

# Étiquetage de la race de chien depuis une image à l'aide d'un réseau de neurone convolutif

Antoine Gaulin, Othman Mounir, Arthur Pulvéric and Anis Redjdal

Polytechnique Montréal

## Abstract

L'article a pour but de présenter un modèle de classification et d'étiquetage d'images de chiens en fonction de leur race. TODO

## 1 Introduction

### 1.1 Motivations

Les réseaux de neurones convolutifs (CNN) permettent de faire de la classification d'image de façon rapide et performante. Ainsi, avec des images de chiens, il est possible de calculer la probabilité qu'un canidé présent dans une image appartienne à une race plutôt qu'une autre. Pour aider la SPCA à se créer un inventaire en ligne de tous ses chiens, et encourager le commerce en ligne, nous voulons concevoir un réseau de neurones qui permet de faire de la classification automatique à partir des images de chien. De cette façon, les clients souhaitant faire l'acquisition d'une race spécifique auront plus de facilité à la retrouver sur leur site internet.

Dans la pratique, un réseau de neurones convolutif classique présente des difficultés pour la classification d'objets présentant de nombreuses caractéristiques communes, ce qui est le cas pour les chiens de la base de données. La figure 1 illustre bien ce problème : les chiens présentés ont beaucoup de caractéristiques communes, mais n'appartiennent pas à la même race. L'objectif ici est donc d'implémenter un modèle capable d'obtenir des performances acceptables pour la prédiction de races de chien.



Figure 1: De gauche à droite, un Malmute, un Eskimo et un Husky

### 1.2 Travaux antérieurs

L'article *Using Convolutional Neural Networks to Classify Dog Breeds* [Hsu, 2015] est un incontournable.

Concrètement, les auteurs proposent deux architectures différentes capables de différencier les petites variations entre les races. Le premier modèle est basé sur l'architecture de LeNet, dont chaque couche de convolution est un filtre avec 2 paramètres : le nombre de pixels qu'elles prennent en entrée et le nombre de canaux en sortie. Le second modèle reprend l'architecture de GoogLeNet, dont chaque couche de convolution est une combinaison de filtres eux-mêmes composés de réseaux de neurones.

Un autre papier intéressant est *Dog Breed Identification*. [LaRow *et al.*, 2016] Il y est présenté un projet ayant pour but de prédire les races des chiens à partir d'images. Ce projet utilise des techniques d'apprentissage automatique et de vision par ordinateur. Un réseau de neurones convolutionnel permet, dans un premier temps, d'identifier les points clés des visages des chiens. Ensuite, des descripteurs SIFT (*Scale-Invariant Feature Transform*) et des histogrammes de couleur utilisent ces points clés pour extraire des *features*. Enfin, un classificateur de type machine à vecteur de support (SVM) prédit la race du chien avec une précision de 52%. Il est à noter que dans 90% des cas, la race du chien à trouver est présente dans les 10 prédictions les plus probables depuis 133 races au total dans la base de données. Ces performances sont supérieures à ce que peuvent faire la plupart des humains.

Dans ce travail, nous nous inspirons d'un modèle proposé par le premier article. En effet, la simplicité d'architecture et leurs performances sont totalement adaptées aux contraintes que nous rencontrons. Nous allons ajouter un algorithme qui applique une étiquette sur l'image.

## 2 Approche théorique

### 2.1 GoogLeNet

Le modèle GoogLeNet créé par Google possède le mot LeNet dans son nom, car il rend hommage à son prédécesseur LeNet qui est un des premiers modèles de convolution à apporter de réelles prédictions de contenu d'images. Avant le développement de GoogLeNet, beaucoup d'autres modèles de convolution ont vu le jour comme AlexNet, mais le modèle de Google reste celui qui a le pourcentage d'erreur le plus bas et qui est donc le plus performant tel que présenté sur la figure 2 [Tsang, 2018].

