

Stage de Fin d'Études

Création d'un Moteur de Recherche dans les Images Satellite

Guillaume Rochette

30 octobre 2017

Le Groupe Thales

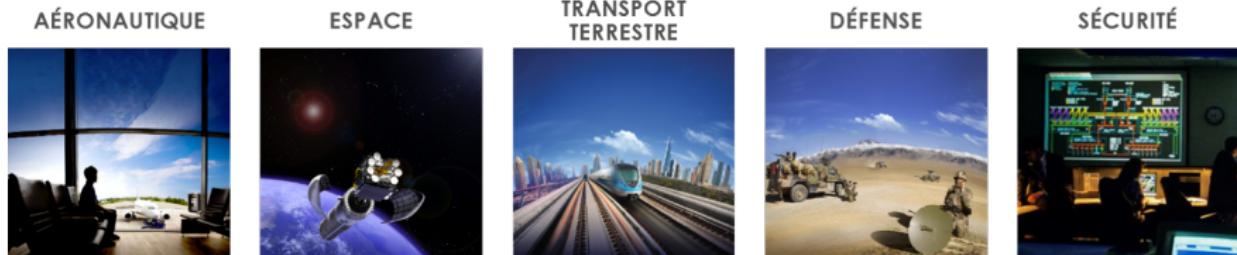


Figure – Secteurs d'activités du Groupe Thales

Présent dans 56 pays, employant 64000 salariés, dont 34000 en France.

- Présence dans 56 pays.
- 64000 salariés, dont 34000 en France.
- 15 Mds€.

Thales Services est une entreprise spécialisée dans les activités de conception, développement et maintenance de systèmes informatiques sécurisés.

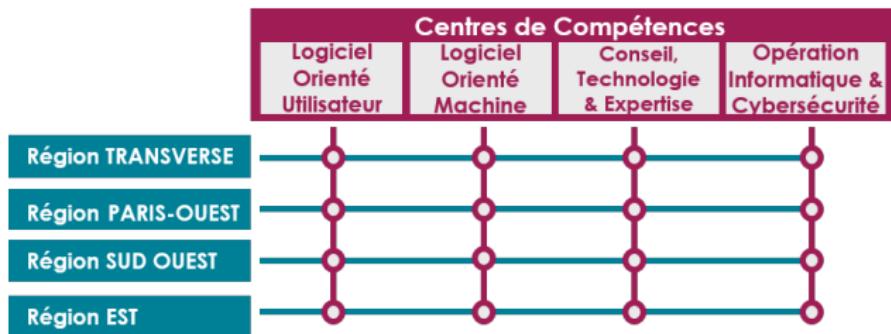


Figure – Organisation matricielle de Thales Services

Ce stage s'effectue dans le *Centre de Compétences Logiciel Orienté Machine* de la *Région Sud-Ouest*.

Objectifs du Stage

- Apporter des connaissances relatives à l'apprentissage profond appliqué au traitement de l'image.
- Déterminer des opportunités d'application de vision par ordinateur pour des images satellite, telle que de la segmentation d'image ou de la recherche de similarités.
- Proposer et évaluer des modèles pour les applications proposées.

On dit qu'un algorithme apprend grâce à une expérience E , par rapport à une classe de tâches à accomplir T , dont on peut calculer la mesure de performance P , si sa capacité d'accomplir la tâche T , mesurée par la performance P , s'améliore avec l'expérience E .

T.M. Mitchell

- Tâche : Classification, Régression, etc.
- Mesure de Performance : Distance Euclidienne, Entropie Croisée, etc.
- Expérience : Nature des Données, Apprentissage Supervisé/Non-Supervisé, etc.

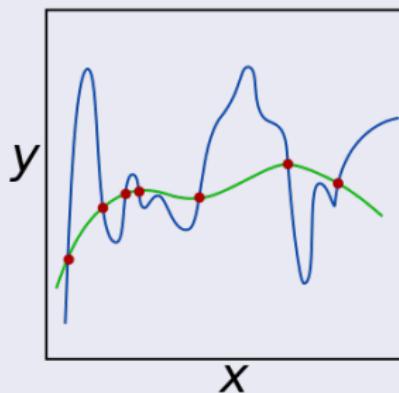
Optimisation

Minimisation de la Fonction de Perte → Problème d'Optimisation.
Utilisation de Méthodes de Descente de Gradient.

