résultats confirment que la traduction par interlangue n’est profitable que si chaque paire de langue exploitée dispose de bonnes ressources.

	Dispositif	Langue	Ajouter	Effacer	Modifier	Déplacer	Total	
1	Google Transl.	ja > fr	9	8	23	7	47	
2	Google Transl.	ja > an > fr	8	6	16	8	38	
3	Bing	ja > an > fr	16	6	23	9	54	
4	Baidu	ja > zh > fr	Phrases à réécrire entièrement					

TABLE 4 – Evaluation manuelle de TAN sur un article de presse court.

3 Evaluation d’un baseline avec corpus

Une évolution remarquable de ces dernières années en TA, est la mise à disposition de nombreux baselines «clef en main». Nous observons l’un d’entre eux, OpenNMT-lua (abr. OpenNMT) (Klein *et al.*, 2017). Il a été choisi car les résultats obtenus sont corrects, selon les démonstrations faites par les auteurs, et comme nous le constatons nous-même dans les lignes qui suivent. Nous avons utilisé les réglages par défaut.

Pour la traduction ja>an, le dispositif, même sans optimisation, surpasse les deux dispositifs de TAN évalués sur le même corpus (Tableau 3-5,6), ainsi qu’un baseline TAS «basique» (Tableau 2-4). Par contre, il reste un peu en deçà des systèmes de TAS optimisés (Tableau 2-5,6). La traduction ja>fr dépasse la traduction ja>an (Tableau 5-2 vs Tableau 3). Ce dernier résultat doit être cependant relativisé. Le corpus AlignJaFr contient de nombreux segments brefs, qui peuvent faciliter la traduction. D’ailleurs, tous les autres résultats sont très inférieurs à l’existant : les traductions des titres de presse et de l’article du Asahi sont trop faibles pour être exploitables. Une explication possible est que le vocabulaire présent dans ces deux corpus est peu représenté dans le corpus d’entraînement. Le dispositif fonctionne donc bien seulement sur des corpus test représentatifs des corpus sur lesquels il a été entraîné.

	Lang.	Corpus	Test	BLEU
1	ja>an	WikiKyoto		19,07
2	ja>fr	AlignJaFr 0.5		20
3	ja>fr	AlignJaFr titres 0.1		3 et 2
4	ja>fr	AlignJaFr 0.5	Article Asahi	inexploitable

TABLE 5 – Evaluations des traductions de OpenNMT-lua.

4 Bilan et perspectives

Les résultats ci-dessus ne font pas apparaître d’argument fort et clair en faveur d’une bascule vers la TAN pour traduire du japonais vers le français. Par contre, un faisceau d’indices vont dans ce sens. Le premier indice est la progression observée sur les traductions japonais>anglais. Ces progrès sont encourageants dans la mesure où anglais et français partagent des caractéristiques linguistiques qui les opposent de la même manière au japonais. Ce qui profite à l’un devrait profiter à l’autre. La progression des scores par rapport à la TAS, même si elle est souvent faible, constitue un deuxième indice. Troisièmement, le «baseline» obtient plusieurs scores «corrects». Le dernier indice est la qualité de la traduction de l’article de presse.

Grâce aux pré- et post-traitements, les systèmes TAS ont pu progresser de quelques points (tab. 2-5,6). Des tests doivent être menés avec les systèmes de TAN pour comparer les effets de différents lemmatiseurs (Kytea, mecab, JUMAN) et dictionnaires (mecadic, unidic etc.). Une source de difficultés pour la traduction japonais (SOV, pro-drop, etc.) > français (SVO) est la différence d’ordre des mots. Conformément aux conclusions de (Du & Way, 2017), il sera profitable d’introduire des données linguistiques dans les corpus, sans pratiquer de réordonnement, qui donne de bons résultats pour la TAS mais pas la TAN.

Comme auparavant pour la TAS, la TAN du japonais vers le français est fortement handicapée par l’absence de corpus de grande taille. Rien ne permet de penser que cette situation évoluera à court et moyen terme. Il est donc nécessaire de contourner le problème pour progresser. Plusieurs solutions existent. La première consiste à traduire via l’anglais comme interlingua. Les résultats ont montré que cette technique était payante, même s’il reste à l’évaluer sur différents type de textes. La seconde solution serait de traduire les corpus eux-mêmes : profiter du grand corpus ja>an, et de l’assez bonne TAN de l’anglais vers le français. Enfin, la TAN elle-même offre de nouvelles solutions, notables par leur simplicité, comme par exemple l’usage de corpus multilingues (Johnson *et al.*, 2016). Le principe serait d’entraîner le modèle sur le corpus ja-fr et le corpus ja-an, ce qui permettrait de profiter de leur taille et de leur qualité. Néanmoins, toutes ces solutions vont dans le même sens du gonflement du corpus, ce qui n’est pas sans poser un problème de fond. Faute de ne pas disposer de connaissances sur le ratio progrès/taille du corpus, il n’est pas possible de prédire objectivement quelle quantité de corpus sera nécessaire pour obtenir le résultat escompté.

Enfin, pour améliorer la traduction des textes comme les titres de presse, il reste à explorer l’hybridation de la TAN avec la traduction par règles. En effet, les titres de presse sont des «textes» très brefs. De ce fait, il n’y a pas à gérer de liens à distance et la richesse syntaxique est mécaniquement limitée. Par contre, le vocabulaire est très riche. Ce type de texte est donc favorable à un traitement par règle, au moins partiellement. Il reste à définir les modalités de la combinaison traitement neuronal et par règle, en s’inspirant éventuellement de la technique utilisée pour traduire les dépêches économiques (Uchino *et al.*, 2001).