L'architecture de ce réseau GoogleNet est très différente des précédents réseaux existants. Il contient des convolutions

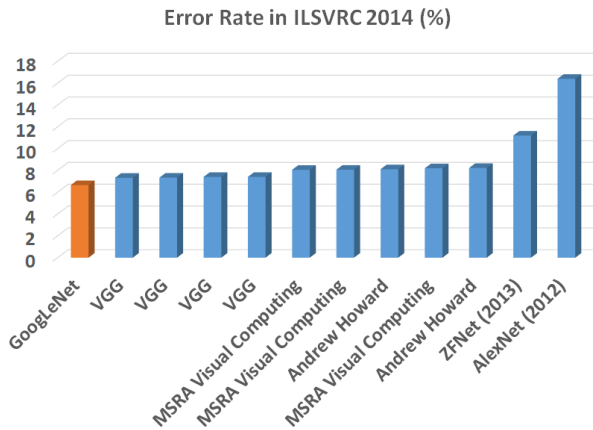


Figure 2: Les modèles participants à l'ILSVRC 2014

$1 \times 1$  au milieu du réseau et le regroupement moyen global est utilisé à la fin du réseau au lieu d'utiliser des couches entièrement connectées. Ces deux techniques sont extraites d'un autre article intitulé *Network In Network*. [Lin *et al.*, 2013] Une autre technique, appelée module de création, consiste à avoir différentes tailles ou types de convolutions pour la même entrée. Ensuite, on empile toutes les sorties. Nous verrons plus en détail chacune de ces techniques.

## 2.2 Convolution $1 \times 1$

Dans GoogLeNet, la convolution  $1 \times 1$  est utilisée comme module de réduction de dimension pour réduire le calcul. En réduisant le goulot d'étranglement du calcul, la profondeur et la largeur peuvent être augmentées. Prenons un exemple simple pour illustrer cela. Supposons que nous devons effectuer une convolution  $5 \times 5$  sans utiliser la convolution  $1 \times 1$  tel qu'illustré à la figure 3 [Tsang, 2018].

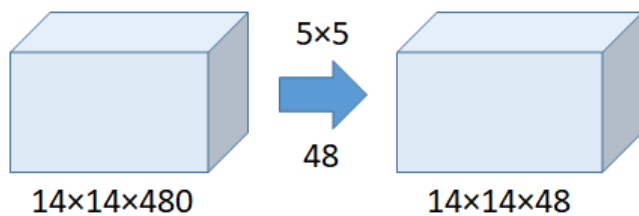


Figure 3: Convolution de 112,9 millions d'opérations

Voyons maintenant le nombre d'opérations effectuées si l'on ajoute une convolution  $1 \times 1$  comme sur la figure 4 [Tsang, 2018].

Les deux sous-modèles de convolution ci-dessus donnent le même résultat et sont donc équivalents. Cependant, lorsqu'on utilise la convolution  $1 \times 1$  en plus on effectue beaucoup moins d'opérations ce qui est moins coûteux. Ainsi, la convolution  $1 \times 1$  aide à réduire la taille du modèle, ce qui peut également aider à réduire les problèmes de généralisation.

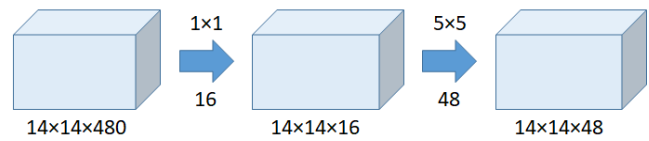
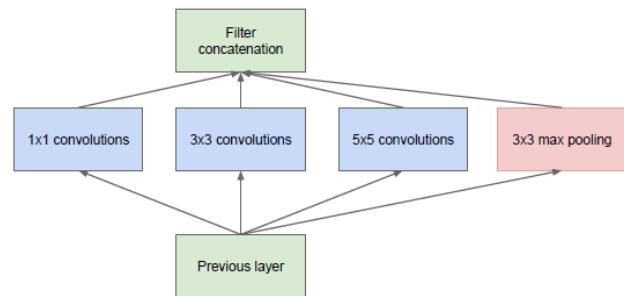


