Réseaux de neurones

IFT 780

Segmentation et localisation

Par

Pierre-Marc Jodoin, Antoine Théberge

1

Classification

2

?

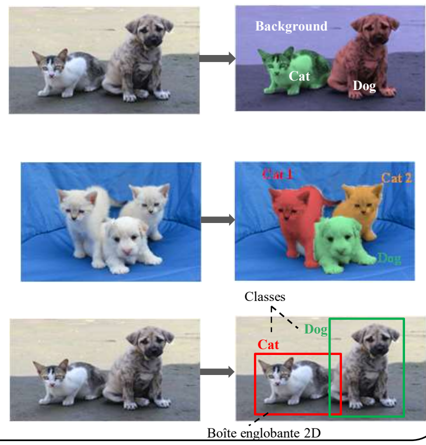
?

3

Segmentation sémantique

Segmentation par instances

Localisation



4

Segmentation sémantique

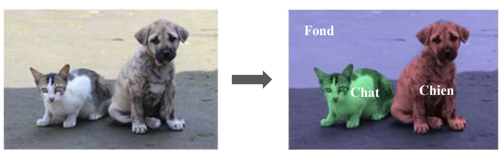


Image **Segmentation**

But: Assigner la bonne étiquette de classe à **chaque pixel de l'image d'entrée**

Peut être vu comme un problème de classification **dense** et **structurée**

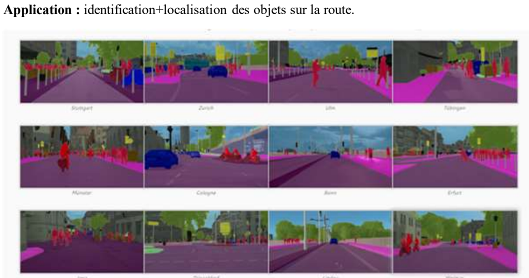
Possiblement des millions de pixels

Prédictions structure spatiale

5

Segmentation sémantique

Application : identification+localisation des objets sur la route.



M. Cordts, M. Omran, S. Ramos, T. Rehfeld, M. Enzweiler, R. Benenson, U. Franke, S. Roth, and B. Schiele, "The Cityscapes Dataset for Semantic Urban Scene Understanding," in Proc. of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016. [Bibtex]

6

Segmentation sémantique

Application : identification+localisation des structures vues par satellite (« remote sensing »).

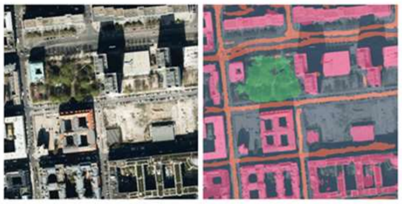


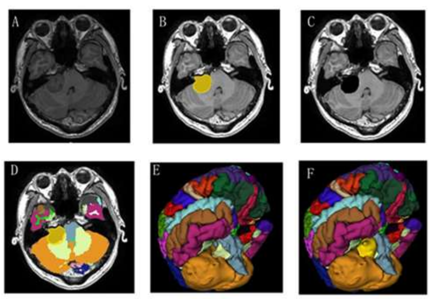
Fig. 7: *Left: Original satellite image. Right: Semantic segmentation of roads, buildings and vegetation.*

Ng, V., & Hofmann, D. (2018, July). Scalable feature extraction with aerial and satellite imagery. In Proceedings of the 17th Python in Science Conference (SCIPY 2018), Austin, TX, USA (pp. 9-15).

7

Segmentation sémantique

Application : imagerie médicale, identification+localisation des tumeurs et régions du cerveau



Hou, X., Yang, D., Li, D., Liu, M., Zhou, Y., & Shi, M. (2020). A new simple brain segmentation method for extracerebral intracranial tumors. *PloS one*, *15*(4), e0230754.

8

Segmentation sémantique

Comment mesurer la performance de la segmentation ?

Cible – Vérité terrain

Prédiction

9

Segmentation sémantique

Comment mesurer la performance de la segmentation ?

Matrice de confusion:

Prédiction \ **Vérité terrain**	Positif	Négatif
Positif	*True positive (TP)*	*False Positive (FP)*
Négatif	*False negative (FN)*	*True negative (TN)*

10

Segmentation sémantique

Comment mesurer la performance de la segmentation ?

Justesse ("Pixel accuracy") $\frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}$

Intersection over Union (IOU)/ Jaccard Index $\frac{TP}{TP+FP+FN}$

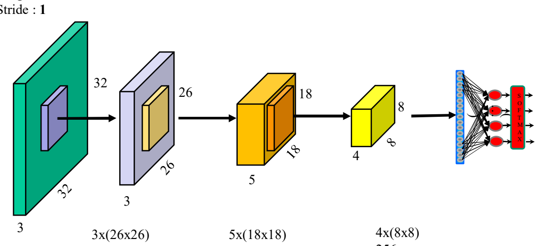
Dice $\frac{2TP}{2TP+FP+FN}$

11

Image RGB : couche 1 : 3 filtres de taille 7x7
couche 2 : 5 filtres de taille 9x9
couche 3 : 4 filtres de taille 11x11
convolution « *valid* »

Rappel classification d'images 32x32

Image: **32x32x3**
Stride : **1**

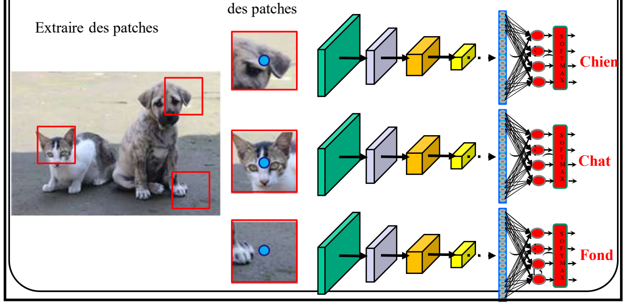


3x(26x26) 2,028 neurones	5x(18x18) 1,620 neurones	4x(8x8) 256 neurones
3x7x7x3 441 paramètres	5x9x9x3 1,215 paramètres	4x11x11x5 2,420 paramètres

12

Segmentation sémantique

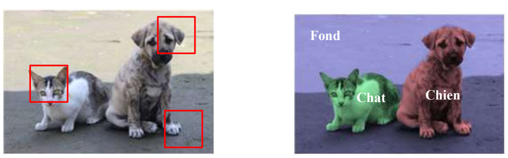
Jusqu'à présent, on a vu comment classifier des images.
Idée: segmentation = classifier des sous-parties (*patches*) d'image



13

Segmentation sémantique

Jusqu'à présent, on a vu comment classifier des images.
Idée: segmentation = classifier des sous-parties (*patches*) d'image

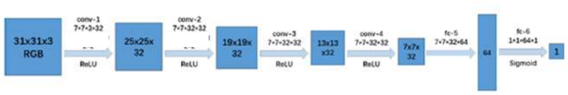


14

Segmentation sémantique

Jusqu'à présent, on a vu comment classifier des images.
Idée: segmentation = classifier des sous-parties (*patches*) d'image

Exemple d'un réseau à convolution pour des patches RGB 31x31
(Image tirée de l'article)



Wang Y, Luo Z., Jodoin P-M (2017) **Interactive Deep Learning Method for Segmenting Moving Objects** Pattern Recognition Letters, 96, p.66-75

15

Plusieurs inconvénients

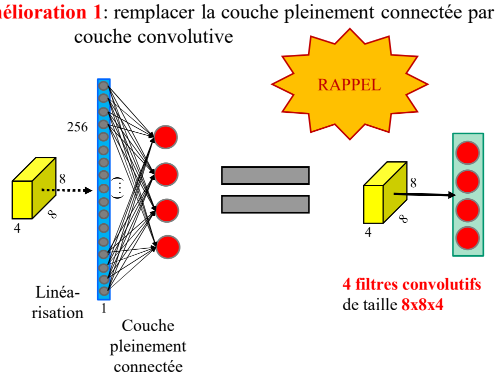
1. **Très long** tant en entraînement qu'en test
   1. Entraînement
      Si 10,000 images 640x480 (300 000 pixels/image)
      = 3 milliards de patches!
      1 epoch = 3 milliards de propagations avant
      et de rétro-propagations
2. Prédiction basée sur une **information locale (une patch)**

16

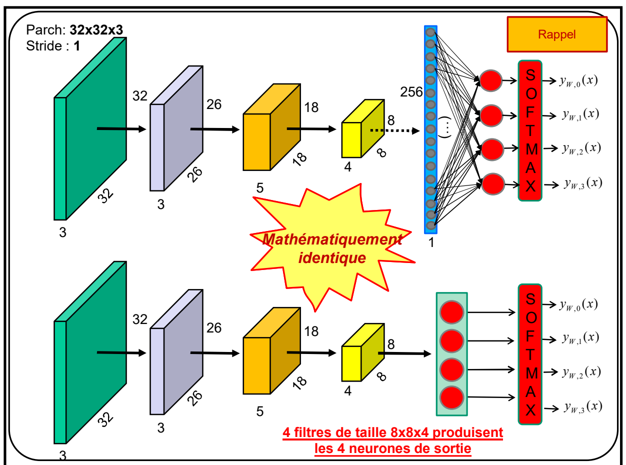
16

Segmentation sémantique

Amélioration 1: remplacer la couche pleinement connectée par une couche convolutive



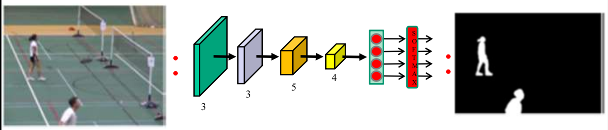
17



18

Image RGB : couche 1 : 3 filtres de taille 7x7
couche 2 : 5 filtres de taille 9x9
couche 3 : 4 filtres de taille 11x11
convolution « *valid* »

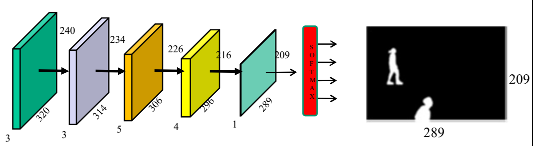
Avec le réseau que voici, avec des conv « valid » et sans *pooling*, pour une image en **entrée** de **320x240**, on aura en **sortie 289x209 pixels**, chacun ayant un vecteur de **4 prédictions**.



Immense avantage : fini les patches, on peut traiter une image avec 1 propagation avant et 1 rétropropagation

Segmentation sémantique

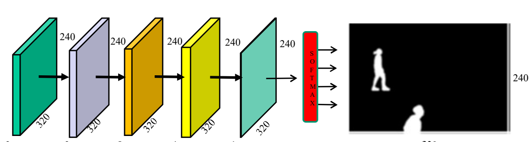
Taille des cartes d'activation pour une image en entrée 320x240



Immense avantage : fini les patches, on peut traiter une image avec 1 propagation avant et 1 rétropropagation

Segmentation sémantique

Si on remplace les convolutions « valid » par des **convolutions « same »** (avec du *padding*) nous aurons en sortie une image de la même taille que l'image d'entrée



Immense avantage : fini les patches, on peut traiter une image avec 1 propagation avant et 1 rétropropagation

Segmentation sémantique

Un réseau comme celui de la page précédente n'est jamais utilisé en pratique. Voici un exemple:

Image Vérité terrain Résultat

Pourquoi la prédiction est-elle bruitée ? Pourquoi autant de trous dans la prédiction ?

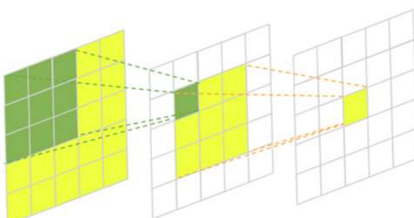
Réponse : le "receptive field" est trop petit !

Wang Y, Luo Z., Jodoin P-M (2017) **Interactive Deep Learning Method for Segmenting Moving Objects** Pattern Recognition Letters, 96, p.66-75

22

Segmentation sémantique

Imag



Pourquo

Réponse : le "receptive field" est trop petit !

Wang Y, Luo Z., Jodoin P-M (2017) **Interactive Deep Learning Method for Segmenting Moving Objects** Pattern Recognition Letters, 96, p.66-75

23

Note: taille du receptive field

$$r_0 = \sum_{l=1}^{L} \left((k_l - 1) \prod_{i=1}^{l-1} s_i \right) + 1$$

r = *receptive field*
k = *kernel*
s = *stride*
l = *layers* du réseau

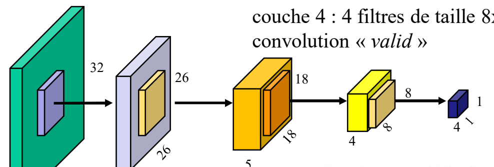
https://distill.pub/2019/computing-receptive-fields

24

Note: taille du receptive field

Image RGB : couche 1 : 3 filtres de taille 7x7
couche 2 : 5 filtres de taille 9x9
couche 3 : 4 filtres de taille 11x11
couche 4 : 4 filtres de taille 8x8
convolution « *valid* »

Image: **32x32x3**
Stride : **1**



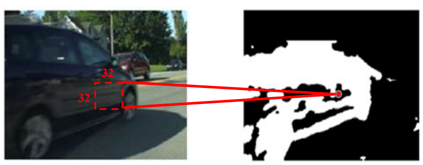
$$r_0 = \sum_{l=1}^{L} \left((k_l - 1) \prod_{i=1}^{l-1} s_i \right) + 1$$

https://distill.pub/2019/computing-receptive-fields

6 + 8 + 10 + 7 + 1 = 32

25

Note: taille du *receptive field*



Chaque prédiction en sortie se fait sur la base d'une portion de taille 32x32 de l'image d'entrée. En ce sens, le réseau n'a **qu'une vision locale et partielle de l'image.**

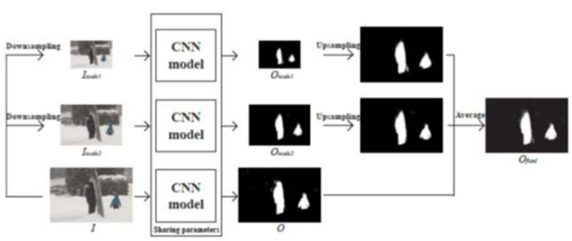
https://distill.pub/2019/computing-receptive-fields

6 + 8 + 10 + 7 + 1 = 32

26

Segmentation sémantique

Amélioration 2: pour avoir plus de contexte dans la prédiction, entraîner un CNN avec des **images multirésolution**. En test, **combiner les prédictions** (ensemble de modèles)

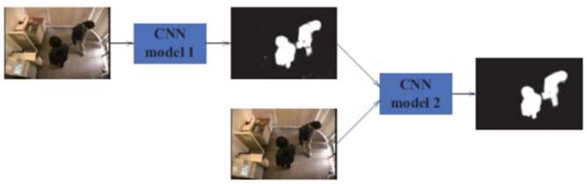


Wang Y, Luo Z., Jodoin P-M (2017) **Interactive Deep Learning Method for Segmenting Moving Objects** Pattern Recognition Letters, 96, p.66-75

27

Segmentation sémantique

Amélioration 3: Pour raffiner les résultats, entraîner 2 modèles en cascade. Un premier qui segmente l'image d'entrée et le second qui segmente l'image d'entrée et la carte de segmentation du premier. Cela permet d'améliorer la cohésion spatiale.