Régularisation

Rasoir d'Ockham :

Les hypothèses suffisantes les plus simples sont les plus vraisemblables.



Un neurone artificiel est une application $f : \mathbb{R}^P \rightarrow \mathbb{R}$, paramétrée par $\theta = (b, w) = (b, w_1, \dots, w_p)$, le biais et les poids.

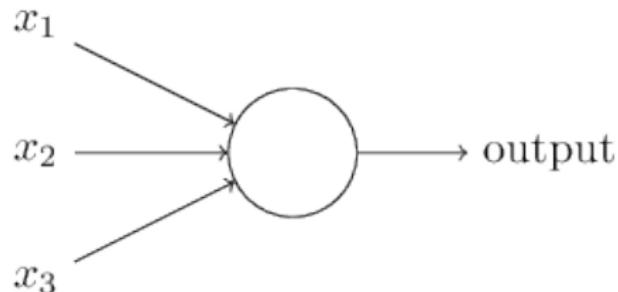


Figure – Schéma d'un Neurone

La sortie du neurone :

$$a = g(w^T x + b)$$

Réseau de Neurones

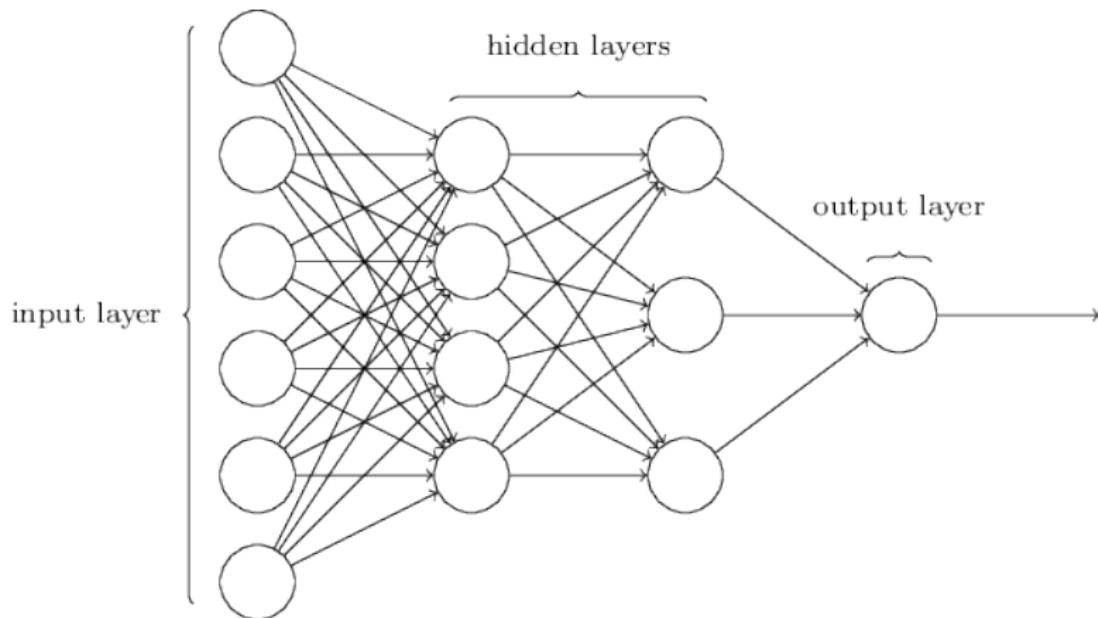


Figure – Schéma d'un Réseau de Neurones

Algorithm 1 Algorithme de Propagation

Require: Un réseau de neurones de L couches, défini par $S = (S_1, S_2, \dots, S_L)$.

Un vecteur d'entrée $x \in \mathbb{R}^n = \mathbb{R}^{S_1}$,

```
 ${}^0 a = x$ 
for  $k = 1$  to  $L$  do
     ${}^k z = ({}^k w)^T ({}^{k-1} a) + {}^k b$ 
     ${}^k a = g({}^k z)$ 
end for
return  ${}^L a$ 
```

