

# Étiqueteur POS avec réseaux récurrents

PSTAL - TP 1 - Carlos Ramisch

## 1 Introduction

Tous les travaux pratiques de PSTAL consisteront à *développer* et *évaluer* un système de **prédiction de structures linguistiques** à partir du texte. Ces structures peuvent être très diverses, allant du rôle grammatical de chaque mot (p.ex. nom, verbe, adjectif) aux entités nommées contenues dans les phrases (*Carlos*<sub>[PERS]</sub> *accompagne les étudiant.e.s de Centrale Marseille*<sub>[ORG]</sub> *à Luminy*<sub>[LOC]</sub>). Chaque TP se concentrera sur un seul type de structure à prédire, par exemple, pour ce premier TP, nous nous concentrons sur les parties du discours.

## 2 L'étiquetage en parties du discours

Dans cette tâche, chaque mot reçoit une étiquette de **partie du discours** (POS, de l'anglais *part of speech*). Ces étiquettes indiquent le rôle grammatical du mot dans la phrase, par exemple : le mot *été* est un nom (étiquette NOUN) dans *l'été arrive*.<sup>1</sup> Il s'agit d'une tâche d'**étiquetage de séquences** car, pour chaque phrase  $w_1, w_2 \dots w_n$  en entrée, il faut prédire une séquence d'étiquettes  $t_1, t_2 \dots t_n$  de même longueur :

$x =$	$w_1$	$w_2$	$w_3$	$w_4$	$w_5$	$w_6$
	<i>L'</i>	<i>été</i>	<i>arrive</i>	<i>à</i>	<i>Marseille</i>	<i>.</i>
	↓	↓	↓	↓	↓	↓
$y =$	DET	NOUN	VERB	ADP	PROPN	PUNCT
	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$

Les **défis de cette tâche** sont : (1) certains **mots sont ambigus** (p.ex. *été* est un verbe dans *j'ai été informée*) ; (2) le **contexte**, c.-à-d. les mots d'avant et d'après, **joue un rôle crucial pour désambiguïser** les mots ayant plusieurs POS possibles ; et (3) le système doit être capable de **prédire des POS** pour des **mots non observés** dans le corpus d'entraînement, que l'on appelle souvent "**OOV**" pour *out-of-vocabulary* (p.ex. la plupart des noms propres). Nous nous **concentrerons** sur les **deux premiers défis**, le dernier est proposé en extension.

## 3 Corpus Sequoia et format CoNLL-U+

Pour ce TP et les suivants, nous allons utiliser le **corpus Sequoia**, contenant **3 099 phrases en français** annotées avec plusieurs niveaux d'informations.<sup>2</sup> Ouvrez le fichier fourni **sequoia-ud.parseme.frsemcor.simple.small** pour lire les explications ci-dessous avec le corpus sous les yeux. Les **fichiers contiennent du texte encodé en UTF-8**, vous pouvez les ouvrir avec n'importe quel éditeur de textes. Voici un exemple extrait du corpus :

```
# sent_id = annodis.er_00007
# text = Amélioration de la sécurité
1 Amélioration amélioration NOUN _ Gender=Fem|Number=Sing 0 root _ _ * Act *
2 de de ADP _ _ 4 case _ _ * * *
3 la le DET _ Definite=Def|Gender=Fem|Number=Sing|PronType=Art 4 det _ _ * * *
4 sécurité sécurité NOUN _ Gender=Fem|Number=Sing 1 nmod _ _ * State *
```

Le **corpus est segmenté en phrases** et chaque **phrase est segmentée en mots**. Chaque ligne du fichier **contient un mot**, avec des **lignes blanches** pour **séparer les phrases entre elles**. Les **phrases se lisent donc à la verticale** ! Chaque mot contient **13 colonnes** **séparées par des tabulations (TAB ou \t)**, avec **un type d'information linguistique par colonne**. Les **noms des colonnes** sont donnés dans la **table ci-dessous**. Vous pouvez utiliser un tableur (p.ex. Excel, Libreoffice Calc) pour visualiser les colonnes alignées, comme ci-dessous :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	ID	FORM	LEMMA	UPOS	XPOS	FEATS	HEAD	DEPREL	DEPS	MISC	PARSEME:MWE	FRSEMCOR:NOUN	PARSEME:NE
2	1	Amélioration	amélioration	NOUN		Gender=Fem Number=Sing	0	root			*	Act	*
3	2	de	de	ADP			4	case			*		*
4	3	la	le	DET		Definite=Def Gender=Fem Number=Sing PronType=Art	4	det			*		*
5	4	sécurité	sécurité	NOUN		Gender=Fem Number=Sing	1	nmod			*	State	*

1. Nous utiliserons les étiquettes Universal Dependencies (UD), décrites ici : <https://universaldependencies.org/u/pos/>.
2. Les détails se trouvent dans le fichier **sequoia/README.md** fourni, voir Sec. 4.