Wang Y, Luo Z., Jodoin P-M (2017) **Interactive Deep Learning Method for Segmenting Moving Objects** Pattern Recognition Letters, 96, p.66-75

28

Segmentation sémantique

Receptive field

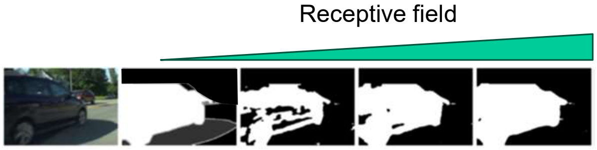


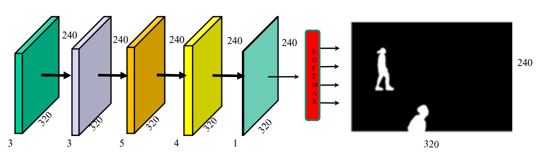
Image	Vérité terrain	CNN patches 31x31	CNN patches 31x31 multirésolution	CNN patches 31x31 multirésolution cascade

Wang Y, Luo Z., Jodoin P-M (2017) **Interactive Deep Learning Method for Segmenting Moving Objects** Pattern Recognition Letters, 96, p.66-75

29

Segmentation sémantique

Problème : ce modèle a un champ récepteur (***receptive field***) relativement petit (ici 32x32). Au lieu, on aimerait que les pixels de sortie aient un champ récepteur de la taille de l'image d'entrée (ici 320x240)



Solutions:

$$r_0 = \sum_{l=1}^{L}\left((k_l-1)\prod_{i=1}^{l-1} s_i\right)+1$$

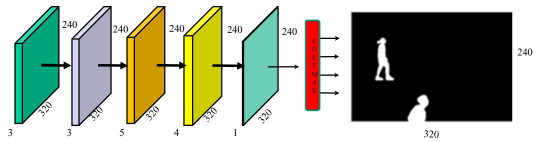
1- **ajouter beaucoup de couches**
2- utiliser des **convolutions dilatées** (convolutions *à trous*)
3- mettre des couches de **pooling après chaque bloc convolutionnel**
4- faire un mélange de tout ça!

30

30

Segmentation sémantique

Problème : ce modèle a un champ récepteur (***receptive field***) relativement petit (ici 32x32). Au lieu, on aimerait que les pixels de sortie aient un champ récepteur de la taille de l'image d'entrée (ici 320x240)



Solutions:

Avec des filtres 3x3
Jusqu'à 120 couches!

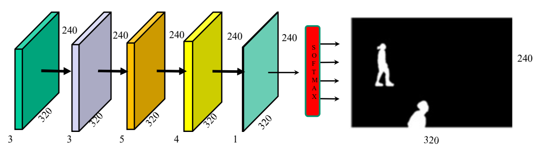
1- **ajouter beaucoup de couches**
2- utiliser des **convolutions dilatées** (convolutions *à trous*)
3- mettre des couches de **pooling après chaque bloc convolutionnel**
4- faire un mélange de tout ça!

31

31

Segmentation sémantique

Problème : ce modèle a un champ récepteur (***receptive field***) relativement petit (ici 32x32). Au lieu, on aimerait que les pixels de sortie aient un champ récepteur de la taille de l'image d'entrée (ici 320x240)



Solutions:

1- ~~**ajouter beaucoup de couches**~~
2- utiliser des **convolutions dilatées** (
3- mettre des couches de **pooling apr**
4- faire un mélange de tout ça!

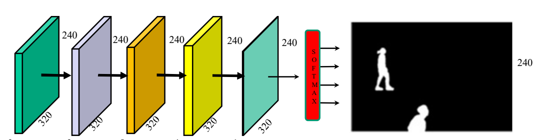
Explosion de la mémoire
Et des temps de calculs
Et problème de disparition du gradient

32

32

Segmentation sémantique

Problème : ce modèle a un champ récepteur (***receptive field***) relativement petit (ici 32x32). Au lieu, on aimerait que les pixels de sortie aient un champ récepteur de la taille de l'image d'entrée (ici 320x240)



Solutions:

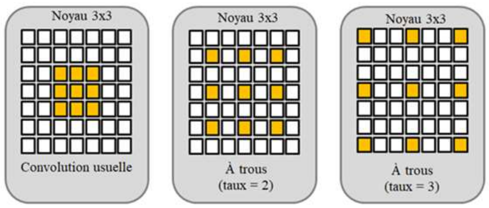
~~1- **ajouter beaucoup de couches**~~
2- utiliser des **convolutions dilatées** (convolutions *à trous*)
3- mettre des couches de **pooling après chaque**
4- faire un mélange de tout ça!

33

33

Segmentation sémantique

Rappel

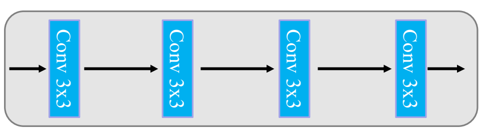


Champ récepteur=3x3 **Champ récepteur=5x5** **Champ récepteur=7x7**

34

34

Segmentation sémantique



Champ récepteur (**taux = 1**)	3x3	5x5	7x7	9x9
Champ récepteur (**taux = 2**)	5x5	9x9	13x13	17x17
Champ récepteur (**taux = 3**)	7x7	13x13	19x19	21x21

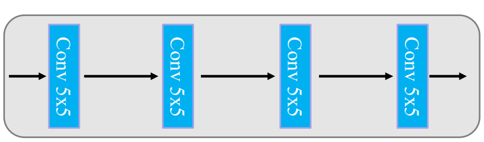
$$r_0 = \sum_{l=1}^{L}\left((k_l - 1)\prod_{i=1}^{l-1} s_i\right) + 1$$

k = taux*(k-1) + 1

35

35

Segmentation sémantique



Champ récepteur (**taux = 1**)	5x5	9x9	13x13	17x17
Champ récepteur (**taux = 2**)	9x9	17x17	25x25	33x33
Champ récepteur (**taux = 3**)	15x15	29x29	43x43	57x57

$$r_0 = \sum_{l=1}^{L}\left((k_l - 1)\prod_{i=1}^{l-1} s_i\right) + 1$$

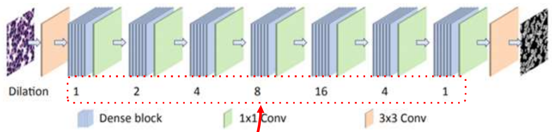
k = taux*(k-1) + 1

36

36

FullNet

Le « **FullNet** » [Qu et al. 2019] implémente ce type de réseau mais avec des blocs convolutifs **denses** comme ceux du **denseNet**.



Taux de dilatation par bloc

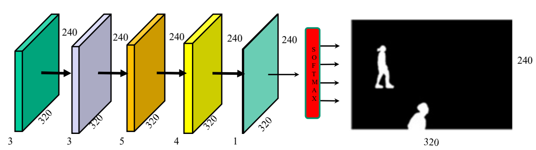
H. Qu, Z.Yan, G.M. Riedlinger, S.De and D.N. Metaxas
"Improving Nuclei/Gland Instance Segmentation in Histopathology Images
by Full Resolution Neural Network and Spatial Constrained Loss", in proc of MICCAI 2019

37

37

Segmentation sémantique

Problème : ce modèle a un champ récepteur (***receptive field***) relativement petit (ici 32x32). Au lieu, on aimerait que les pixels de sortie aient un champ récepteur de la taille de l'image d'entrée (ici 320x240).



Solutions:

~~1- ajouter beaucoup de couches~~
2- utiliser des **convolutions dilatées** (convolutions *à trous*)
3- mettre des couches de **pooling après chaque bloc convolutionnel**
4- faire un mélange de tout ça!

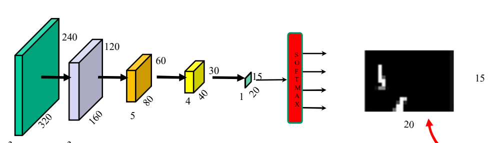
Image: Long et al. "Fully convolutional networks for semantic segmentation." ICCV, 2015.

38

38

Segmentation sémantique

Problème : ce modèle a un champ récepteur (***receptive field***) relativement petit (ici 32x32). Au lieu, on aimerait que les pixels de sortie aient un champ récepteur de la taille de l'image d'entrée (ici 320x240).



Résolution trop faible en sortie

Solutions:

~~1- ajouter beaucoup de couches~~
2- utiliser des **convolutions dilatées** (convolutions *à trous*)
3- mettre des couches de **pooling après chaque bloc convolutionnel**
4- faire un mélange de tout ça!

Image: Long et al. "Fully convolutional networks for semantic segmentation." ICCV, 2015.

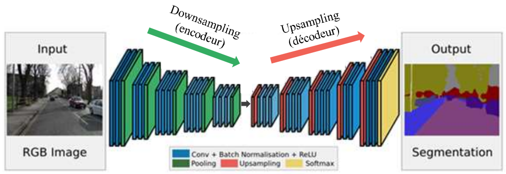
39

39

Segmentation sémantique

Solution : augmenter la resolution en sortie à l'aide d'un **décodeur**.

Réseau encodeur-décodeur (ici "SegNet")



Problème: la résolution spatiale est <u>perdue</u> avec les couches de sous-échantillonnage **(Conv + Pooling)**

Solution: Augmenter la resolution à l'aide d'un décodeur et de couches de sur-échantillonage (**??? + Conv**)

Adapté de:
Badrinarayanan et al. "Segnet: A deep convolutional encoder-decoder architecture for image segmentation." PAMI, 2017.

40

40

Pour **augmenter la taille** des cartes d'activation il faut une opération de "***upsampling***"

Deux types d'approches

- Méthodes sans paramètres => *unpooling*
- Méthode avec paramètres => convolution transposée

41

Unpooling

7	8
2	1

2x2xC

« plus proche voisin » →

7	7	8	8
7	7	8	8
2	2	1	1
2	2	1	1

4x4xC

7	9
2	1

« interpolation » →

7	8	9	4.5
4.5	4.75	5	2.5
2	1.5	1	0.5
1	0.75	0.5	0.25

42

Convolution transposée

L'idée ici est moins intuitive que pour du unpooling.
Commençons par un exemple 1D…

43

43

Convolution de base

(exemple 1d)

Convolution "*valid*" stride =1

Signal (feature map)	40	50	70	80	90	10

*

filtre	.2	-.3	.4

=

Signal filtré (feature map de la couche suivante)	21	21	26	-7

Convolution "*valid*" stride =3

40	50	70	80	90	10

*

.2	-.3	.4

=

21	-7

44

44

Opération matrice-vecteur

(exemple 1d)

Convolution "*valid*" stride =1

$$\begin{bmatrix} .2 & -.3 & .4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & .2 & -.3 & .4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & .2 & -.3 & .4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & .2 & -.3 & .4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 40 \\ 50 \\ 70 \\ 80 \\ 90 \\ 10 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 21 \\ 21 \\ 26 \\ -7 \end{bmatrix}$$

Convolution "*valid*" stride =3

$$\begin{bmatrix} .2 & -.3 & .4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & .2 & -.3 & .4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 40 \\ 50 \\ 70 \\ 80 \\ 90 \\ 10 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 21 \\ -7 \end{bmatrix}$$

45

45

Opération matrice-vecteur

(exemple 1d)

Convolution "*valid*" stride =1

$$\begin{bmatrix} .2 & -.3 & .4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & .2 & -.3 & .4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & .2 & -.3 & .4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & .2 & -.3 & .4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 40 \\ 50 \\ 70 \\ 80 \\ 90 \\ 10 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 21 \\ 21 \\ 26 \\ -7 \end{bmatrix}$$

4x6 6x1 = 4x1

Convolution "*valid*" stride =3

$$\begin{bmatrix} .2 & -.3 & .4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & .2 & -.3 & .4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 40 \\ 50 \\ 70 \\ 80 \\ 90 \\ 10 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 21 \\ -7 \end{bmatrix}$$

2x6 6x1 = 2x1

Convolution transposée

Le but est d'avoir un filtre dont la taille des opérations **est inversée**

Convolution "*valid*" stride =1

$$\begin{bmatrix} .2 & 0 & 0 & 0 \\ -.3 & .2 & 0 & 0 \\ .4 & -.3 & .2 & 0 \\ 0 & .4 & -.3 & .2 \\ 0 & 0 & .4 & -.3 \\ 0 & 0 & 0 & .4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 40 \\ 50 \\ 70 \\ 80 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 \\ -2 \\ 15 \\ 15 \\ 4 \\ 32 \end{bmatrix}$$

Convolution "*valid*" stride =3

$$\begin{bmatrix} .2 & 0 \\ -.3 & 0 \\ .4 & 0 \\ 0 & .2 \\ 0 & -.3 \\ 0 & .4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 40 \\ 50 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 \\ -12 \\ -16 \\ 10 \\ -15 \\ 20 \end{bmatrix}$$

Convolution transposée

Le but est d'avoir un filtre dont la taille des opérations **est inversée**

Convolution "*valid*" stride =1

$$\begin{bmatrix} .2 & 0 & 0 & 0 \\ -.3 & .2 & 0 & 0 \\ .4 & -.3 & .2 & 0 \\ 0 & .4 & -.3 & .2 \\ 0 & 0 & .4 & -.3 \\ 0 & 0 & 0 & .4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 40 \\ 50 \\ 70 \\ 80 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 \\ -2 \\ 15 \\ 15 \\ 4 \\ 32 \end{bmatrix}$$

6x4 4x1 = 6x1

Convolution "*valid*" stride =3

$$\begin{bmatrix} .2 & 0 \\ -.3 & 0 \\ .4 & 0 \\ 0 & .2 \\ 0 & -.3 \\ 0 & .4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 21 \\ -7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 \\ -12 \\ -16 \\ 10 \\ -15 \\ 20 \end{bmatrix}$$

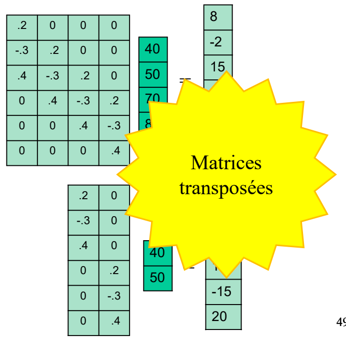
6x2 2x1 = 6x1

Convolution transposée

Le but est d'avoir un filtre dont la taille des opérations **est inversée**

Convolution "*valid*"
stride =1

Convolution "*valid*"
stride =3

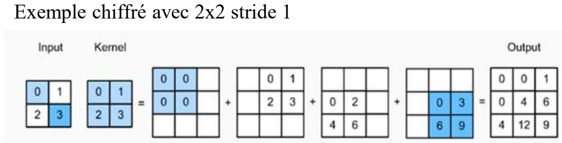


49

49

Convolution transposée

Exemple chiffré avec 2x2 stride 1



Autres noms:
- Déconvolution
- *Upconvolution*
- *Fractionally-strided convolution*

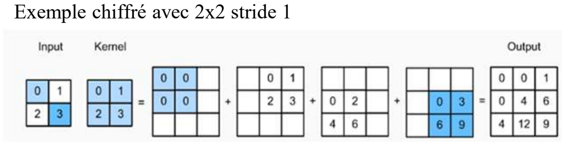
https://towardsdatascience.com/transposed-convolution-demystified-84ca81b4baba

51

51

Convolution transposée

Exemple chiffré avec 2x2 stride 1



Problème ?