Figure 4: Convolution de 5,3 millions d'opérations

## 2.3 Inception

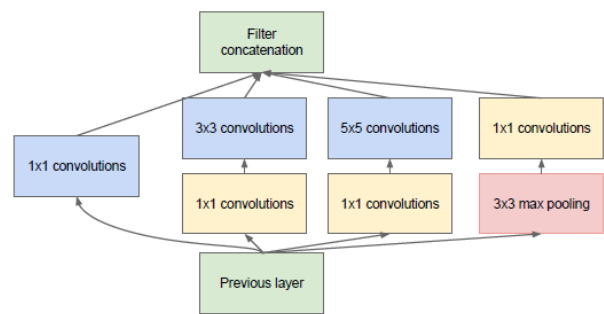
Auparavant, comme avec AlexNet et VGGNet, la taille du filtre de convolution était fixée pour chaque couche. Mais avec le module Inception, les filtres de convolution  $1 \times 1$ ,  $3 \times 3$  et  $5 \times 5$  ainsi que la couche *maxpooling* sont toutes appliquées à la sortie de la couche de neurones précédente et chaque résultat de chacune de ces couches est envoyé vers une couche de concaténation qui regroupe toutes ces sorties en un seul résultat. L'architecture de ce module est de la forme représentée à la figure 5. [Szegedy *et al.*, 2015]



(a) Inception module, naïve version

Figure 5: Inception Naïf

Finalement, si on décide de regrouper et d'utiliser la convolution  $1 \times 1$  dans notre module Inception, on réduit la dimension des couches  $3 \times 3$  et  $5 \times 5$  pour qu'elles soient moins coûteuses. On garde donc la variété de résultats qu'offre l'assemblage de couches de convolution de différentes tailles tout en prenant soin de réduire les dimensions pour éviter une surcharge des opérations et, par la même occasion, les problèmes de généralisation comme dans la figure 6. [Szegedy *et al.*, 2015]



(b) Inception module with dimensionality reduction

Figure 6: Inception réduit

## 2.4 Regroupement moyen global

Dans la plupart des CNN classiques et déjà réalisées, on utilise une couche pleinement connectée (FC) à la fin du réseau à la sortie de la dernière couche de convolution ou de *pooling* en reliant toutes les entrées à toutes les sorties qui sont égales au nombre de classes que l'on veut classer à l'aide notre modèle. Dans notre cas, nous avons 120 classes qui représentent les 120 races de chiens différentes. Néanmoins, GoogLeNet n'utilise pas de couche FC à la fin pour la classification, mais bien une couche de regroupement moyen global (GAP) qui consiste à calculer, pour chaque entrée, une moyenne de probabilité qu'il va envoyer directement à la sortie. Il n'y aura donc aucune matrice de poids à apprendre comme pour un réseau FC. Le concept du GAP est représenté à la figure 7. [Tsang, 2018]

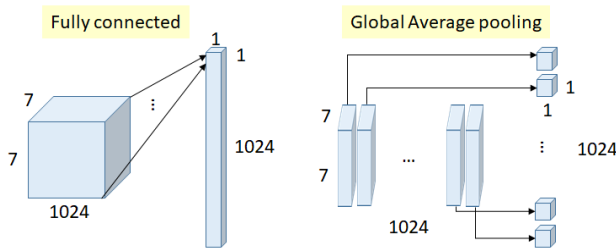


Figure 7: Comparaison de FC et GAP

On voit donc que le réseau FC utilise toutes les entrées pour déterminer une sortie alors que le GPA utilise une entrée par sortie par rapport à un calcul des entrées moyennes. Le réseau GPA est donc moins coûteux. De plus, une étude des auteurs a confirmé qu'un passage de la couche FC à la couche GPA améliore la précision du GoogLeNet de 0,6% ce qui est remarquable. [Tsang, 2018]

## 2.5 Méthodologie

Dans le contexte de la pandémie, nous devons limiter le projet à quelque chose de simple, qui permet toutefois de comprendre le fonctionnement d'un CNN moderne en profondeur. Ainsi, nous allons nous limiter à une seule architecture.

Premièrement, nous avons évalué s'il était possible d'ajouter des étiquettes à une image dans ses métadonnées à l'aide du langage Python. Nous avons trouvé la librairie IPTCInfo qui permet de faire cette tâche aisément.

Ensuite, nous avons cherché un jeu de données pour entraîner notre modèle. Les images retenues proviennent du *Stanford Dogs Dataset*. [Khosla et al., 2011] Le fait que les clichés soient présents dans des répertoires nommés par la race permet facilement de retrouver l'étiquette pour faire l'entraînement supervisé. Aussi, le fait que le jeu de données soit différent de l'article permet d'explorer davantage les impacts du jeu de données par rapport au modèle.