Remerciements

Je remercie Jean Bazantay (INALCO) pour les informations fournies à propos de l'évaluation manuelle des traductions.

Références

BLIN R. (2014). Evaluation des traductions automatiques en français des titres de presse japonais. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01062005>.

BLIN R. (2018). Automatic Evaluation of Alignments without using a Gold-Corpus - Example with French-Japanese Aligned Corpora.

CHEN Y., WANG L., BOITET C. & SHI X. (2014). On-going Cooperative Research towards Developing Economy-Oriented Chinese-French SMT Systems with a New SMT Framework. In *Actes de la 21e conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*, p. 401–406, Marseille, France : Association pour le Traitement Automatique des Langues. 19063.

CROMIERES F., CHU C., NAKAZAWA T. & KUHASHI S. (2016). Kyoto University Participation to WAT 2016. In *Proceedings of the 3rd Workshop on Asian Translation (WAT2016)*, p. 166–174, Osaka, Japan : The COLING 2016 Organizing Committee.

DU J. & WAY A. (2017). Pre-reordering for Neural Machine Translation : Helpful or Harmful ? *The Prague Bulletin of Mathematical Linguistics*, **108**, 171–182.

JOHNSON M., SCHUSTER M., LE Q. V., KRIKUN M., WU Y., CHEN Z., THORAT N., VIÉGAS F. B., WATTENBERG M., CORRADO G., HUGHES M. & DEAN J. (2016). Google's Multilingual Neural Machine Translation System : Enabling Zero-Shot Translation. *CoRR*, **abs/1611.04558**.

KLEIN G., KIM Y., DENG Y., SENELLART J. & RUSH A. (2017). Opennmt : Open-Source Toolkit for Neural Machine Translation. In *Proceedings of ACL 2017, System Demonstrations*, p. 67–72, Vancouver, Canada : Association for Computational Linguistics.

NAKAZAWA T., MINO H., GOTO I., NEUBIG G., KUHASHI S. & SUMITA E. (2015). Overview of the 2nd Workshop on Asian Translation. In *Proceedings of the 2nd Workshop on Asian Translation (WAT2015)*, p. 1–28, Kyoto, Japon. 00000.

NAKAZAWA T., YAGUCHI M., UCHIMOTO K., UTIYAMA M., SUMITA E., KUHASHI S. & ISAHARA H. (2016). ASPEC : Asian Scientific Paper Excerpt Corpus. In N. C. C. CHAIR), K. CHOUKRI, T. DECLERCK, S. GOGGI, M. GROBELNIK, B. MAEGAARD, J. MARIANI, H. MAZO, A. MORENO, J. ODIJK & S. PIPERIDIS, Eds., *Proceedings of the Tenth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2016)*, Paris, France : European Language Resources Association (ELRA).

NEUBIG G. & DUH K. (2014). On the Elements of an Accurate Tree-to-String Machine Translation System. In *The 52nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, Baltimore, USA.

NEUBIG G., NAKATA Y. & MORI S. (2011). Pointwise Prediction for Robust, Adaptable Japanese Morphological Analysis. In *Proceedings of the 49th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics : Human Language Technologies : Short Papers - Volume 2, HLT '11*, p. 529–533, Stroudsburg, PA, USA : Association for Computational Linguistics.

- NEUBIG G., WATANABE T. & MORI S. (2012). Inducing a Discriminative Parser to Optimize Machine Translation Reordering. In *Proceedings of the 2012 Joint Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and Computational Natural Language Learning*, p. 843–853, Jeju Island, Korea : Association for Computational Linguistics. 00045.
- PAPINENI K., ROUKOS S., WARD T. & ZHU W.-J. (2002). BLEU : a Method for Automatic Evaluation of Machine Translation. In *Proc. ACL*, p. 311–318.
- TAKEZAWA T., SUMITA E., SUGAYA F., YAMAMOTO H. & YAMAMOTO S. (2002). Toward a Broad-Coverage Bilingual Corpus for Speech Translation of Travel Conversations in the Real World. In *International Conference on Language Resources and Evaluation*, p. 147–152.
- TIEDEMANN J. & NYGAARD L. (2004). The OPUS corpus - parallel & free. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Language Resources and Evaluation*, Lisbon, Portugal. 00000.
- TRIEU H.-L., TRAN D.-V. & NGUYEN L.-M. (2017). Investigating Phrase-Based and Neural-Based Machine Translation on Low-Resource Settings. Cebu Philippines. 00000.
- UCHINO H., SHIRAI S., YOKOO A., OYAMA Y. & FURUSE O. (2001). ALTFLASH : A Japanese-English Machine Translation System for Market Flash Reports. *The transactions of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers. D-II*, **84**(6), 1167–1174.
- WU Y., SCHUSTER M., CHEN Z., LE Q. V., NOROUZI M., MACHEREY W., KRIKUN M., CAO Y., GAO Q., MACHEREY K., KLINGNER J., SHAH A., JOHNSON M., LIU X., KAISER L., GOUWS S., KATO Y., KUDO T., KAZAWA H., STEVENS K., KURIAN G., PATIL N., WANG W., YOUNG C., SMITH J., RIESA J., RUDNICK A., VINYALS O., CORRADO G., HUGHES M. & DEAN J. (2016). Google’s Neural Machine Translation System : Bridging the Gap between Human and Machine Translation. *CoRR*, **abs/1609.08144**.