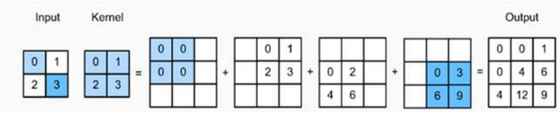
https://towardsdatascience.com/transposed-convolution-demystified-84ca81b4baba

52

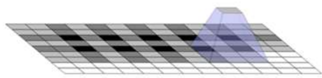
52

Convolution transposée

Exemple chiffré avec 2x2 stride 1



Problème ?
Crée des artefacts
de “damier” au chevauchement
(*checkerboard)*

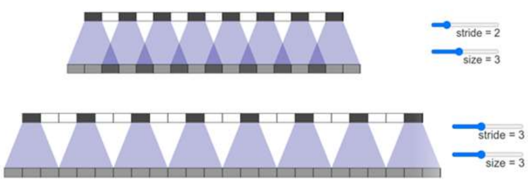


https://distill.pub/2016/deconv-checkerboard/

53

Convolution transposée

Solution ? (partielle)
Augmenter le *stride*
pour éviter le chevauchement

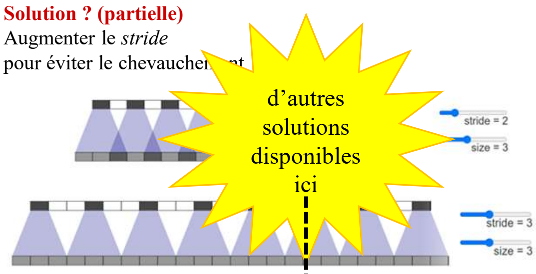


https://distill.pub/2016/deconv-checkerboard/

54

Convolution transposée

Solution ? (partielle)
Augmenter le *stride*
pour éviter le chevauchement

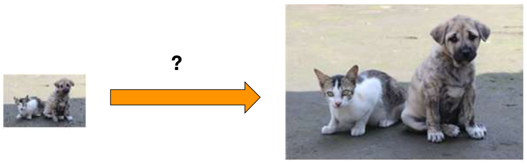


https://distill.pub/2016/deconv-checkerboard/

55

Note: super-résolution

Comment entraîner un réseau à convolutions à faire de la super-résolution ?

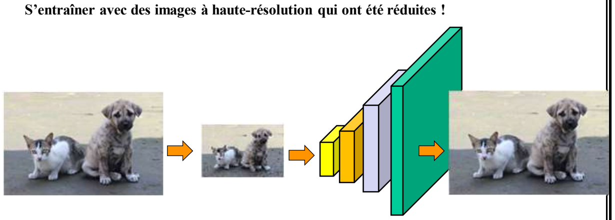


58

58

Note: super-résolution

S'entraîner avec des images à haute-résolution qui ont été réduites !



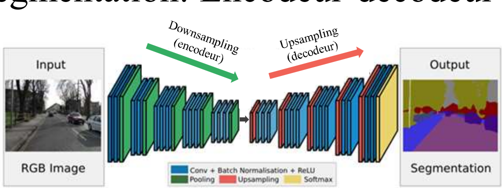
Sub-pixel ou interpolation + convolution

Shi, W., Caballero, J., Huszár, F., Totz, J., Aitken, A. P., Bishop, R., ... & Wang, Z. (2016). Real-time single image and video super-resolution using an efficient sub-pixel convolutional neural network. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 1874-1883).

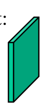
59

59

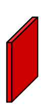
Segmentation: Encodeur-décodeur



Généralement:



: max pooling
(réduction /2)



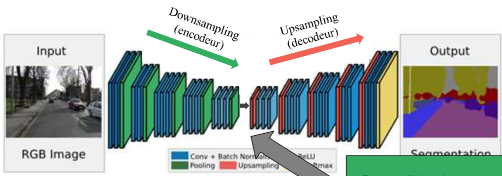
Interpolation
: et/ou
Convolution transposée
(augmentation *2)

Adapté de:
Badrinarayanan et al. "Segnet: A deep convolutional encoder-decoder architecture for image segmentation." PAMI, 2017.

60

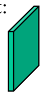
60

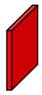
Segmentation: Encodeur-décodeur



Permet d'obtenir un *receptive field* couvrant toute l'image, puis d'obtenir la résolution souhaitée

Généralement:


: max pooling
(réduction /2)


: Interpolation
et/ou
Convolution transposée
(augmentation *2)

Adapté de:
Badrinarayanan et al. "Segnet: A deep convolutional encoder-decoder architecture for image segmentation." PAMI, 2017.

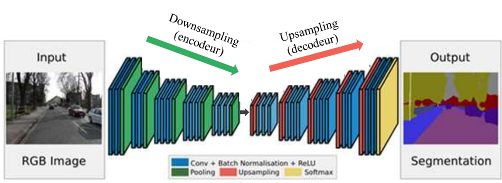
61

61

Encodeur-décodeur

Encodeur: projette l'image d'entrée vers un espace de plus faible dimension
Décodeur: projette l'image de faible dimension vers l'espace souhaité

Architecture *généralement* symétrique



tiré de:
Badrinarayanan et al. "Segnet: A deep convolutional encoder-decoder architecture for image segmentation." PAMI, 2017.

62

62

Encodeur-décodeur

Encodeur: projette l'image d'entrée vers un espace de plus faible dimension
Décodeur: projette l'image de faible dimension vers l'espace souhaité

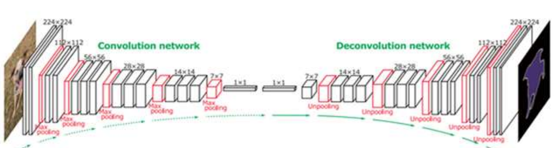


Figure 2. Overall architecture of the proposed network. On top of the convolution network based on VGG 16-layer net, we put a multi-layer deconvolution network to generate the accurate segmentation map of an input proposal. Given a feature representation obtained from the convolution network, dense pixel-wise class prediction map is constructed through multiple series of unpooling, deconvolution and rectification operations.

tiré de:
Noh, H., Hong, S., & Han, B. (2015). Learning deconvolution network for semantic segmentation. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision* (pp. 1520-1528).

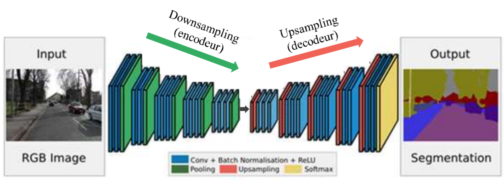
63

63

Encodeur-décodeur

Un inconvénient des structures encodeur-décodeur

Perte d'information



Adapté de:
Badrinarayanan et al. "Segnet: A deep convolutional encoder-decoder architecture for image segmentation." PAMI, 2017.

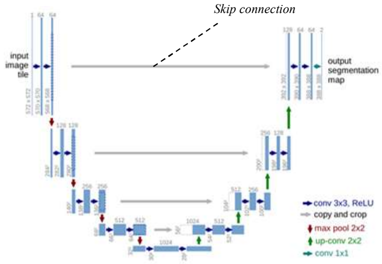
65

65

Solution : les ***skip connections***

U-Net [Ronneberger et al., 2015]

Skip connection



CNN le plus populaire en imagerie médicale

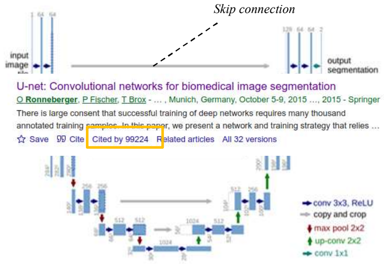
Image: Ronneberger et al. "U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation." MICCAI, 2015.

66

Solution : les ***skip connections***

U-Net [Ronneberger et al., 2015]

Skip connection

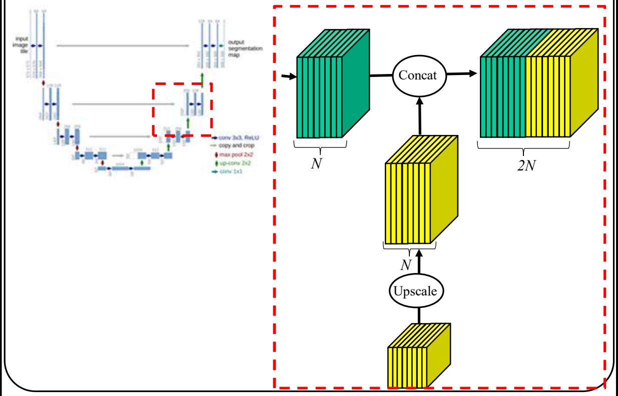


CNN le plus populaire en imagerie médicale

Image: Ronneberger et al. "U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation." MICCAI, 2015.

67

Solution : les *skip connections*



68

3D-UNet/V-Net

Identiques au Unet mais avec des **convolutions 3D**

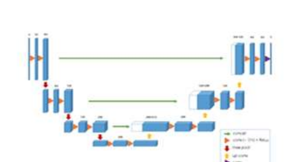
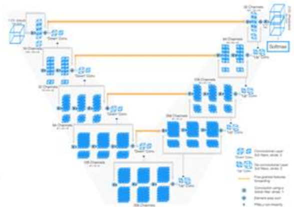


Fig. 2. The 3D u-net architecture. Blue boxes represent feature maps. The number of channels is denoted above each feature map.



Çiçek, Ö., Abdulkadir, A., Lienkamp, S. S., Brox, T., & Ronneberger, O. (2016, October). 3D U-Net: learning dense volumetric segmentation from sparse annotation. In *International conference on medical image computing and computer-assisted intervention* (pp. 424-432). Springer, Cham.

Milletari, F., Navab, N., & Ahmadi, S. A. (2016, October). V-net: Fully convolutional neural networks for volumetric medical image segmentation. In 2016 fourth international conference on 3D vision (3DV) (pp. 565-571). IEEE.

69

3D-UNet/V-Net

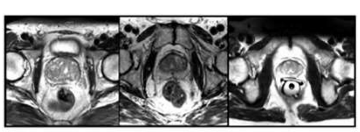


Fig. 1. Slices from MRI volumes depicting prostate. This data is part of the PROMISE2012 challenge dataset [7].

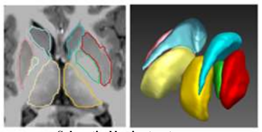
Çiçek, Ö., Abdulkadir, A., Lienkamp, S. S., Brox, T., & Ronneberger, O. (2016, October). 3D U-Net: learning dense volumetric segmentation from sparse annotation. In *International conference on medical image computing and computer-assisted intervention* (pp. 424-432). Springer, Cham.

Milletari, F., Navab, N., & Ahmadi, S. A. (2016, October). V-net: Fully convolutional neural networks for volumetric medical image segmentation. In 2016 fourth international conference on 3D vision (3DV) (pp. 565-571). IEEE.

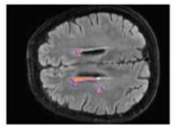
70

Imagerie médicale

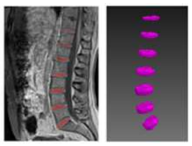
Exemples d'images 3D en imagerie médicale



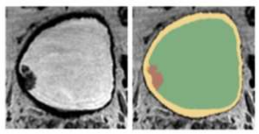
Subcortical brain structures
[Dolz et al, 2018]



White matter hyperintensities
[Dolz et al, 2019]



Intervertebral disks
[Dolz et al, 2019]



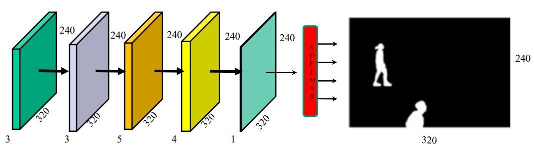
Prostate wall and tumor
[Dolz et al, 2018]

71

71

Segmentation sémantique

Problème : ce modèle a un champ récepteur (***receptive field***) relativement petit (ici 32x32). Au lieu, on aimerait que les pixels de sortie aient un champ récepteur de la taille de l'image d'entrée (ici 320x240).



Solutions:

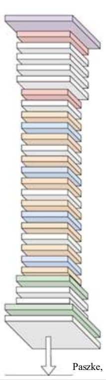
~~1- ajouter beaucoup de couches~~
2- utiliser des **convolutions dilatées** (convolutions *à trous*)
3- mettre des couches de **pooling après chaque bloc convolutionnel**
4- faire un mélange de tout ça

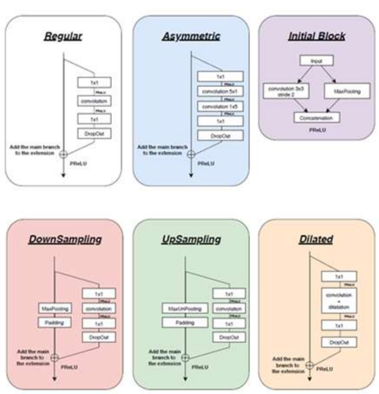
72

Image: Long et al. "Fully convolutional networks for semantic segmentation." ICCV, 2015.

72

E-Net
(E pour *Efficient*)





Paszke, A et al.. *Enet: A deep neural network architecture for real-time semantic segmentation, arXiv: 1606.02147, 2016.*

73

E-Net : le “combo” ultime
(E pour *Efficient*)

Table 1: ENet architecture. Output sizes are given for an example input of 512 × 512.

Name	Type	Output size
initial		16 × 256 × 256
bottleneck1.0	downsampling	64 × 128 × 128
4× bottleneck1.x		64 × 128 × 128
bottleneck2.0	downsampling	128 × 64 × 64
bottleneck2.1		128 × 64 × 64
bottleneck2.2	dilated 2	128 × 64 × 64
bottleneck2.3	asymmetric 5	128 × 64 × 64
bottleneck2.4	dilated 4	128 × 64 × 64
bottleneck2.5		128 × 64 × 64
bottleneck2.6	dilated 8	128 × 64 × 64
bottleneck2.7	asymmetric 5	128 × 64 × 64
bottleneck2.8	dilated 16	128 × 64 × 64
Repeat section 2, without bottleneck2.0		
bottleneck4.0	upsampling	64 × 128 × 128
bottleneck4.1		64 × 128 × 128
bottleneck4.2		64 × 128 × 128
bottleneck5.0	upsampling	16 × 256 × 256
bottleneck5.1		16 × 256 × 256
fullconv		C × 512 × 512

Paszke, A. Chaurasia, S. Kim, and E. Culurciello. Enet: A deep neural network architecture for real-time semantic segmentation, *arXiv: 1606.02147, 2016.*

74

E-Net
(E pour *Efficient*)

Table 2: Performance comparison.

Model	NVIDIA TX1						NVIDIA Titan X					
	480×320		640×360		1280×720		640×360		1280×720		1920×1080	
	ms	fps	ms	fps	ms	fps	ms	fps	ms	fps	ms	fps
SegNet	757	1.3	1251	0.8	-	-	69	14.6	289	3.5	637	1.6
ENet	47	21.1	69	14.6	262	3.8	7	135.4	21	46.8	46	21.6

Table 3: Hardware requirements. FLOPs are estimated for an input of 3 × 640 × 360.

	GFLOPs	Parameters	Model size (fp16)
SegNet	286.03	29.46M	56.2 MB
ENet	3.83	0.37M	0.7 MB

Très efficace!!! 300 fois moins de calculs pour des résultats similaires à SegNet

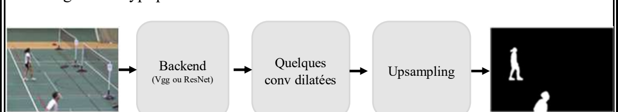
Paszke, A. Chaurasia, S. Kim, and E. Culurciello. Enet: A deep neural network architecture for real-time semantic segmentation, *arXiv: 1606.02147, 2016.*

75

DeepLab V1,V2,V3, PSPNet, MSCADC, etc.