Algorithm 2 Algorithme de Rétro-propagation

Require: Un réseau de neurones de L couches, défini par $S =$

$$(S_1, S_2, \dots, S_L).$$

$$x \in \mathbb{R}^n = \mathbb{R}^{S_1}, y \in \mathbb{R}^m = \mathbb{R}^{S_L}.$$

$${}^L\delta = \nabla_{{}^{L-1}a} C$$

$$\nabla_{Lb} C = {}^L\delta$$

$$\nabla_{Lw} C = {}^L\delta \times {}^{L-1}a^T$$

for $k = L - 1$ **to** 1 **do**

$${}^k\delta = ((\nabla_{ka} {}^{k+1}z)^T \times {}^{k+1}\delta) \odot \nabla_{kz} {}^k a$$

$$\nabla_{kb} C = {}^k\delta$$

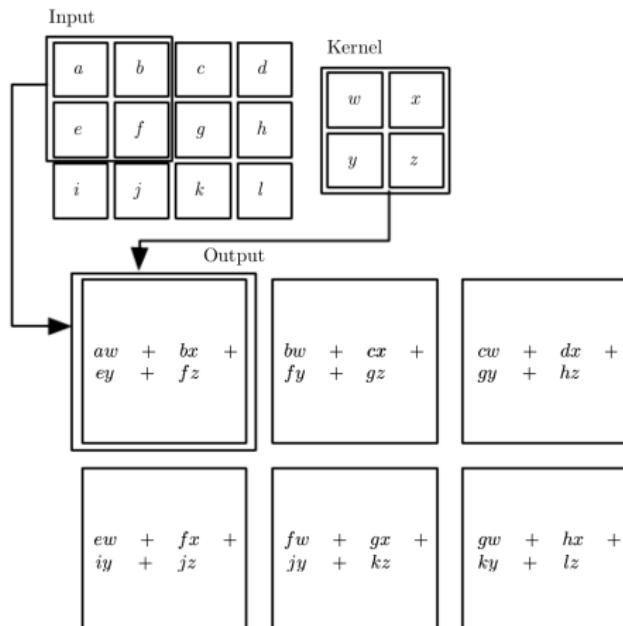
$$\nabla_{kw} C = {}^k\delta \times {}^{k-1}a^T$$

end for

Convolution

Expression générale :

$$(I * K)_{i,j} = \sum_m \sum_n I_{m,n} K_{i-m, j-n}$$



- Interaction locale.
- Partage des paramètres.
- Invariance par translation.

Réduction de la Dimensionnalité

Problème : Classifier des images de dimensions $(3, 256, 256)$ en 1000 catégories.

À noter : $3 \times 256 \times 256 = 196608$.

Comment extraire de l'information pertinente à partir de ces 196608 variables ?

Approche Naïve



Figure – Approche naïve

Pooling

hidden neurons (output from feature map)

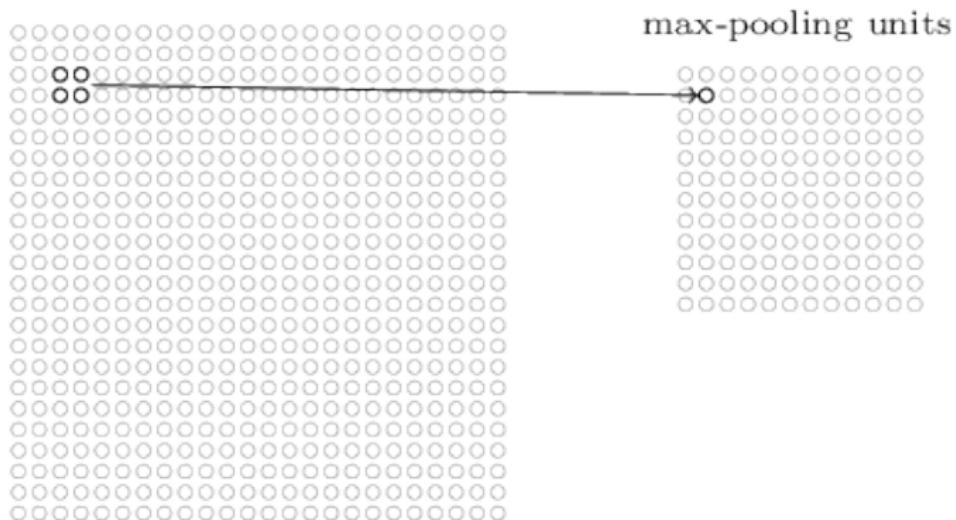


Figure – *Max-pooling sur une fenêtre (2, 2)*

Résolution	WorldView-3
Bande Panchromatique	0.31m
Bandes Multispectrales (8)	1.24m