Pour concevoir le modèle, nous utilisons un GoogLeNet comme dans l'article *Using Convolutional Neural Networks to Classify Dog Breeds* [LaRow et al., 2016]. Ainsi, il nous a été utile de consulter l'article de Google, *Going deeper with convolutions* [Szegedy et al., 2015], afin de bien comprendre le fonctionnement du réseau.

Le modèle que nous avons implémenté en python à l'aide de couches de Pytorch est fortement inspiré du modèle GoogLeNet auquel nous avons décidé d'ajouter des couches de normalisation par sous-ensemble afin d'améliorer l'entraînement. En effet, nous avons implémenté une classe Inception composée de quatre branches de séparation du transformer, qui ont leur sortie regroupée à la fin de la classe. De plus, nous avons aussi une classe GoogLeNet composée de trois couches de convolution suivies chacune d'une couche de normalisation par sous-ensemble puis d'une couche ReLU et enfin d'une couche de *pooling*. L'architecture implémentée est représentée par la figure 8. L'architecture est disponible dans le fichier googlenet.py sur le dépôt GitHub disponible à cette adresse : <https://github.com/Anteige/INF8225>

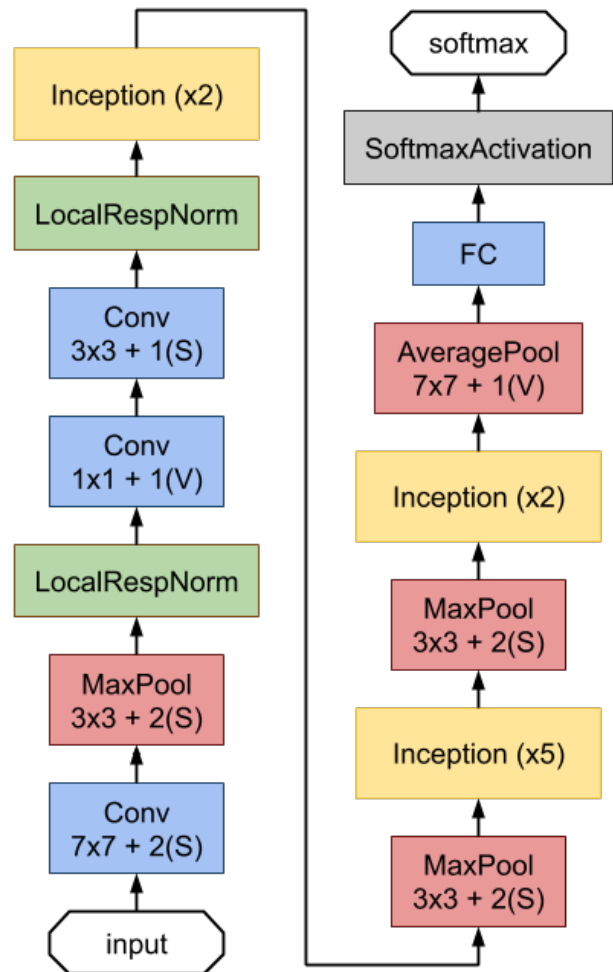


Figure 8: Architecture implémentée

## 3 Discussion

### 3.1 Entraînement

Afin de réaliser l'entraînement sur notre implémentation de GoogLeNet, nous avons choisi comme input 12000 images d'entraînement, soit 1000 images par race de chien, de taille

$3 \times 244 \times 244$ . Chaque dimension représente respectivement, la couleur RGB, la longueur et la largeur. Ce jeu de données est importé de Kaggle. Nous l'avons choisi, car il est plutôt récent et les résultats des entraînements sur ce jeu de données à ce jour sont loin d'être performants. Pour ce qui est du modèle, nous avons choisi, à l'aide d'un ensemble de validation, des taux d'apprentissages égaux à 0,07 et 0,0005 ainsi qu'un momentum de 0,0005. L'algorithme d'optimisation employé est ADAM et la fonction de perte utilisée pour mesurer l'erreur après chaque mise à jour du modèle est l'entropie croisée.