Plusieurs méthodes utilisent à la fois des **convolutions dilatées** et du « **upsampling** ».

Configuration typique:



H.Zhao, J.Shi, X. Qi, X. Wang, J. Jia, Pyramid Scene Parsing Network, CVPR 2017

L. Chen, G. Papandreou, I.Kokkinos, K.Murphy, A.L. Yuille
Semantic Image Segmentation with Deep Convolutional Nets and Fully Connected CRFs, ICLR 2015

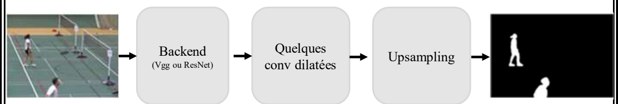
F. Yu, V. Koltun, Multi-Scale Context Aggregation by Dilated Convolution, ICLR 2016

L. Chen, G. Papandreou, I.Kokkinos, K.Murphy, A.L. Yuille
DeepLab: Semantic Image Segmentation with Deep Convolutional Nets, Atrous Convolution, and Fully Connected CRFs, PAMI 2016

76

DeepLab V1,V2,V3, PSPNet, MSCADC, etc.

Une méthode très populaire : **DeepLab**



H.Zhao, J.Shi, X. Qi, X. Wang, J. Jia, Pyramid Scene Parsing Network, CVPR 2017

L. Chen, G. Papandreou, I.Kokkinos, K.Murphy, A.L. Yuille
Semantic Image Segmentation with Deep Convolutional Nets and Fully Connected CRFs, ICLR 2015

F. Yu, V. Koltun, Multi-Scale Context Aggregation by Dilated Convolution, ICLR 2016

L. Chen, G. Papandreou, I.Kokkinos, K.Murphy, A.L. Yuille
DeepLab: Semantic Image Segmentation with Deep Convolutional Nets, Atrous Convolution, and Fully Connected CRFs, PAMI 2016

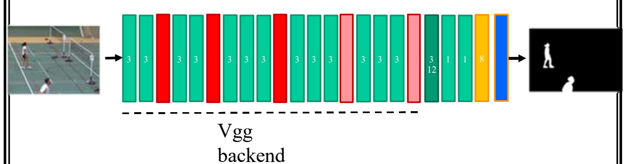
77

DeepLab V1/V2

(certains détails peuvent varier)

Ex.: Vgg backend

- A: ConvAxA + relu
- A d: ConvAxA dilatée de d + relu
- Conditional Random Field (CRF)
- MaxPool stride 2
- MaxPool stride 1
- A: Upsampling, taux A



On peut aussi mettre un backend ResNet

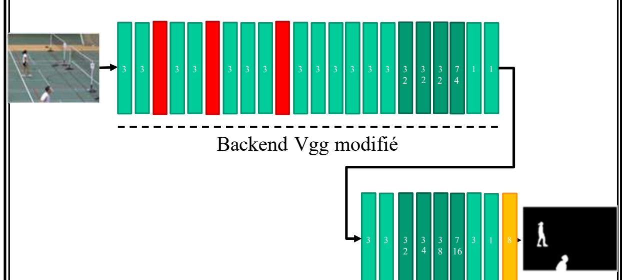
L. Chen, G. Papandreou, I.Kokkinos, K.Murphy, A.L. Yuille
Semantic Image Segmentation with Deep Convolutional Nets and Fully Connected CRFs, ICLR 2015

78

MSCADC

(certains détails peuvent varier)

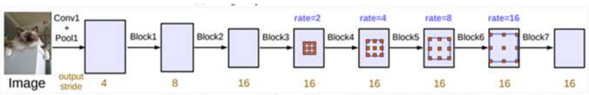
- A: ConvAxA + relu
- A d: ConvAxA dilatée de d + relu
- MaxPool stride 2
- MaxPool stride 1
- A: Upsampling, taux A



F. Yu, V. Koltun, Multi-Scale Context Aggregation by Dilated Convolution, ICLR 2016

79

DeepLabv3



(b) Going deeper with atrous convolution. Atrous convolution with $rate > 1$ is applied after block3 when $output\_stride = 16$.
Figure 3. Cascaded modules without and with atrous convolution.

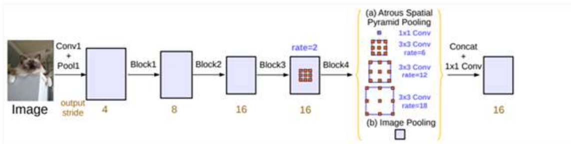


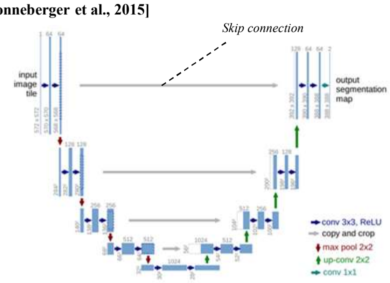
Figure 5. Parallel modules with atrous convolution (ASPP), augmented with image-level features.

Chen, L. C., Papandreou, G., Schroff, F., & Adam, H. (2017). Rethinking atrous convolution for semantic image segmentation. *arXiv preprint arXiv:1706.05587*.

80

En pratique:

U-Net [Ronneberger et al., 2015]



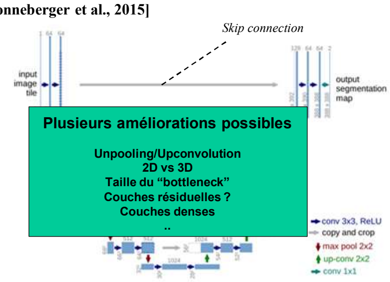
CNN le plus populaire en imagerie médicale

Image: Ronneberger et al. "U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation." MICCAI, 2015.

81

En pratique:

U-Net [Ronneberger et al., 2015]



Plusieurs améliorations possibles

Unpooling/Upconvolution
2D vs 3D
Taille du "bottleneck"
Couches résiduelles ?
Couches denses
..

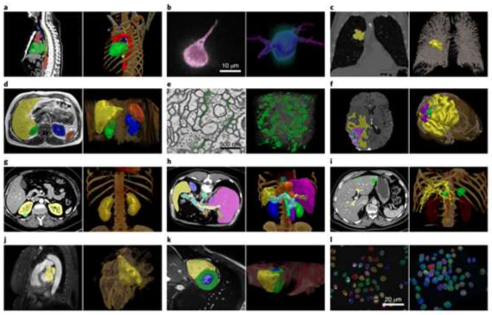
CNN le plus populaire en imagerie médicale

Image: Ronneberger et al. "U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation." MICCAI, 2015.

82

En pratique : nnU-Net

L'imagerie médicale est un domaine vaste et varié

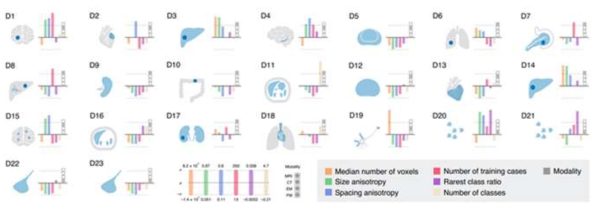


Isensee, F., Jaeger, P. F., Kohl, S. A., Petersen, J., & Maier-Hein, K. H. (2021). nnU-Net: a self-configuring method for deep learning-based biomedical image segmentation. Nature methods, 18(2), 203-211.

83

En pratique : nnU-Net

L'imagerie médicale est un domaine vaste et varié

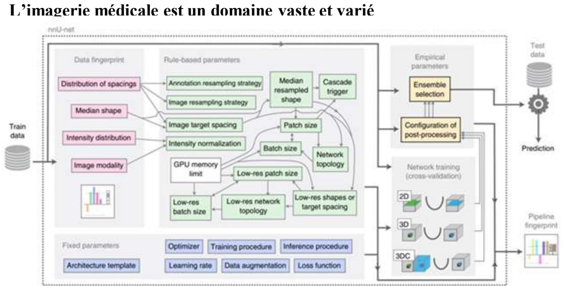


Isensee, F., Jaeger, P. F., Kohl, S. A., Petersen, J., & Maier-Hein, K. H. (2021). nnU-Net: a self-configuring method for deep learning-based biomedical image segmentation. Nature methods, 18(2), 203-211.

84

En pratique : nnU-Net *(no-new-net)*

L'imagerie médicale est un domaine vaste et varié

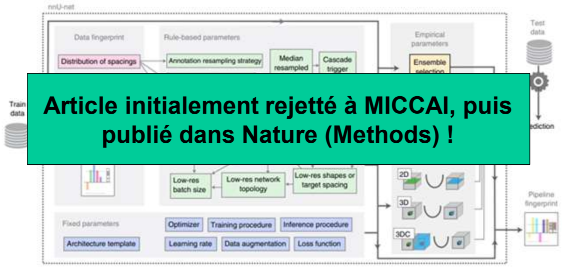


Isensee, F., Jaeger, P. F., Kohl, S. A., Petersen, J., & Maier-Hein, K. H. (2021). nnU-Net: a self-configuring method for deep learning-based biomedical image segmentation. Nature methods, 18(2), 203-211.

85

En pratique : nnU-Net *(no-new-net)*

L'imagerie médicale est un domaine vaste et varié



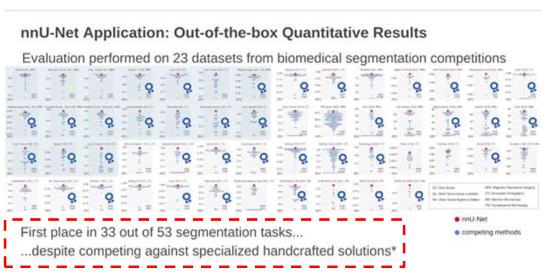
Article initialement rejetté à MICCAI, puis publié dans Nature (Methods) !

Isensee, F., Jaeger, P. F., Kohl, S. A., Petersen, J., & Maier-Hein, K. H. (2021). nnU-Net: a self-configuring method for deep learning-based biomedical image segmentation. Nature methods, 18(2), 203-211.

86

En pratique : nnU-Net *(no-new-net)*

nnU-Net est de loin le meilleur!



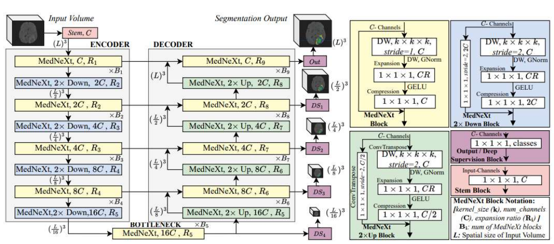
Beyond the Patterns 29 - Fabian Isensee - nnU-Net: self-configuring deep learning image segmentation https://www.youtube.com/watch?v=C6tpnJRpt90

Isensee, F., Jaeger, P. F., Kohl, S. A., Petersen, J., & Maier-Hein, K. H. (2021). nnU-Net: a self-configuring method for deep learning-based biomedical image segmentation. Nature methods, 18(2), 203-211.

87

La recherche continue…

MedNeXt, un réseau parmi les plus performants



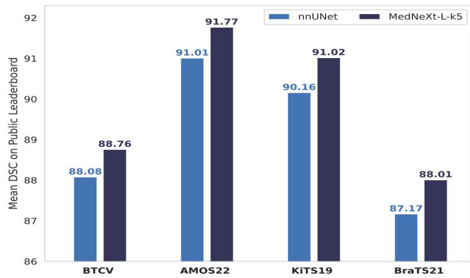
(a) MedNeXt macro and block architecture

Roy et al. *MedNeXt: Transformer-driven Scaling of ConvNets for Medical Image Segmentation*, in proc of MICCAI 2023

88

La recherche continue…

MedNeXt, meilleur que nnUNet
(4 bases de données de segmentation médicale)



Roy et al. *MedNeXt: Transformer-driven Scaling of ConvNets for Medical Image Segmentation*, in proc of MICCAI 2023

89

89

DÉTECTION D'OBJETS

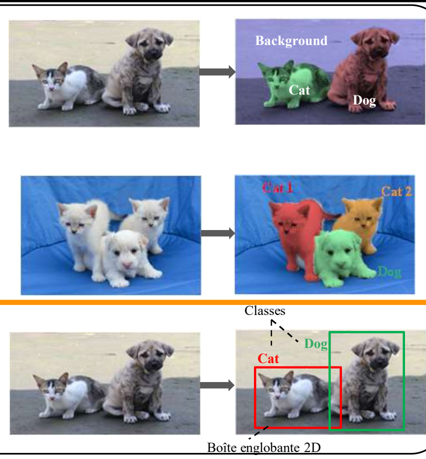
90

90

Segmentation sémantique

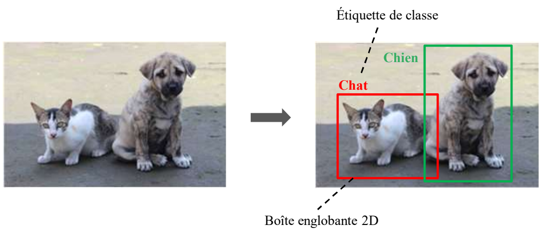
Segmentation par instances

Localisation / détection



91

Détection d'objets

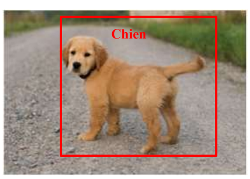


BUT: localiser et reconnaître des objets (ou personnes, animaux).