Table – Résolution des capteurs optiques du satellite WorldView-3

Villes	Las Vegas	Paris	Shanghai	Khartoum	Total
Images	3851	1148	4582	1012	10593
Taille	26.1Go	7.8Go	31.0Go	6.8Go	71.7Go

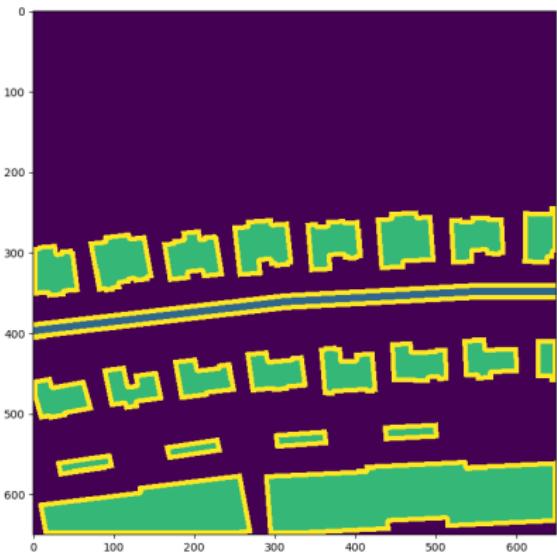
Table – Distribution des images selon les différentes zones géographiques

Images SpaceNet (RGB, 8-bits, Correction [2 – 98]%)



```
{  
  "type": "FeatureCollection",  
  "crs": {"type": "name",  
    "properties": {"name": "urn:ogc:def:crs:1.3:CRS84"}},  
  "features": [  
    { "geometry": {  
      "type": "Polygon",  
      "coordinates": [  
        [-115.302252599989529, 36.208218543364502, 0.0]  
        [-115.302260806999982, 36.208218603000034, 0.0]  
        [...]]  
      }  
    }  
    [...]  
  ]  
}
```

Rasterisation des Labels de SpaceNet et d'OpenStreetMap



CUDA

Réseaux de neurones *feedforward* sont totalement parallélisable.
Calcul sur GPU environ 50 fois plus rapide que sur CPU.

Caffe

Développé sous licence BSD par le *Berkeley AI Research* et la communauté.

Très utilisé en milieu académique.