Nous avons effectué plusieurs essais en variant le taux d'apprentissage, le nombre d'itérations et l'utilisation, ou non, d'une optimisation ADAM. Pour chaque essai, nous avons noté le score en top1 et en top10. Pour des fins de comparaisons, seule la moyenne a été retenue.

### 3.2 Résultats

Nombre d'itérations	top1 (%)	top10 (%)
1000	0.89	2.60
	0.87	2.66
	0.72	2.45
	0.84	2.67
	0.82	2.53
	$\mu = 0.83$	$\mu = 2.58$
300	0.65	2.38
	0.73	2.44
	0.75	2.42
	0.80	2.37
	0.59	2.30
	$\mu = 0.71$	$\mu = 2.38$
200	0.78	2.24
	0.84	2.38
	0.84	2.47
	0.71	2.40
	0.80	2.59
	$\mu = 0.79$	$\mu = 2.41$
100	0.77	8.11
	0.73	8.25
	0.63	8.23
	0.78	8.37
	0.80	8.59
	$\mu = 0.74$	$\mu = 8.31$

Table 1: Performances avec un taux d'apprentissage de 0,0005

### 3.3 Interprétation des résultats

Dans le tableau 1, on voit que les résultats de l'entraînement avec beaucoup d'itérations sont moins bons à partir de 100 itérations. En effet, on constate que même si l'erreur de la fonction de cout continue à diminuer après 100 itérations et qu'elle devient acceptable à partir de 500 itérations, les résultats ne vont pas dans ce sens, ce qui nous laisse penser que le modèle passe en surapprentissage au bout de 100 itérations d'entraînement.

Nombre d'itérations	top1 (%)	top10 (%)
1000	0.89	2.60
	0.87	2.66
	0.72	2.45
	0.84	2.67
	0.82	2.53
	$\mu = 0.83$	$\mu = 2.58$

Table 2: Performances avec un taux d'apprentissage et un L2 de 0,0005

Nombre d'itérations	top1 (%)	top10 (%)
50	0.96	8.86
	0.73	8.68
	0.70	8.40
	0.63	8.54
	0.84	8.96
	$\mu = 0.77$	$\mu = 8.69$

Table 3: Performances avec un taux d'apprentissage de 0,07

Dans le tableau 2, on constate que l'application d'un L2 TODO

Dans le tableau 3, ... TODO

### 3.4 Observations

Nous avons remarqué que la perte de la fonction de cout diminue très lentement lors de la phase d'entraînement. En effet, le modèle classique GoogLeNet réalisé par Google s'est entraîné sur une multitude d'objets et d'êtres vivants différents. Il a donc pu apprendre chaque *features* différente selon chaque entrée. Dans notre cas, nous avons décidé de ne pas utiliser la version préimplémentée du modèle de Google, en l'important depuis la librairie Pytorch, mais de la réimplémenter nous même et surtout de refaire son entraînement à partir de zéro. Notre modèle doit donc apprendre à reconnaître différentes races de chiens uniquement.

Or, même si les chiens que nous lui avons donnés en entrée sont de races différentes, ils ont quand même énormément de similitudes, comme un museau, de longues oreilles, une posture à quatre pattes, etc. Le modèle de convolution extrait donc souvent des caractéristiques similaires à chaque fois même si les chiens sont de race différente ce qui fait toute la complexité et la difficulté de notre apprentissage c'est pourquoi nous avons décidé d'ajouter la dimension de couleur RGB dans nos images d'entrée, car nous nous sommes dit que l'apprentissage des couleurs pourrait aider à reconnaître différentes races de chiens qui sont souvent de couleurs différentes. C'est d'ailleurs pour cela que l'article que nous avons étudié pour faire ce projet a obtenu en résultat une précision de 10% sur la reconnaissance de race de chiens en utilisant le modèle de Google avec un jeu de données certes différent qui est ImageNet. Il nous a donc semblé intéressant de tester notre propre implémentation du modèle de Google sur ce jeu de données afin de voir s'il arrive à obtenir de bons résultats en entraînant notre modèle uniquement sur des chiens.

Pour pallier le fait que la perte diminue très lentement, nous avons décidé de laisser le modèle s'entraîner pendant un nombre d'itérations d'entraînement de plus en plus grand. Nous sommes allés jusqu'à tester plus de 1000 itérations, ce qui a pris 18 heures environ.