92

92

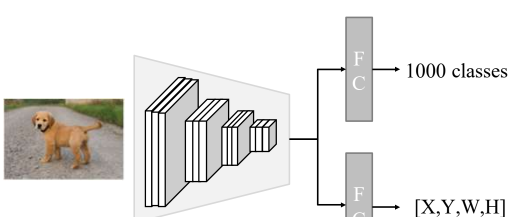
Détection d'un seul objet



93

93

Détection d'un seul objet

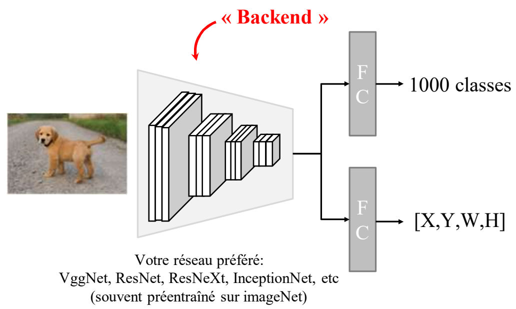


Votre réseau préféré:
VggNet, ResNet, ResNeXt, InceptionNet, etc
(souvent préentraîné sur imageNet)

94

94

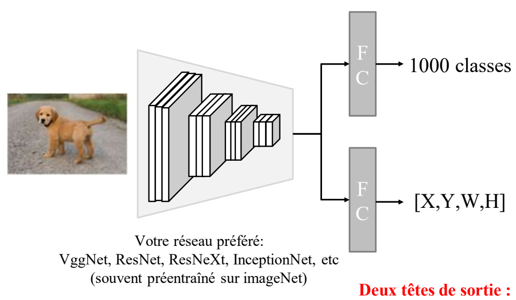
Détection d'un seul objet



95

95

Détection d'un seul objet

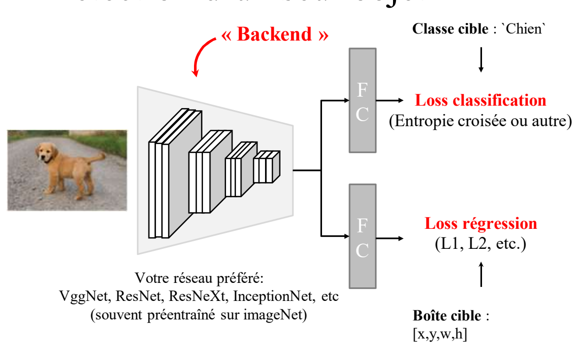


Deux têtes de sortie :
1- Classification
2- Régression

96

96

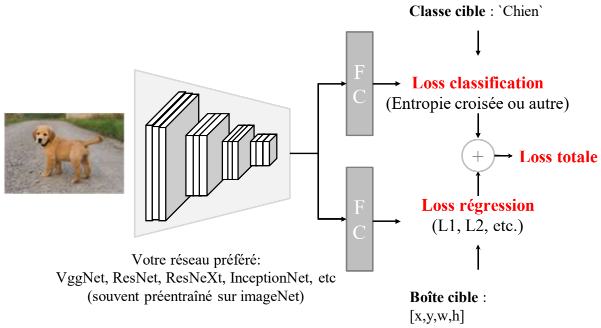
Détection d'un seul objet



97

97

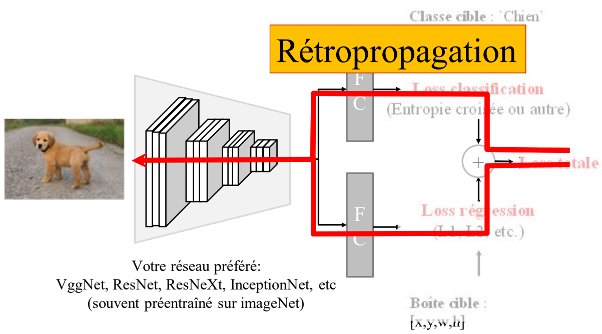
Détection d'un seul objet



98

98

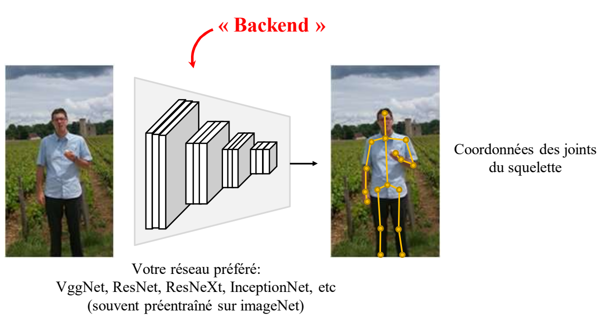
Détection d'un seul objet



99

99

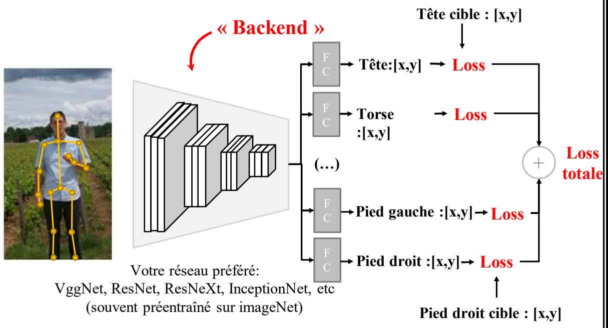
Application similaire : estimation de pose



Toshev and Szegedy, "DeepPose: Human Pose Estimation via Deep Neural Networks", CVPR 2014

100

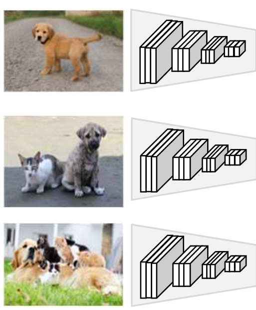
Application similaire : estimation de pose



Toshev and Szegedy, "DeepPose: Human Pose Estimation via Deep Neural Networks", CVPR 2014

101

Localisation de plusieurs objets



P('Chien') = p
[x,y,w,h]

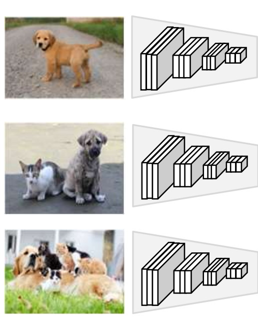
P('Chien') = p1
[x,y,w,h]
P('Chat') = p2
[x,y,w,h]

P('Chien') = p1
[x,y,w,h]
P('Chat') = p2
[x,y,w,h]
P('Chat') = p3
[x,y,w,h]
…

102

Localisation de plusieurs objets

Problème: chaque image commande une sortie différente



'Chien'
[x,y,w,h]

'Chien'
[x,y,w,h]
'Chat' [x,y,w,h]

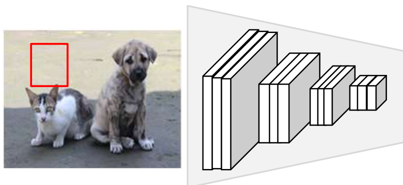
'Chien'
[x,y,w,h]
'Chat' [x,y,w,h]
'Chat' [x,y,w,h]
…

103

Localisation de plusieurs objets

Solution 1 : appliquer un CNN à une fenêtre coulissante

3 classes :'Chien', 'Chat', 'Fond'



P('Fond') = 1

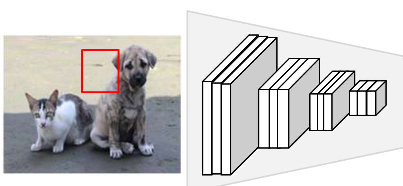
Votre réseau préféré:
VggNet, ResNet, ResNeXt, etc
(souvent préentraîné sur imageNet)

104

Localisation de plusieurs objets

Solution 1 : appliquer un CNN à une fenêtre coulissante

3 classes :'Chien', 'Chat', 'Fond'



P('Fond') = 0.7

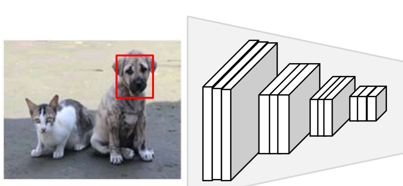
Votre réseau préféré:
VggNet, ResNet, ResNeXt, etc
(souvent préentraîné sur imageNet)

105

Localisation de plusieurs objets

Solution 1 : appliquer un CNN à une fenêtre coulissante

3 classes :'Chien', 'Chat', 'Fond'



P('Chien') = 0.9

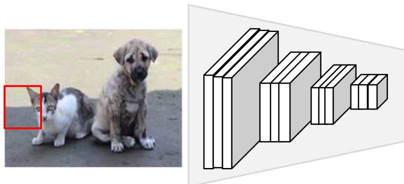
Votre réseau préféré:
VggNet, ResNet, ResNeXt, etc
(souvent préentraîné sur imageNet)

106

Localisation de plusieurs objets

Solution 1 : appliquer un CNN à une fenêtre coulissante

3 classes :'Chien', 'Chat', 'Fond'



P('Fond') = 0.5

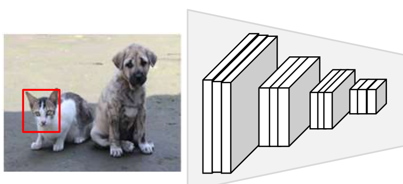
Votre réseau préféré:
VggNet, ResNet, ResNeXt, etc
(souvent préentraîné sur imageNet)

107

Localisation de plusieurs objets

Solution 1 : appliquer un CNN à une fenêtre coulissante

3 classes :'Chien', 'Chat', 'Fond'



P('Chat') = 0.9

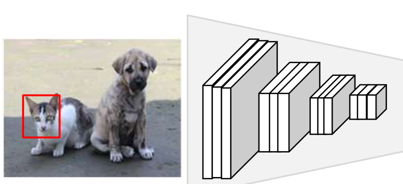
Votre réseau préféré:
VggNet, ResNet, ResNeXt, etc
(souvent préentraîné sur imageNet)

108

Localisation de plusieurs objets

Solution 1 : appliquer un CNN à une fenêtre coulissante

3 classes :'Chien', 'Chat', 'Fond'



P('Chat') = 0.9

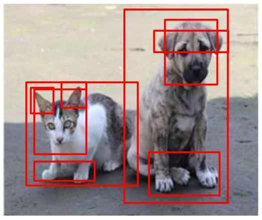
L'inconvénient de cette méthode est qu'elle requière de traiter un très grand nombre de fenêtres coulissantes de plusieurs dimensions.

109

Localisation de plusieurs objets

Solution 2 : Présélectionner un nombre restreint de fenêtres.

Il est relativement facile et rapide de trouver ~1000 fenêtres susceptibles de contenir un objet d'intérêt

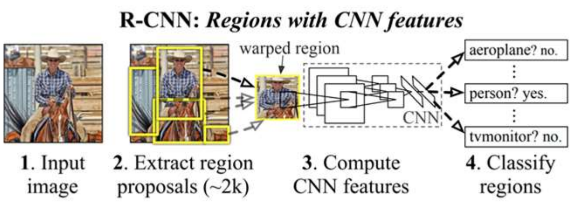


On appelle ce type de méthodes « *Region proposal method* »

Alexe et al, "Measuring the objectness of image windows", TPAMI 2012
Uijlings et al, "Selective Search for Object Recognition", IJCV 2013
Cheng et al, "BING: Binarized normed gradients for objectness estimation at 300fps", CVPR 2014
Zitnick and Dollar, "Edge boxes: Locating object proposals from edges", ECCV 2014

110

R-CNN [Girshick et al, 2014]

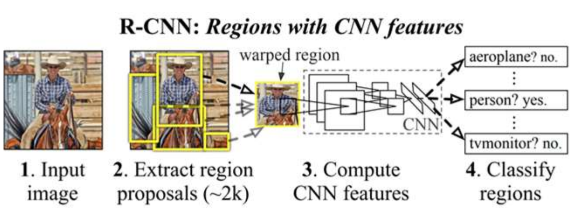


1. Extraire des regions (de 1000 à 2000) à l'aide d'une « *region proposal method* »

Girshick et al, "Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation", CVPR 2014 111

111

R-CNN [Girshick et al, 2014]



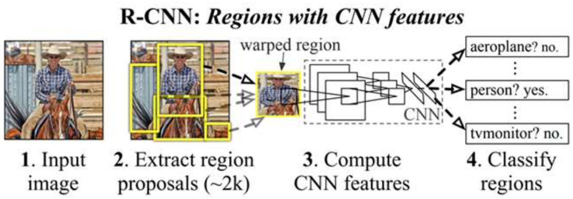
1. Extraire des regions (1000 à 2000) à l'aide d'une « *region proposal method* »

2. Crop + réajuster la taille de chaque région afin qu'elles soient toutes identiques

Girshick et al, "Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation", CVPR 2014 112

112

R-CNN [Girshick et al, 2014]



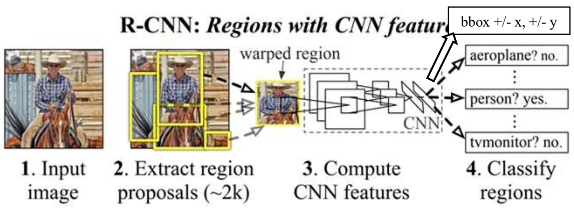
1. Extraire des regions (1000 à 2000) à l'aide d'une « *region proposal method* »
2. Crop + réajuster la taille de chaque région afin qu'elles soient toutes identiques
3. Extraire des caractéristiques profondes (sortie de AlexNet ou VggNet avant le Softmax)

Girshick et al, "Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation", CVPR 2014

113

113

R-CNN [Girshick et al, 2014]



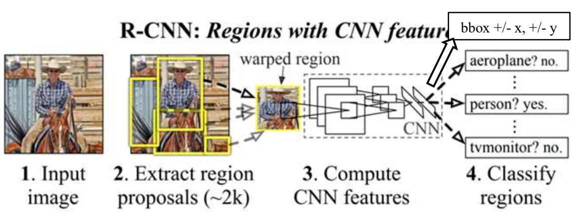
1. Extraire des regions (1000 à 2000) à l'aide d'une « *region proposal method* »
2. Crop + réajuster la taille de chaque région afin qu'elles soient toutes identiques
3. Extraire des caractéristiques profondes (sortie de AlexNet ou VggNet avant le Softmax)
4. Classification & localization (localisation pour ajuster la position des régions)

Girshick et al, "Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation", CVPR 2014

114

114

R-CNN [Girshick et al, 2014]



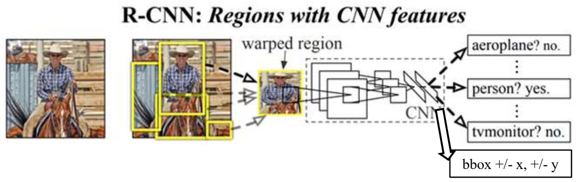
1. Extraire des regions (1000 à 2000) à l'aide d'une « *region proposal method* »
2. Crop + réajuster la taille de chaque région afin qu'elles soient toutes identiques
3. Extraire des caractéristiques profondes (sortie de AlexNet ou VggNet avant le Softmax)
4. Classification & localization (localisation pour ajuster la position des régions)
5. Éliminer les fenêtres qui se chevauchent en ne gardant que les plus "probables"

Girshick et al, "Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation", CVPR 2014

115

115

R-CNN [Girshick et al, 2014]



Composantes:
- *Region-proposal method*
- “Backend” (AlexNet ou VGG16) pré-entraîné sur ImageNet puis *finetuned* sur Pascal VOC
- SVM *par classe* pour la classification
- Régresseur pour bouger les régions

Girshick et al, “Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation”, CVPR 2014

116

116

(Parenthèse)

Pour mieux comprendre

117

117

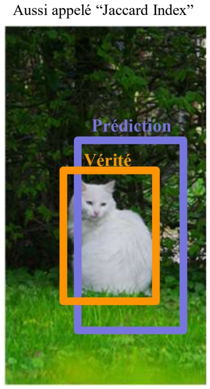
Intersection over Union

Aussi appelé “Jaccard Index”

Comment comparer les régions ?

$$\frac{|\text{Intersection}|}{|\text{Union}|}$$

0.5 est “correct”
0.7 est bon
0.9 est excellent



118

Intersection over Union

Aussi appelé "Jaccard Index"

Comment comparer les régions ?

$$\frac{|\text{Intersection}|}{|\text{Union}|}$$

0.5 est "correct"
0.7 est bon
0.9 est excellent

119

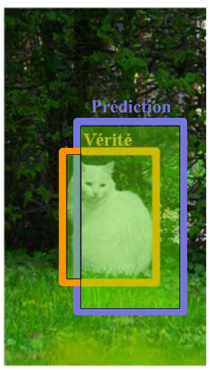
Intersection over Union

Aussi appelé "Jaccard Index"

Comment comparer les régions ?

$$\frac{|\text{Intersection}|}{|\text{Union}|}$$

0.5 est "correct"
0.7 est bon
0.9 est excellent

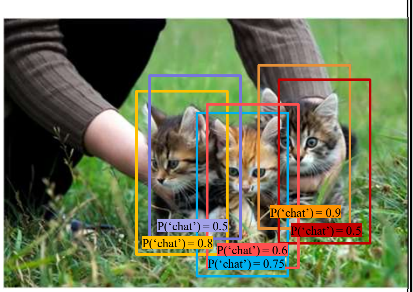


120

"Non-Max Suppression"

Comment éviter les duplicatas (2 boîtes sur un même objet) ?