Unpooling

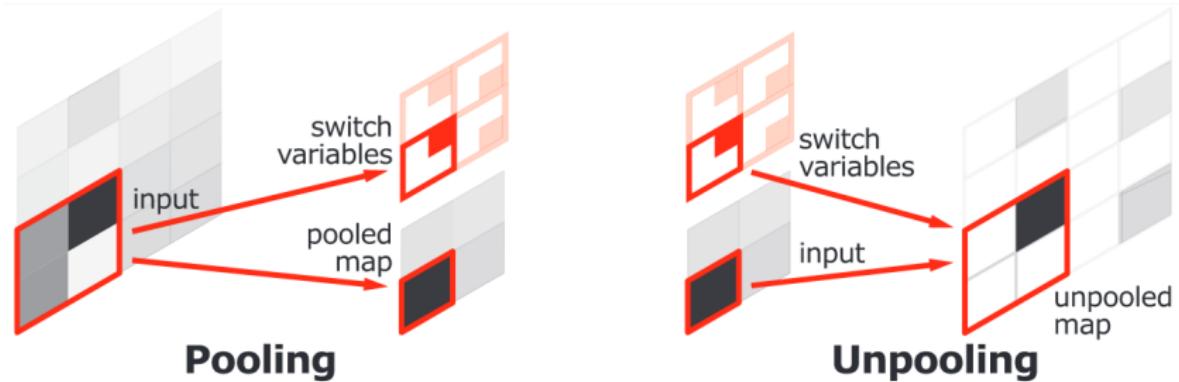


Figure – Couches de *pooling* et d'*unpooling*

Deconvolution

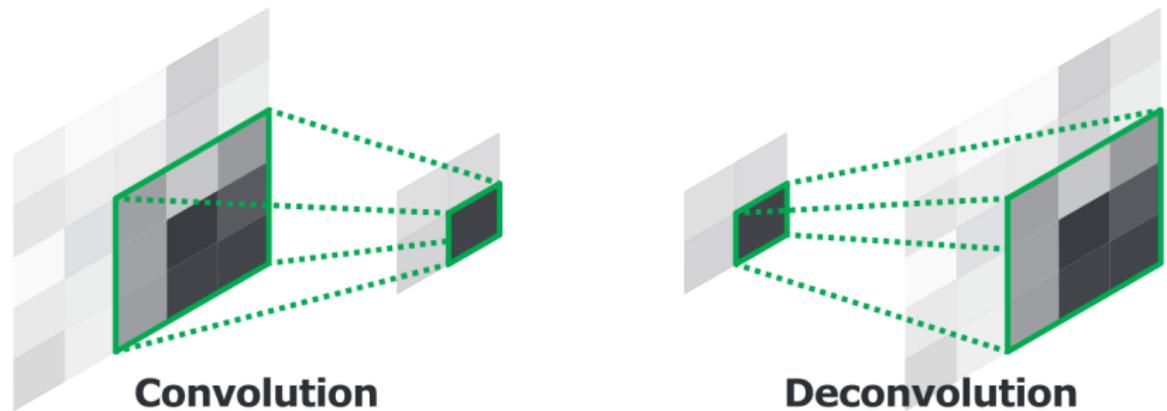


Figure – Couches de convolution et de déconvolution

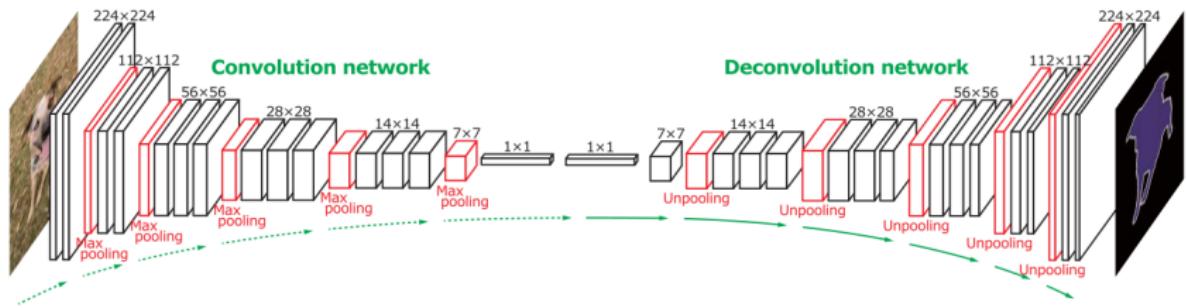


Figure – Architecture DeconvNet

Architecture "allégée".

Utilisation de *pooling* (4, 4), et de convolutions (3, 3) pour le bloc central.