Les **meta-informations** (lignes commençant par un **#**) peuvent être ignorées. L'entrée de votre système sera toujours la **deuxième colonne** : **FORM**. Il s'agit du mot tel qu'il apparaît dans le corpus, sans aucune annotation.<sup>3</sup> Le système doit prédire les autres colonnes ; p.ex le **TP d'aujourd'hui** permettra de faire un système qui **prédit la colonne numéro 4 (UPOS)**. Vous trouverez la description du format CoNLL-U (10 premières colonnes) sur le site de Universal Dependencies.<sup>4</sup> Les colonnes 11, 12 et 13 seront détaillées ultérieurement.

Nous vous conseillons la bibliothèque <https://pypi.org/project/conllu/>. Son installation et fonctionnement sont faciles à prendre en main. La fonction **parse\_incr** est particulièrement utile pour récupérer des **TokenList**, où chaque élément est un dictionnaire représentant le mot avec ses annotations. Voici un exemple :

```
from conllu import parse_incr
for sent in parse_incr(open("sequoia-ud.parseme.frsemcor.simple.small", encoding='UTF-8')):
    print(" ".join(tok["upos"] for tok in sent))
```

## 4 Données et code fournis

Des données et du code sont fournis dans <https://gitlab.lis-lab.fr/carlos.ramisch/pstal-etu>. Il s'agit d'un dépôt **git** qu'il convient d'actualiser souvent (**git pull**) pour avoir la dernière version des fichiers. Dans le dossier **lib/** vous trouverez le script d'évaluation **evaluate.py**. Son fonctionnement est expliqué dans **./evaluate.py --help**. Le module **conllulib.py** regroupe des fonctions qui peuvent vous être utiles.

Le dossier **sequoia/** contient 5 fichiers *CoNLL-U+* nommés **sequoia-ud.parseme.frsemcor.simple**. Les fichiers suffixés **.train**, **.dev** et **.test** contiennent les données d'entraînement, de validation/développement, et de test. Rappel : vos expériences doivent être réalisées sur le corpus **.dev**, vous ne reporterez les résultats sur le **.test** qu'à la toute fin. Le fichier **.full** contient l'union des trois fichiers précédents : il ne doit jamais être utilisé tel quel. Finalement, le fichier **.small** est un extrait du corpus **.dev** qui peut être pratique pour développer et déboguer votre système sans perdre trop de temps à chaque exécution.

## 5 Préparation des données

Le modèle requiert des tenseurs en entrée/sortie. Chaque élément du tenseur est un **indice** représentant un **mot/étiquette** dans le **vocabulaire**. Il faut donc convertir les entrées (mots) et sorties (étiquettes) en suites d'entiers, et construire en parallèle le **vocabulaire des mots**  $V_w$  et des **étiquettes**  $V_t$ . N'oubliez pas de **garder un indice à part pour le padding** (p.ex. **PAD\_ID=0**) dans  $V_w$  et  $V_t$ , et un **indice pour les OOV** dans  $V_w$  (p.ex. **UNK\_ID=1**). L'encodage est nécessaire pour **.train** et pour **.dev**, et les **mots du .dev** absents de  $V_w$  sont encodés **UNK\_ID**. La structure **defaultdict** est pratique pour encoder vocabulaire, comme illustré dans **conllulib**.

Des **batches** regrouperont des phrases de longueur variable. Il faut donc (a) **tronquer les phrases dépassant la longueur maximale  $L$**  et (b) **ajouter du padding pour les phrases plus courtes que  $L$** . Les phrases tronquées, paddées, et transformées en **LongTensor** sont transmises à la fonction **Util.data\_loader** dans **conllulib**.

## 6 Le modèle RNN d'étiquetage

Le modèle d'étiquetage est une classe **héritant de nn.Module** contenant les éléments suivants :

- **nn.Embeddings** : **matrice de dimensions  $|V_w| \times d_e$**  prenant en entrée des entiers représentant les mots, et donnant en sortie un vecteur de dimension  $d_e$  par mot. Contrairement à **keras**, vous ne transformerez pas les entiers en *one-hot*, cela est automatique. Le *broadcast* est aussi automatique : si votre entrée est un **LongTensor** de dimension  $B \times L$  (où  $B$  est la taille du *batch* et  $L$  la longueur des phrases), la sortie sera de dimension  $B \times L \times d_e$ , avec un vecteur  $d_e$ -dimensionnel par entrée. Il est important d'indiquer l'indice du padding (**padding\_idx=PAD\_ID**) pour que ce **vecteur reste nul pendant l'apprentissage**.
- **nn.GRU** : **pour chaque embedding de dimension  $d_e$ , la couche récurrente génère un vecteur caché de dimension  $d_h$** . Contrairement à **keras**, la longueur  $L$  de la suite n'est pas un paramètre de la couche : comme le graphe de calcul est dynamique, la couche admet des séquences de longueur variable. Nous devons indiquer à cette couche que **batch\_first=True**. De plus, nous ne voulons pas de biais (**bias=False**) car celui-ci interférerait sur le padding dans un réseau bidirectionnel.
- **nn.Linear** : la **couche de décision est une matrice de dimension  $d_h \times |V_t|$** . L'activation **softmax** est intégrée dans la *loss* et n'est pas appelée explicitement. N'oubliez pas d'ajouter un peu de *dropout*.