1. Sélectionner la boîte avec le plus haut score
2. Éliminer les boîtes avec un IoU > ε (p.e. 0.7) ayant un score moins élevé
3. Répéter jusqu'à ce qu'aucune boîte ne puisse être éliminée

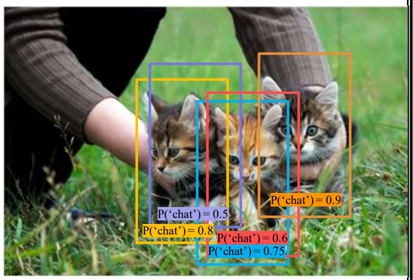


121

"Non-Max Suppression"

Comment éviter les duplicatas (2 boîtes sur un même objet) ?

1. Sélectionner la boîte avec le plus haut score
2. Éliminer les boîtes avec un IoU > ε (p.e. 0.7) ayant un score moins élevé
3. Répéter jusqu'à ce qu'aucune boîte ne puisse être éliminée

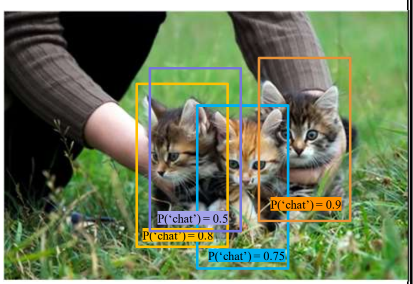


122

"Non-Max Suppression"

Comment éviter les duplicatas (2 boîtes sur un même objet) ?

1. Sélectionner la boîte avec le plus haut score
2. Éliminer les boîtes avec un IoU > ε (p.e. 0.7) ayant un score moins élevé
3. Répéter jusqu'à ce qu'aucune boîte ne puisse être éliminée

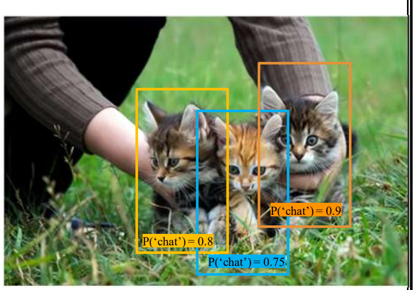


123

"Non-Max Suppression"

Comment éviter les duplicatas (2 boîtes sur un même objet) ?

1. Sélectionner la boîte avec le plus haut score
2. Éliminer les boîtes avec un IoU > ε (p.e. 0.7) ayant un score moins élevé
3. Répéter jusqu'à ce qu'aucune boîte ne puisse être éliminée



124

"mean Average Precision"

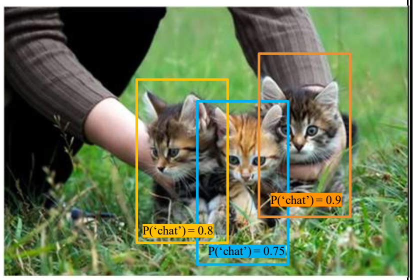
Comment mesurer la performance d'un détecteur d'objet ?

Doit évaluer la qualité de la prédiction ET de la localisation

Classification:
- "Top 1%"
- "Top 5%"
- Top ..%

Segmentation:
- (Sørensen–)Dice/F1
- IoU/Jaccard Index
- Précision

Localisation ?



125

"mean Average Precision"

Comment mesurer la performance d'un détecteur d'objet ?

Doit évaluer la qualité de la prédiction *ET* de la localisation

1. Faire la détection sur toutes les images de test
2. Pour chaque image et chaque classe
   a. Pour chaque détection
      i. Ordonner les détections par probabilité
      ii. Prendre la détection la plus probable
         1. Si elle correspond à une cible, l'indiquer comme vrai positif et éliminer la cible correspondante
         2. Sinon, l'indiquer comme faux positif
      iii. Tracer le point
   b. Calculer l'aire sous la courbe

3. Faire la moyenne pour chaque image
4. Faire la moyenne pour toutes les classes

P('cat') =

Cibles

Adapté de https://web.eecs.umich.edu/~justincj/slides/eecs498/498_FA2019_lecture15.pdf

126

"mean Average Precision"

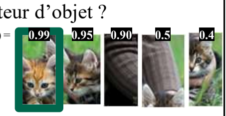
Comment mesurer la performance d'un détecteur d'objet ?

Doit évaluer la qualité de la prédiction *ET* de la localisation

1. Faire la détection sur toutes les images de test
2. Pour chaque image et chaque classe
   a. Pour chaque détection
      i. Ordonner les détections par probabilité
      ii. Prendre la détection la plus probable
         1. **Si elle correspond à une cible, l'indiquer comme vrai positif et éliminer la cible correspondante**
         2. Sinon, l'indiquer comme faux positif
      iii. Tracer le point
   b. Calculer l'aire sous la courbe

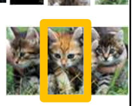
3. Faire la moyenne pour chaque image
4. Faire la moyenne pour toutes les classes

P('cat') =

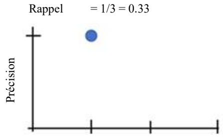


IoU > 0.5

Cibles



Précision = 1/1 = 1.0
Rappel = 1/3 = 0.33



Adapté de https://web.eecs.umich.edu/~justincj/slides/eecs498/498_FA2019_lecture15.pdf

127

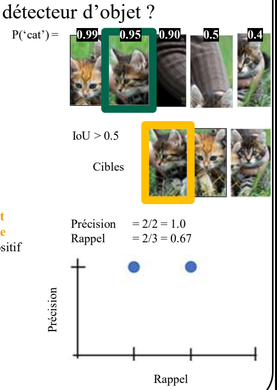
"mean Average Precision"

Comment mesurer la performance d'un détecteur d'objet ?

Doit évaluer la qualité de la prédiction *ET* de la localisation

1. Faire la détection sur toutes les images de test
2. Pour chaque image et chaque classe
   a. Pour chaque détection
      i. Ordonner les détections par probabilité
      ii. Prendre la détection la plus probable
         1. **Si elle correspond à une cible, l'indiquer comme vrai positif et éliminer la cible correspondante**
         2. Sinon, l'indiquer comme faux positif
      iii. Tracer le point
   b. Calculer l'aire sous la courbe

3. Faire la moyenne pour chaque image
4. Faire la moyenne pour toutes les classes



Adapté de https://web.eecs.umich.edu/~justincj/slides/eecs498/498_FA2019_lecture15.pdf

128

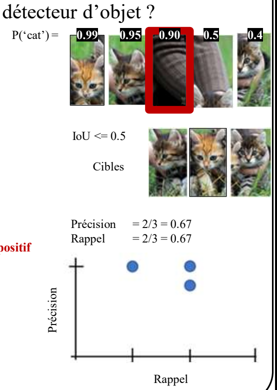
"mean Average Precision"

Comment mesurer la performance d'un détecteur d'objet ?

Doit évaluer la qualité de la prédiction *ET* de la localisation

1. Faire la détection sur toutes les images de test
2. Pour chaque image et chaque classe
   a. Pour chaque détection
      i. Ordonner les détections par probabilité
      ii. Prendre la détection la plus probable
         1. Si elle correspond à une cible, l'indiquer comme vrai positif et éliminer la cible correspondante
         2. **Sinon, l'indiquer comme faux positif**
      iii. Tracer le point
   b. Calculer l'aire sous la courbe

3. Faire la moyenne pour chaque image
4. Faire la moyenne pour toutes les classes



Adapté de https://web.eecs.umich.edu/~justincj/slides/eecs498/498_FA2019_lecture15.pdf

129

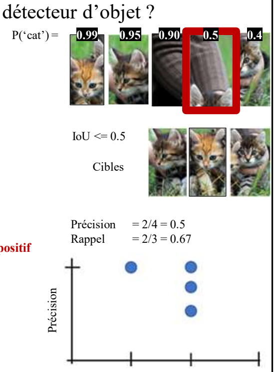
"mean Average Precision"

Comment mesurer la performance d'un détecteur d'objet ?

Doit évaluer la qualité de la prédiction *ET* de la localisation

1. Faire la détection sur toutes les images de test
2. Pour chaque image et chaque classe
   a. Pour chaque détection
      i. Ordonner les détections par probabilité
      ii. Prendre la détection la plus probable
         1. Si elle correspond à une cible, l'indiquer comme vrai positif et éliminer la cible correspondante
         2. **Sinon, l'indiquer comme faux positif**
      iii. Tracer le point
   b. Calculer l'aire sous la courbe

3. Faire la moyenne pour chaque image
4. Faire la moyenne pour toutes les classes



Adapté de https://web.eecs.umich.edu/~justincj/slides/eecs498/498_FA2019_lecture15.pdf

130

"mean Average Precision"

Comment mesurer la performance d'un détecteur d'objet ?

P('cat') =

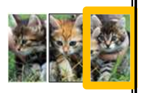
Doit évaluer la qualité de la prédiction *ET* de la localisation

1. Faire la détection sur toutes les images de test
2. Pour chaque image et chaque classe
   a. Pour chaque détection
      i. Ordonner les détections par probabilité
      ii. Prendre la détection la plus probable
         1. **Si elle correspond à une cible, l'indiquer comme vrai positif et éliminer la cible correspondante**
         2. Sinon, l'indiquer comme faux positif
      iii. Tracer le point
   b. Calculer l'aire sous la courbe

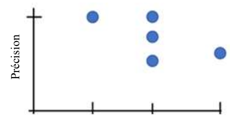
3. Faire la moyenne pour chaque image
4. Faire la moyenne pour toutes les classes

IoU > 0.5

Cibles



Précision = 3/5 = 0.6
Rappel = 3/3 = 1.0



Adapté de https://web.eecs.umich.edu/~justincj/slides/eecs498/498_FA2019_lecture15.pdf

131

"mean Average Precision"

Comment mesurer la performance d'un détecteur d'objet ?

P('cat') =

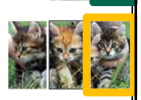
Doit évaluer la qualité de la prédiction *ET* de la localisation

1. Faire la détection sur toutes les images de test
2. Pour chaque image et chaque classe
   a. Pour chaque détection
      i. Ordonner les détections par
      ii. Prendre la détection la plus probable
         1. Si elle correspond à une cible, l'indiquer comme vrai positif et éliminer la cible correspondante
         2. Sinon, l'indiquer comme faux positif
      iii. Tracer le point
   b. Calculer l'aire sous la courbe
      => average precision

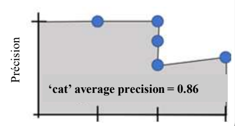
3. Faire la moyenne pour chaque image
4. Faire la moyenne pour toutes les classes => **mAP**

IoU > 0.5

Cibles



Précision = 3/5 = 0.6
Rappel = 3/3 = 1.0



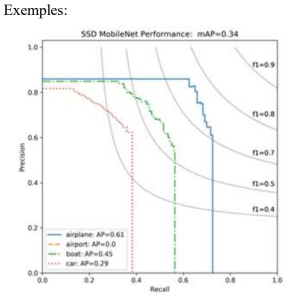
Adapté de https://web.eecs.umich.edu/~justincj/slides/eecs498/498_FA2019_lecture15.pdf

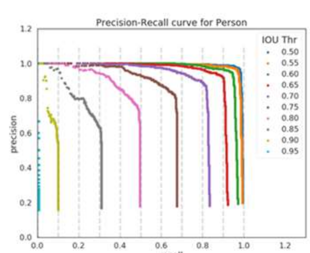
132

"mean Average Precision"

Comment mesurer la performance d'un détecteur d'objet ?

Exemples:





Van Etten, A. (2019, January). Satellite imagery multiscale rapid detection with windowed networks. In *2019 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)* (pp. 735-743). IEEE.

https://medium.com/@timothycarlen/understanding-the-map-evaluation-metric-for-object-detection-a07fe6962cf3

133

Jeux de données populaires

Pascal VOC (2005-2012)

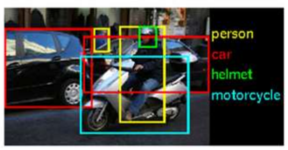
Classification/Detection (20 classes)

Action Classification (10 classes + “other”)

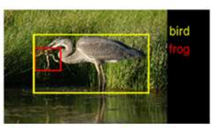
http://host.robots.ox.ac.uk/pascal/VOC/voc2012/index.html

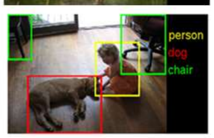
134

Jeux de données populaires



ImageNet (2013+)





Comparative scale

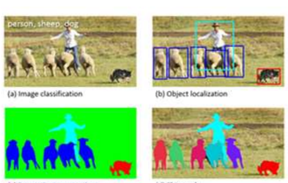
		PASCAL VOC 2012	ILSVRC 2013
Number of object classes		20	**200**
Training	Num images	5717	395909
	Num objects	13609	345854
Validation	Num images	5823	20121
	Num objects	13841	55502
Testing	Num images	10991	40152
	Num objects	---	---

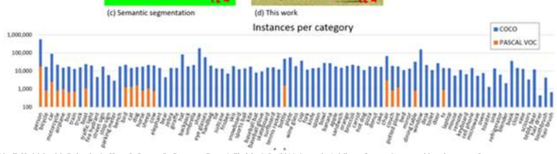
https://image-net.org/challenges/LSVRC/2013/

135

Jeux de données populaires

MS-COCO (2014+) 100 classes



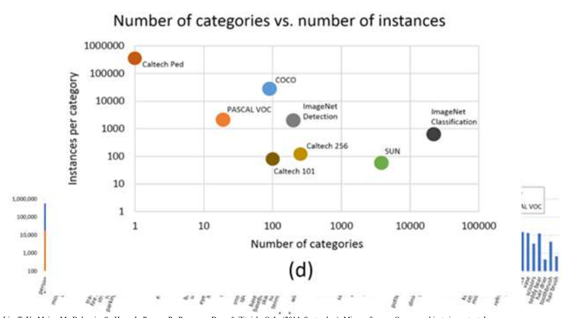


Lin, T. Y., Maire, M., Belongie, S., Hays, J., Perona, P., Ramanan, D., ... & Zitnick, C. L. (2014, September). Microsoft coco: Common objects in context. In European conference on computer vision (pp. 740-755). Springer, Cham.

136

Jeux de données populaires

MS-COCO (2014+) 100 classes



Lin, T. Y., Maire, M., Belongie, S., Hays, J., Perona, P., Ramanan, D., ... & Zitnick, C. L. (2014, September). Microsoft coco: Common objects in context. In European conference on computer vision (pp. 740-755). Springer, Cham.