Courbes d'Apprentissage

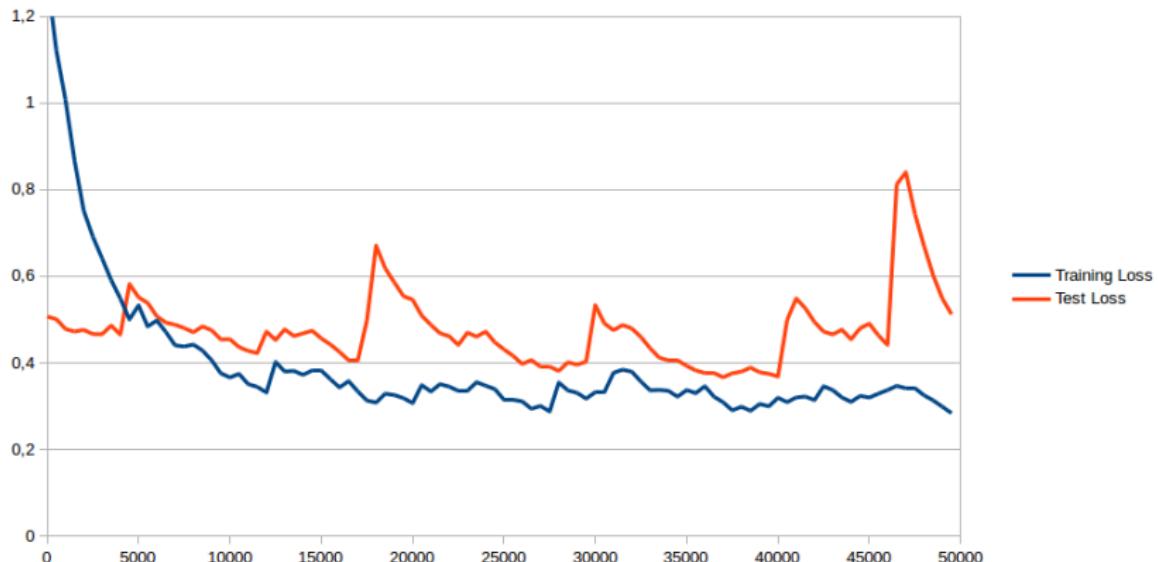


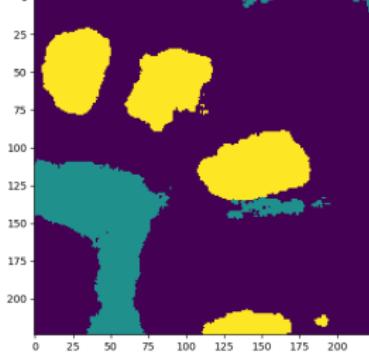
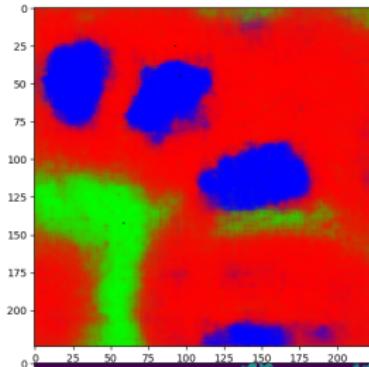
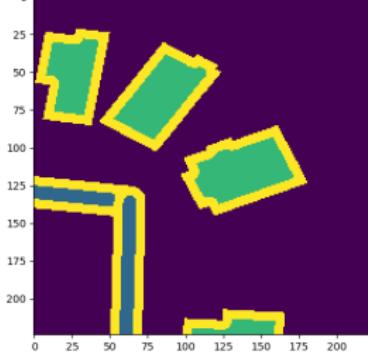
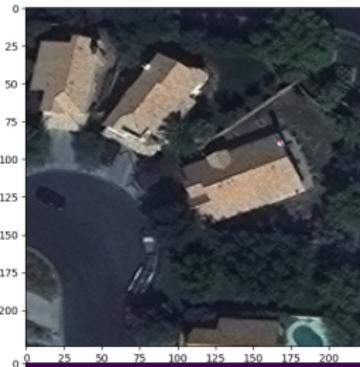
Figure – Graphe de la fonction de perte pour le modèle ZoomNet

Analyse des Résultats

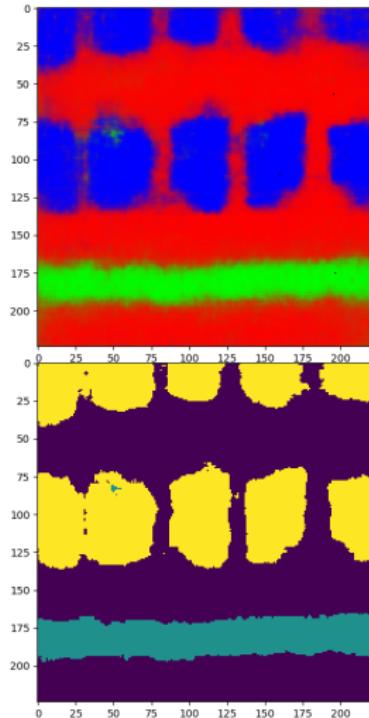
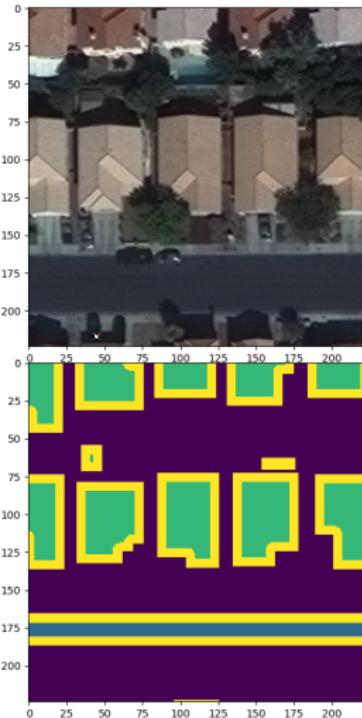
Réel/Prédit	Bâtiment	Route	Absence
Bâtiment	0.825	0.175	
Route	0.262*	0.738	0.262*
Absence	0.176		0.824