## 4 Analyse

Nous avons donc une meilleure précision que l'article que nous avons étudié, en utilisant le même modèle GoogLeNet avec 3 couches d'Inception. Cela est dû, selon nous, à l'ajout de couches de normalisation par sous-ensemble ainsi qu'à l'entraînement exclusif sur des chiens, mais aussi grâce à notre jeu de données. La précision est néanmoins loin d'être bonne et utilisable comme nous le souhaitions. En effet, le but de notre projet était de modifier les mots-clés de chaque image selon la prédiction de notre modèle. Même si nous sommes arrivés à une perte sur une erreur d'entraînement suffisamment petite, le modèle a encore du mal à généraliser sur l'ensemble de tests à cause des similitudes qui existent entre les races de chiens. Dans l'article que nous avons décidé d'implémenter, on trouve des résultats de modèles GoogLeNet composée de 3, 4, 6 et 7 couches inceptions respectivement. L'implémentation que nous avons décidé d'implémenter est le GoogLeNet à 3 couches inceptions. Par rapport à cela nous pouvons affirmer que notre modèle GoogLeNet donne des résultats significativement meilleurs que l'article. Cependant, cette performance est insuffisante pour une classification proche de l'être humain.

Pour revenir à la remarque du tableau 1, posons-nous la question suivante : qu'est-ce que le modèle veut apprendre ? Et bien notre modèle est principalement basé sur des convolutions, il cherche donc à apprendre des filtres de convolution afin de reconnaître les caractéristiques d'une image afin de pouvoir la classer selon ces caractéristiques. De plus, à l'aide des couches de *pooling*, il cherche à réduire l'information inutile qui n'est pas en rapport avec les caractéristiques qu'il souhaite apprendre. Or, sachant que les chiens ont tous des caractéristiques similaires, notre modèle va apprendre ces caractéristiques minimisées, par les couches de *pooling*, et ne saura donc plus les utiliser pour classer les races de chiens. En somme, augmenter le nombre d'itérations de l'apprentissage ne nous aidera pas à mieux apprendre ces caractéristiques, qui diffèrent selon chaque race de chien, mais bien au contraire, notre GoogLeNet va vite tomber dans le surapprentissage, car il va apprendre sans cesse des caractéristiques qui ne lui apporteront pas suffisamment de détails pour classer les races de chiens de notre jeu de données.

En conclusion de cette analyse, nous pensons qu'il serait justifiable de réduire au minimum les tailles des filtres de convolution avec les couches de *pooling* car ceux-ci font perdre de l'information précieuse. Le problème avec cette méthode est que l'information à traiter sera en conséquence plus grande et nous aurons besoin d'un réseau beaucoup plus profond que ceux utilisables à notre niveau d'un point de vue matériel et temporel. Un jeu de données plus grand pourrait également aider dans ce sens pour un apprentissage de détail plus profond et pour un risque de surapprentissage plus faible.

## References

- [Hsu, 2015] David Hsu. Using convolutional neural networks to classify dog breeds. Technical report, Stanford, 2015.
- [Khosla *et al.*, 2011] Aditya Khosla, Nityananda Jayadevaprakash, Bangpeng Yao, and Li Fei-Fei. Novel dataset for fine-grained image categorization. In *First Workshop on Fine-Grained Visual Categorization, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Colorado Springs, CO, June 2011.
- [LaRow *et al.*, 2016] Whitney LaRow, Brian Mittl, and Vijay Singh. Dog breed identification. Technical report, Stanford, 2016.
- [Lin *et al.*, 2013] Min Lin, Qiang Chen, and Shuicheng Yan. Network in network, 2013. cite arxiv:1312.4400Comment: 10 pages, 4 figures, for iclr2014.
- [Szegedy *et al.*, 2015] Christian Szegedy, Wei Liu, Yangqing Jia, Pierre Sermanet, Scott Reed, Dragomir Anguelov, Dumitru Erhan, Vincent Vanhoucke, and Andrew Rabinovich. Going deeper with convolutions. In *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2015.
- [Tsang, 2018] Sik Ho Tsang. Review: GoogLeNet (inception v1)— winner of ilsvrc 2014 (image classification), Aug 2018.