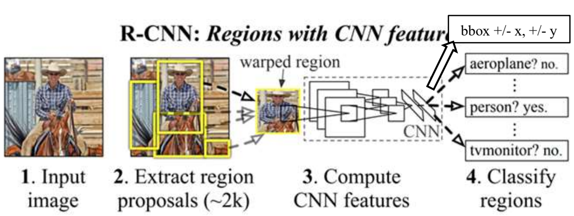
137

De retour au programme principal

138

138

R-CNN [Girshick et al, 2014]



VOC 2010 test	aero	bike	bird	boat	bottle	bus	car	cat	chair	cow	table	dog	horse	mbike	person	plant	sheep	sofa	train	tv	mAP
DPM v5 [20]†	49.2	53.8	13.1	15.3	35.5	53.4	49.7	27.0	17.2	28.8	14.7	17.8	46.4	51.2	47.7	10.8	34.2	20.7	43.8	38.3	33.4
UVA [39]	56.2	42.4	15.3	12.6	21.8	49.3	36.8	46.1	12.9	32.1	30.0	36.5	43.5	52.9	32.9	15.3	41.1	31.8	47.0	44.8	35.1
Regionlets [41]	65.0	48.9	25.9	24.6	24.5	56.1	54.5	51.2	17.0	28.9	30.2	35.8	40.2	55.7	43.5	14.3	43.9	32.6	54.0	45.9	39.7
SegDPM [18]†	61.4	53.4	25.6	25.2	35.5	51.7	50.6	50.8	19.3	33.8	26.8	40.4	48.3	54.4	47.1	14.8	38.7	35.0	52.8	43.1	40.4
R-CNN	67.1	64.1	46.7	32.0	30.5	56.4	57.2	65.9	27.0	47.3	40.9	66.6	57.8	65.9	53.6	26.7	56.5	38.1	52.8	50.2	50.2
R-CNN BB	**71.8**	**65.8**	**53.0**	**36.8**	**35.9**	**59.7**	**60.0**	**69.9**	**27.9**	**50.6**	**41.4**	**70.0**	**62.0**	**69.0**	**58.1**	**29.5**	**59.4**	**39.3**	**61.2**	**52.4**	**53.7**

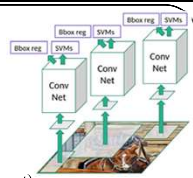
Table 1: Detection average precision (%) on VOC 2010 test. R-CNN is most directly comparable to UVA and Regionlets since all methods use selective search region proposals. Bounding-box regression (BB) is described in Section C. At publication time, SegDPM was the top-performer on the PASCAL VOC leaderboard. †DPM and SegDPM use context rescoring not used by the other methods.

Girshick et al, "Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation", CVPR 2014

139

139

R-CNN [Girshick et al, 2014]



Problème du R-CNN

3 entraînements séparés (pas d'entraînement bout-en-bout)
- *Finetuning* du CNN (entropie croisée)
  - pré-entraîné sur ImageNet
  - ré-entraîné sur Pascal VOC
- Entraînement du SVM (Hinge loss)
- Entraînement de la régression (loss L2)

Entraînement lent et complexe
- 84h

Détection lente
- 47secondes / image avec VGG16

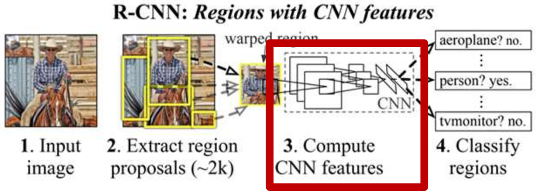
Girshick et al, "Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation", CVPR 2014

140

140

R-CNN [Girshick et al, 2014]

Problème du R-CNN



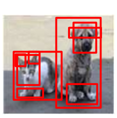
2000 *propagations avant* par image !

Girshick et al, "Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation", CVPR 2014

141

141

Fast R-CNN [Girshick, 2015]



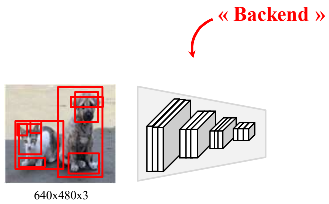
640x480x3

1. Localiser des régions

Girshick, "Fast R-CNN", ICCV 2015.

142

Fast R-CNN [Girshick, 2015]



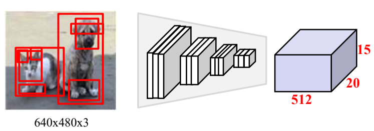
1. Localiser des régions

2. Propagation avant de l'image dans 5 blocs convolutionnels

Girshick, "Fast R-CNN", ICCV 2015.

143

Fast R-CNN [Girshick, 2015]



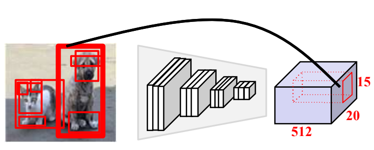
1. Localiser des régions

2. Propagation avant de l'image dans 5 blocs convolutionnels. Cartes d'activation **20x15x512**

Girshick, "Fast R-CNN", ICCV 2015.

144

Fast R-CNN [Girshick, 2015]



1. Localiser des régions

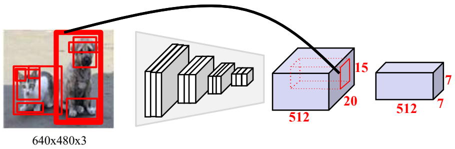
2. Propagation avant de l'image dans 5 blocs convolutionnels. Cartes d'activation **20x15x512**

3. À tour de rôle, projeter chaque région vers les cartes d'activation.

Girshick, "Fast R-CNN", ICCV 2015.

145

Fast R-CNN [Girshick, 2015]



1. Localiser des régions

2. Propagation avant de l'image dans 5 blocs convolutionnels. Cartes d'activation **20x15x512**

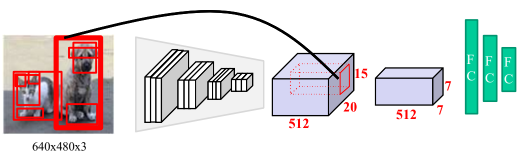
3. À tour de rôle, projeter chaque région vers les cartes d'activation.

4. Crop + resize **7x7x512** (« ROI pooling »)

Girshick, "Fast R-CNN", ICCV 2015.

146

Fast R-CNN [Girshick, 2015]



1. Localiser des régions

2. Propagation avant de l'image dans 5 blocs convolutionnels. Cartes d'activation **20x15x512**

3. À tour de rôle, projeter chaque région vers les cartes d'activation.

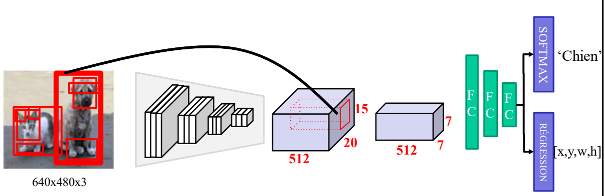
4. Crop + resize **7x7x512** (« ROI pooling »)

5. Couches pleinement connectées

Girshick, "Fast R-CNN", ICCV 2015.

147

Fast R-CNN [Girshick, 2015]



1. Localiser des régions

2. Propagation avant de l'image dans 5 blocs convolutionnels. Cartes d'activation **20x15x512**

3. À tour de rôle, projeter chaque région vers les cartes d'activation.

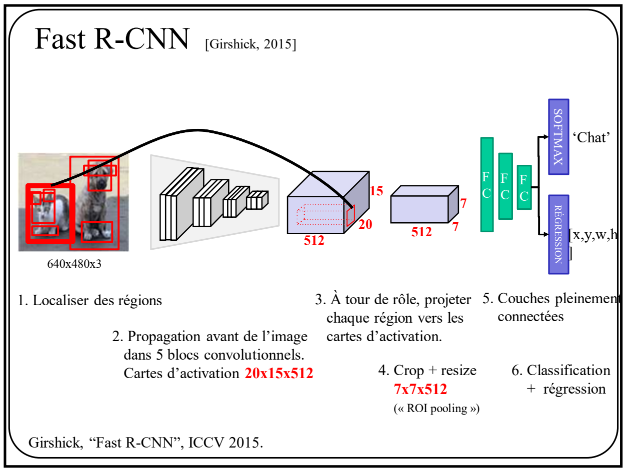
4. Crop + resize **7x7x512** (« ROI pooling »)

5. Couches pleinement connectées

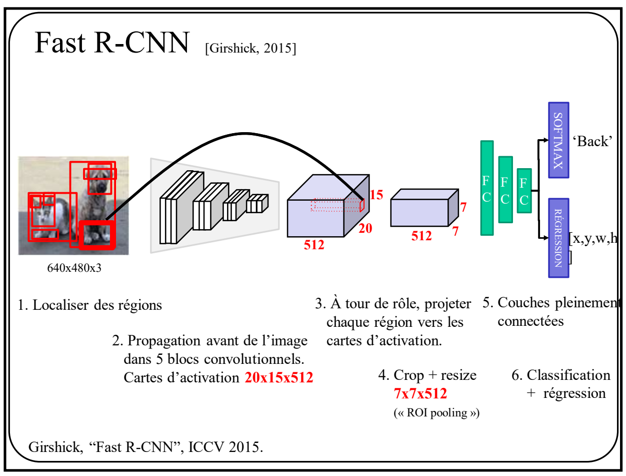
6. Classification + régression

Girshick, "Fast R-CNN", ICCV 2015.

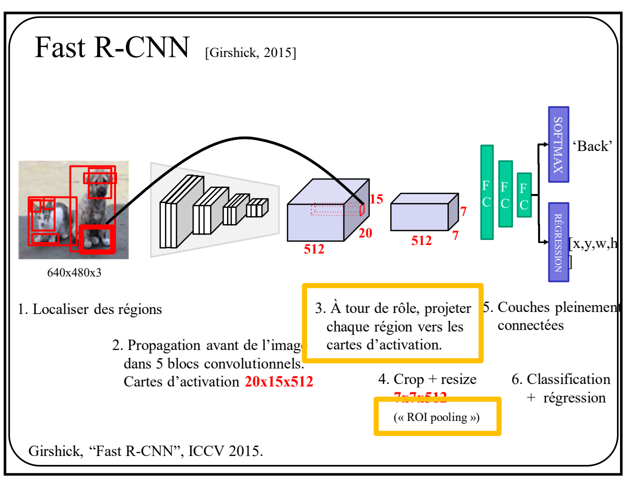
148


Fast R-CNN [Girshick, 2015]
640x480x3
512
15
20
512
7
7
F C
F C
F C
SOFTMAX
'Chat'
RÉGRESSION
[x,y,w,h]
1. Localiser des régions
2. Propagation avant de l'image dans 5 blocs convolutionnels. Cartes d'activation 20x15x512
3. À tour de rôle, projeter chaque région vers les cartes d'activation.
4. Crop + resize 7x7x512
(« ROI pooling »)
5. Couches pleinement connectées
6. Classification + régression
Girshick, "Fast R-CNN", ICCV 2015.

149


Fast R-CNN [Girshick, 2015]
640x480x3
512
15
20
512
7
7
F C
F C
F C
SOFTMAX
'Back'
RÉGRESSION
[x,y,w,h]
1. Localiser des régions
2. Propagation avant de l'image dans 5 blocs convolutionnels. Cartes d'activation 20x15x512
3. À tour de rôle, projeter chaque région vers les cartes d'activation.
4. Crop + resize 7x7x512
(« ROI pooling »)
5. Couches pleinement connectées
6. Classification + régression
Girshick, "Fast R-CNN", ICCV 2015.

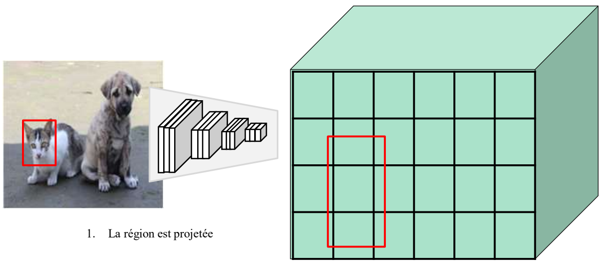
150


Fast R-CNN [Girshick, 2015]
640x480x3
512
15
20
512
7
7
F C
F C
F C
SOFTMAX
'Back'
RÉGRESSION
[x,y,w,h]
1. Localiser des régions
2. Propagation avant de l'image dans 5 blocs convolutionnels. Cartes d'activation 20x15x512
3. À tour de rôle, projeter chaque région vers les cartes d'activation.
4. Crop + resize
(« ROI pooling »)
5. Couches pleinement connectées
6. Classification + régression
Girshick, "Fast R-CNN", ICCV 2015.

151

ROI pooling

Comment transformer une région de taille arbitraire en taille fixe pour un CNN ?



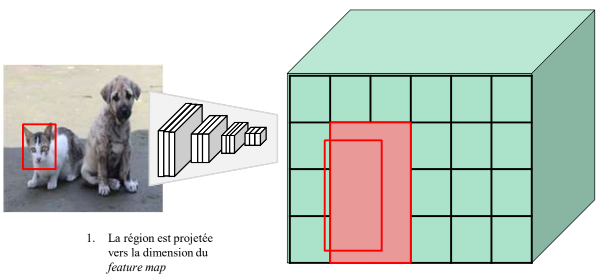
1. La région est projetée

Girshick, "Fast R-CNN", ICCV 2015.

152

ROI pooling

Comment transformer une région de taille arbitraire en taille fixe pour un CNN ?



1. La région est projetée vers la dimension du *feature map*

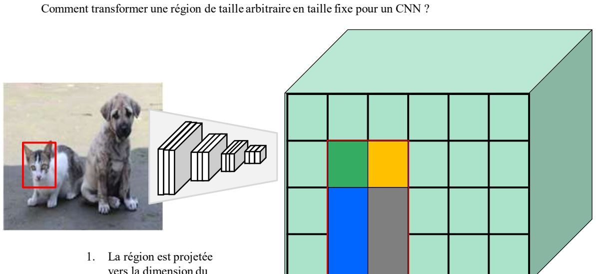
2. La région est ajustée à la grille (*snap*)

Girshick, "Fast R-CNN", ICCV 2015.

153

ROI pooling

Comment transformer une région de taille arbitraire en taille fixe pour un CNN ?



1. La région est projetée vers la dimension du *feature map*

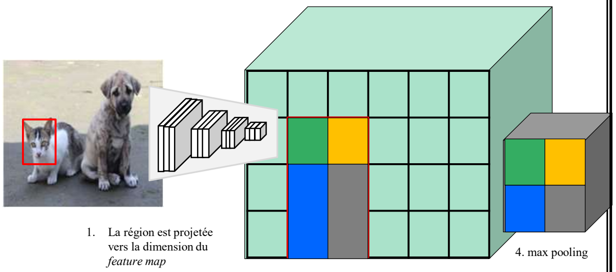
2. La région est ajustée à la grille (*snap*)
3. La grille est subdivisée en nxn régions cibles (p.e. 7x7)

Girshick, "Fast R-CNN", ICCV 2015.

154

ROI pooling

Comment transformer une région de taille arbitraire en taille fixe pour un CNN ?

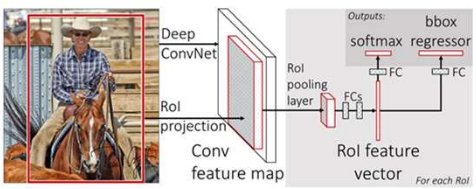


Girshick, "Fast R-CNN", ICCV 2015.

155

Fast R-CNN [Girshick, 2015]

Autre illustration (de Girshick):



Avantages:

- 1 propagation avant par image au lieu de 1 par région
- Entraînement bout-en-bout

Inconvénients:

- La "*region proposal method*" indépendante du réseau

Girshick, "Fast R-CNN", ICCV 2015.