Table – Matrice de confusion du modèle ZoomNet à l’itération 37000

Inférence de ZoomNet



Inférence de ZoomNet



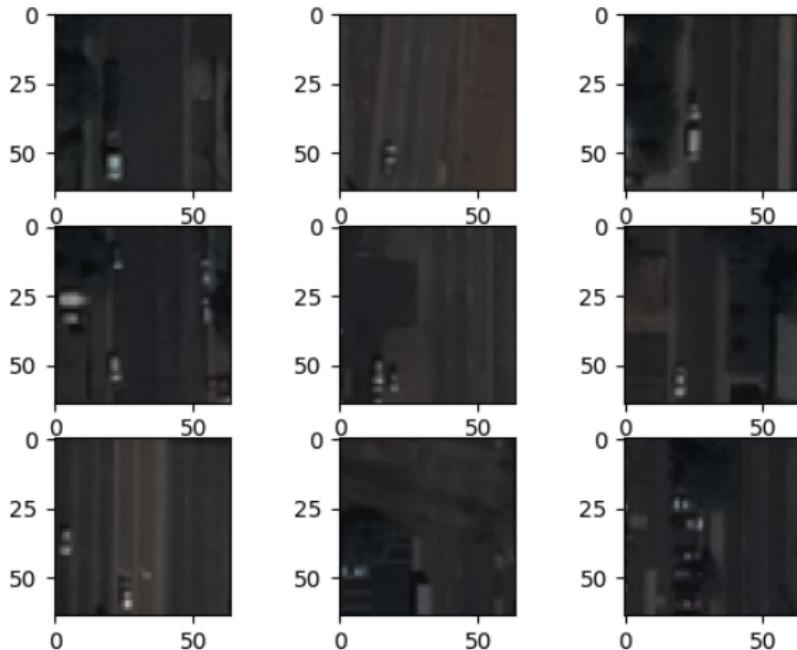
Décomposition en trois étapes :

- ① L'entraînement d'un modèle à une tâche de vision par ordinateur quelconque.
- ② La création semi-supervisée d'un *dataset* de classification d'images.
- ③ L'entraînement d'un second modèle à la classification d'images sur le *dataset* précédemment créé.

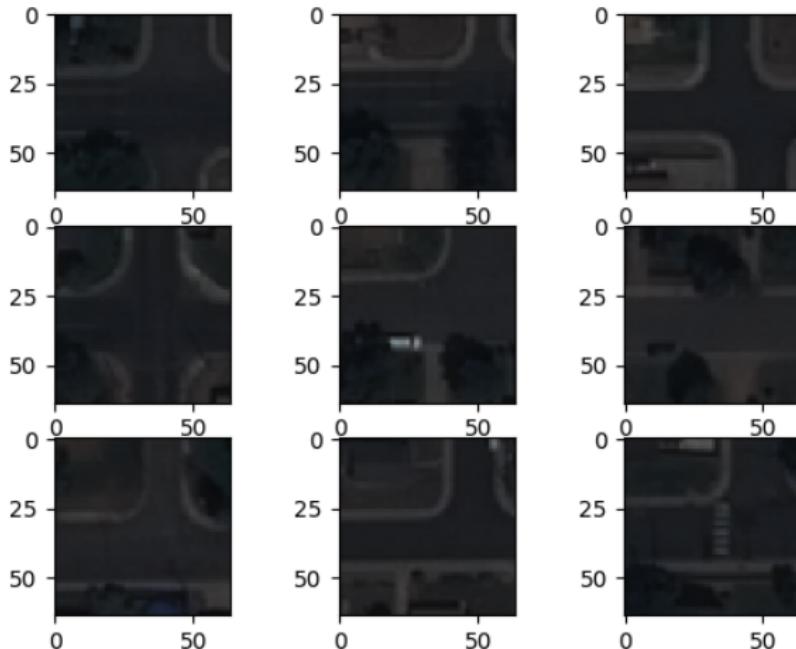
Commerce City (RGB, 8bits, Correction [2 – 98]%)



Corrélation de *patches* décomposés en *features*



Corrélation de *patchs* décomposés en *features*



Conclusion

- Sujet passionnant.
- Beaucoup d'autonomie.
- Souhait de poursuivre avec un doctorat dans le domaine de l'Apprentissage Profond.