3. Vous remarquerez que la tokenisation a séparé les contractions, p.ex. **aux**→**à les**, **du**→**de le**, **duquel**→**de lequel** ...

4. <https://universaldependencies.org/format>

## 7 Entraînement du modèle

Si dans `keras` il suffit d'appeler `model.fit`, dans `torch` il faut écrire sa propre fonction `fit(model, data)`. Heureusement, elle est similaire d'un projet à l'autre ; on peut copier puis adapter. La fonction `fit` doit :

1. Initialiser la fonction de perte (`nn.CrossEntropyLoss`) et l'optimiseur (p.ex. `optim.Adam`)
2. Dans la boucle extérieure, répéter un certain nombre d'`epochs`
3. Dans la boucle intérieure, parcourir les `batches (x, y)` du `DataLoader` et, pour chaque `batch` :
  - (a) Mettre à zéro tous les gradients de tous les paramètres du modèle (`zero_grad`)
  - (b) Passer `x` dans le modèle pour obtenir la prédiction  $\hat{y}$ , puis calculer la `loss` en fonction de `y`.<sup>5</sup>
  - (c) Rétro-propager les gradients (`backward`), et mettre les paramètres à jour (`optimizer.step`)

Ces étapes constituent le coeur de l'apprentissage. Mais pour s'assurer que tout se passe bien, il convient d'afficher, à la fin de chaque `epoch`, la `loss` cumulée sur le `.train`, et la `loss` et sur le `.dev`. Écrivez une fonction `perf` qui parcourt les `batches (x, y)` du `DataLoader dev`, prédit les scores des étiquettes  $\hat{y}$ , accumule les valeurs de la cross-entropie, comme pour l'entraînement, puis les affiche.

L'*accuracy* (exactitude) sur le `.dev` peut aussi être calculée dans `perf`. Pour cela, transformez les logits  $\hat{y}$  en indices d'étiquettes prédites  $\hat{t}$  (`argmax`). Mais attention : nous voulons ignorer le padding, il faut donc le masquer. Le code `mask = (y != PAD_ID)` permet d'obtenir un tenseur de masquage, appliqué ensuite à la comparaison de  $\hat{t}$  avec `y`, par exemple : `(t_hat == y) * mask`. Pensez à mettre le modèle en mode `model.train` au début des `epoch`, et de le mettre en mode `model.eval` lors du calcul des performances sur le `.dev`.

Une fois le modèle entraîné, il ne faut surtout pas le jeter (comme on fait souvent dans les *jupyter notebook*) ! Sauvegardez le modèle `model.state_dict` dans un fichier `.pt`. Il faut également sauvegarder les vocabulaires  $V_w$  et  $V_t$ , sans quoi le modèle sera inutilisable. Notez que `torch.save` accepte des dictionnaires quelconques, vous pouvez tout sauvegarder ensemble : les paramètres du modèle et les vocabulaires.<sup>6</sup> Profitez pour sauvegarder aussi les *hyper-paramètres* nécessaires à la prédiction dans ce même fichier (`de`, `dh`, `PAD_ID`...).

## 8 Prédiction

L'étiqueteur prend en entrée un corpus `.dev` et un modèle entraîné. Le modèle est d'abord instancié (Sec. 6), puis initialisé avec `load_state_dict`.<sup>7</sup> Chaque phrase du `.dev` doit être transformée en entiers à l'aide de  $V_w$ , passée dans le modèle pour obtenir  $\hat{y}$ , puis  $\hat{t}$  (`argmax` de  $\hat{y}$ ). La fonction `rev_vocab` dans `conllulib` permet de convertir les indices en étiquettes POS, à placer dans le champ `upos` des mots avant d'imprimer la phrase avec `serialize`. La prédiction se fait par phrase et non pas par `batch` : il n'y a donc pas de troncage ni de padding.

## 9 Travail à effectuer

Vous devez écrire deux scripts différents : `train_postag.py` pour l'entraînement du modèle (Sec. 7), et `predict_postag.py` pour la prédiction des POS (Sec. 8). Le code du modèle RNN (Sec. 6) doit être partagé par les deux scripts : vous pouvez le mettre dans un module/fichier à part et l'importer, par exemple. L'évaluation des prédictions sera effectuée par le script fourni `lib/evaluate.py`.

5. Pensez à transposer les 2 dernières dimensions de  $\hat{y}$  pour la rendre compatible avec le format attendu par la `loss`.

6. Avant la sauvegarde, transformez  $V_w$  et  $V_t$  en dict Python standard, sinon vous aurez une erreur.

7. Spécifiez `weights_only=False` pour éviter le warning de sécurité.