156

Fast R-CNN [Girshick et al, 2015]

Tiré de l'article

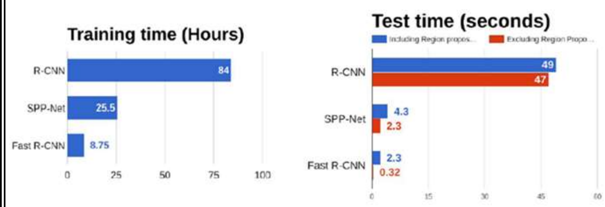
method	train set	aero	bike	bird	boat	bottle	bus	car	cat	chair	cow	table	dog	horse	mbike	persn	plant	sheep	sofa	train	tv	mAP
BabyLearning	Prop.	78.0	74.2	61.3	45.7	42.7	68.2	66.8	80.2	40.6	70.0	49.8	79.0	74.5	77.9	64.0	35.3	67.9	55.7	68.7	62.6	63.2
NUS_NIN_c2000	Unk.	80.2	73.8	61.9	43.7	**43.0**	70.3	67.6	80.7	41.9	69.7	51.7	78.2	75.2	76.9	65.1	**38.6**	**68.3**	58.0	68.7	63.3	63.8
R-CNN BB [10]	12	79.6	72.7	61.9	41.2	41.9	65.9	66.4	84.6	38.5	67.2	46.7	82.0	74.8	76.0	65.2	35.6	65.4	54.2	67.4	60.3	62.4
FRCN [ours]	12	80.3	74.7	66.9	46.9	37.7	73.9	68.6	87.7	41.7	71.1	51.1	86.0	77.8	79.8	69.8	32.1	65.5	63.8	76.4	61.7	65.7
FRCN [ours]	07++12	**82.3**	**78.4**	**70.8**	**52.3**	38.7	**77.8**	**71.6**	**89.3**	**44.2**	**73.0**	**55.0**	**87.5**	**80.5**	**80.8**	**72.0**	35.1	**68.3**	**65.7**	**80.4**	**64.2**	**68.4**

Table 3. **VOC 2012 test** detection average precision (%). BabyLearning and NUS_NIN_c2000 use networks based on [17]. All other methods use VGG16. Training set key: see Table 2, **Unk.**: unknown.

Girshick, "Fast R-CNN", ICCV 2015.

157

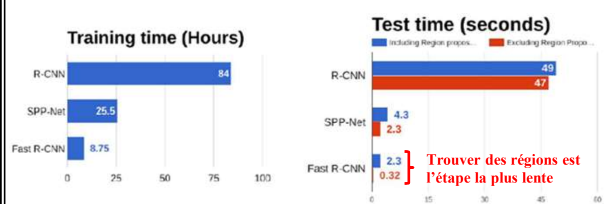
Fast R-CNN [Girshick et al, 2015]



Girshick, "Fast R-CNN", ICCV 2015.

158

Fast R-CNN [Girshick et al, 2015]



CNN: exécutés sur GPU => rapide !
Region proposal: exécuté sur CPU => lent :(

Girshick, "Fast R-CNN", ICCV 2015.

159

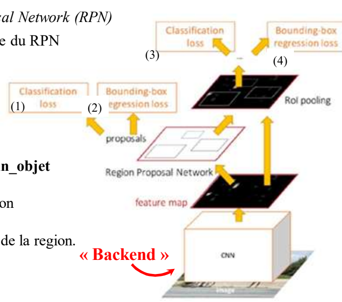
Faster R-CNN [Ren et al, 2015]

Idée:

- Trouver les régions à même les cartes d'activation avec un *Region Proposal Network (RPN)*
- Chaque boîte possible est une sortie du RPN

4 loss utilisées simultanément:

1. RPN : Classification **objet vs pas_un_objet**
2. RPN : régression [x,y,w,h]
3. Classification de l'objet dans la région (chien,chat…)
4. Régression des coordonnées finales de la region.

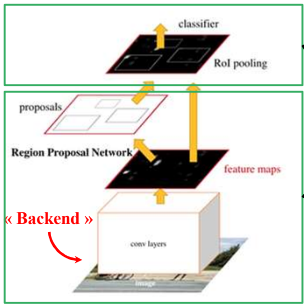


Ren et al. "Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks." NIPS. 2015.

160

160

Faster R-CNN [Ren et al, 2015]



Deux étapes:
- Classifier les régions
- Proposer les régions

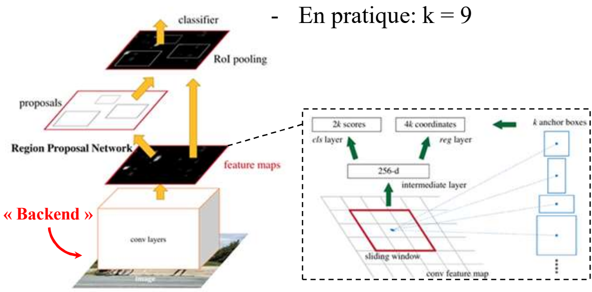
Ren et al. "Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks." NIPS. 2015.

161

161

Faster R-CNN [Ren et al, 2015]

- Utilisation de **"anchors"**
- Boîtes de forme prédéterminée
- En pratique: k = 9



Ren et al. "Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks." NIPS. 2015.

162

162

Faster R-CNN [Ren et al, 2015]

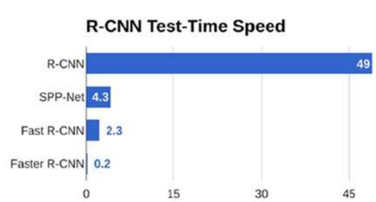


Table 5: **Timing** (ms) on a K40 GPU, except SS proposal is evaluated in a CPU. "Region-wise" includes NMS, pooling, fully-connected, and softmax layers. See our released code for the profiling of running time.

model	system	conv	proposal	region-wise	total	rate
VGG	SS + Fast R-CNN	146	1510	174	1830	0.5 fps
VGG	RPN + Fast R-CNN	141	**10**	47	**198**	**5 fps**
ZF	RPN + Fast R-CNN	31	**3**	25	**59**	**17 fps**

Ren et al. "Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks." NIPS. 2015.

163

163

Faster R-CNN [Ren et al, 2015]

Table 7: Results on PASCAL VOC 2012 test set with Fast R-CNN detectors and VGG-16. For RPN, the train-time proposals for Fast R-CNN are 2000.

method	# box	data	mAP	areo	bike	bird	boat	bottle	bus	car	cat	chair	cow	table	dog	horse	mbike	person	plant	sheep	sofa	train	tv
SS	2000	12	65.7	80.3	74.7	66.9	46.9	37.7	73.9	68.6	87.7	41.7	71.1	51.1	86.0	77.8	79.8	69.8	32.1	65.5	63.8	76.4	61.7
SS	2000	07++12	68.4	82.3	78.4	70.8	52.3	38.7	77.8	71.6	89.3	44.2	73.0	55.0	87.5	80.5	80.8	72.0	35.1	68.3	65.7	80.4	64.2
RPN	300	12	67.0	82.3	76.4	71.0	48.4	45.2	72.1	72.3	87.3	42.2	73.7	50.0	86.8	78.7	78.4	77.4	34.5	70.1	57.1	77.1	58.9
RPN	300	07++12	70.4	84.9	79.8	74.3	53.9	49.8	77.5	75.9	88.5	45.6	77.1	55.3	86.9	81.7	80.9	79.6	40.1	72.6	60.9	81.2	61.5
RPN	300	COCO+07++12	75.9	87.4	83.6	76.8	62.9	59.6	81.9	82.0	91.3	54.9	82.6	59.0	89.0	85.5	84.7	84.1	52.2	78.9	65.5	85.4	70.2

Avantages:

- 1 propagation avant par image au lieu de 1 par région
- Entraînement bout-en-bout
- *Region proposal method* apprise !
- Inférence très rapide

Inconvénients:

- Architecture complexe avec plusieurs *moving parts*
- Entraînement pas vraiment bout en bout (anchors)
- Détection en plusieurs étapes

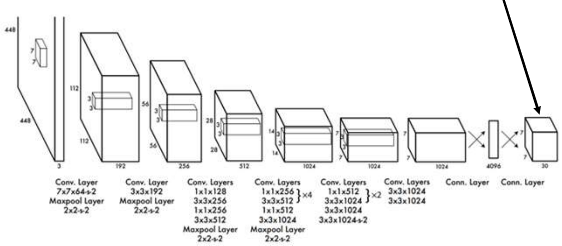
Ren et al. "Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks." NIPS. 2015.

164

164

YOLO [Redmon2017, Redmon2018]

Fini les « *region proposal methods* ». On convertit une image en une grille de **49 (7x7) prédictions**.



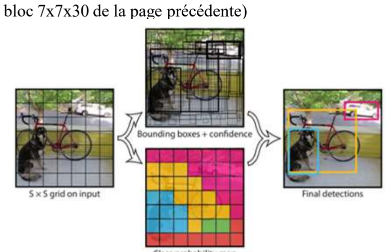
J. Redmon, S Divvala, R Girshick, A Farhad "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection", CVPR 2017
J. Redmon, A. Farhadi "YOLO9000: Better, Faster, Stronger", CVPR 2018

165

165

YOLO [Redmon2017, Redmon2018]

Pour chaque élément de la grille 7x7, **on prédit 2 boîtes englobantes.**
15 prédictions par boîte : **[x,y,w,h,confiance]** et **10 classes**.
Avec 2 boîtes par élément, ça fait une **prédiction de 30 éléments**
(d'où le bloc 7x7x30 de la page précédente)



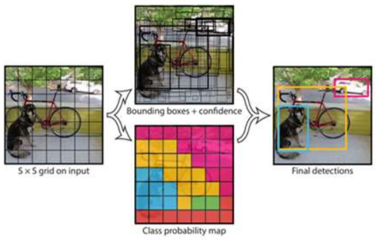
J. Redmon, S Divvala, R Girshick, A Farhad "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection", CVPR 2017
J. Redmon, A. Farhadi "YOLO9000: Better, Faster, Stronger", CVPR 2018

166

166

YOLO [Redmon2017, Redmon2018]

Ainsi, YOLO prédit TOUJOURS **49x2=98 objets possibles** chacune avec un **indice de confiance**.



J. Redmon, S Divvala, R Girshick, A Farhad "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection", CVPR 2017
J. Redmon, A. Farhadi "YOLO9000: Better, Faster, Stronger", CVPR 2018

167

167

YOLO [Redmon2017, Redmon2018]

VOC 2012 test	mAP	aero	bike	bird	boat	bottle	bus	car	cat	chair	cow	table	dog	horse	mbike	person	plant	sheep	sofa	train	tv
MR_CNN_MORE_DATA [11]	**73.9**	**85.5**	**82.9**	**76.6**	**57.8**	**62.7**	**79.4**	77.2	86.6	**55.0**	**79.1**	**62.2**	87.0	**83.4**	**84.7**	78.9	45.3	73.4	65.8	80.3	74.0
HyperNet_VGG	71.4	84.2	78.5	73.6	55.6	53.7	78.7	**79.8**	87.7	49.6	74.9	52.1	86.0	81.7	83.3	**81.8**	**48.6**	**73.5**	59.4	79.9	65.7
HyperNet_SP	71.3	84.1	78.3	73.3	55.5	53.6	78.6	79.6	87.5	49.5	74.9	52.1	85.6	81.6	83.2	81.6	48.4	73.2	59.3	79.7	65.6
Fast R-CNN + YOLO	70.7	83.4	78.5	73.5	55.8	43.4	79.1	73.1	**89.4**	49.4	75.5	57.0	**87.5**	80.9	81.0	74.7	41.8	71.5	68.5	**82.1**	67.2
MR_CNN_S_CNN [11]	70.7	85.0	79.6	71.5	55.3	57.7	76.0	73.9	84.6	50.5	74.3	61.7	85.5	79.9	81.7	76.4	41.0	69.0	61.2	77.7	72.1
Faster R-CNN [28]	70.4	84.9	79.8	74.3	53.9	49.8	77.5	75.9	88.5	45.6	77.1	55.3	86.9	81.7	80.9	79.6	40.1	72.6	60.9	81.2	61.5
DEEP_ENS_COCO	70.1	84.0	79.4	71.6	51.9	51.1	74.1	72.1	88.6	48.3	73.4	57.8	86.1	80.0	80.7	70.4	46.6	69.6	**68.8**	75.9	71.4
NoC [29]	68.8	82.8	79.0	71.6	52.3	53.7	74.1	69.0	84.9	46.9	74.3	53.1	85.0	81.3	79.5	72.2	38.9	72.4	59.5	76.7	68.1
Fast R-CNN [14]	68.4	82.3	78.4	70.8	52.3	38.7	77.8	71.6	89.3	44.2	73.0	55.0	**87.5**	80.5	80.8	72.0	35.1	68.3	65.7	80.4	64.2
UMICH_FGS_STRUCT	66.4	82.9	76.1	64.1	44.6	49.4	70.3	71.2	84.6	42.7	68.6	55.8	82.7	77.1	79.9	68.7	41.4	69.0	60.0	72.0	66.2
NUS_NIN_C2000 [7]	63.8	80.2	73.8	61.9	43.7	43.0	70.3	67.6	80.7	41.9	69.7	51.7	78.2	75.2	76.9	65.1	38.6	68.3	58.0	68.7	63.3
BabyLearning [7]	63.2	78.0	74.2	61.3	45.7	42.7	68.2	66.8	80.2	40.6	70.0	49.8	79.0	74.5	77.9	64.0	35.3	67.9	55.7	68.7	62.6
NUS_NIN	62.4	77.9	73.1	62.6	39.5	43.3	69.1	66.4	78.9	39.1	68.1	50.0	77.2	71.3	76.1	64.7	38.4	66.9	56.2	66.9	62.7
R-CNN VGG BB [13]	62.4	79.6	72.7	61.9	41.2	41.9	65.9	66.4	84.6	38.5	67.2	46.7	82.0	74.8	76.0	65.2	35.6	65.4	54.2	67.4	60.3
R-CNN VGG [13]	59.2	76.8	70.9	56.6	37.5	36.9	62.9	63.6	81.1	35.7	64.3	43.9	80.4	71.6	74.0	60.0	30.8	63.4	52.0	63.5	58.7
YOLO	57.9	77.0	67.2	57.7	38.3	22.7	68.3	55.9	81.4	36.2	60.8	48.5	77.2	72.3	71.3	63.5	28.9	52.2	54.8	73.9	50.8
Feature Edit [33]	56.3	74.6	69.1	54.4	39.1	33.1	65.2	62.7	69.7	30.8	56.0	44.6	70.0	64.4	71.1	60.2	33.3	61.3	46.4	61.7	57.8
R-CNN BB [13]	53.3	71.8	65.8	52.0	34.1	32.6	59.6	60.0	69.8	27.6	52.0	41.7	69.6	61.3	68.3	57.8	29.6	57.8	40.9	59.3	54.1
SDS [16]	50.7	69.7	58.4	48.5	28.3	28.8	61.3	57.5	70.8	24.1	50.7	35.9	64.9	59.1	65.8	57.1	26.0	58.8	38.6	58.9	50.7
R-CNN [13]	49.6	68.1	63.8	46.1	29.4	27.9	56.6	57.0	65.9	26.5	48.7	39.5	66.2	57.3	65.4	53.2	26.2	54.5	38.1	50.6	51.6

Table 3: PASCAL VOC 2012 Leaderboard. YOLO compared with the full comp4 (outside data allowed) public leaderboard as of November 6th, 2015. Mean average precision and per-class average precision are shown for a variety of detection methods. YOLO is the only real-time detector. Fast R-CNN + YOLO is the forth highest scoring method, with a 2.3% boost over Fast R-CNN.

J. Redmon, S Divvala, R Girshick, A Farhad "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection", CVPR 2017
J. Redmon, A. Farhadi "YOLO9000: Better, Faster, Stronger", CVPR 2018

168

168

YOLO [Redmon2017, Redmon2018]

VOC 2012 test	mAP	aero	bike	bird	boat	bottle	bus	car	cat	chair	cow	table	dog	horse	mbike	person	plant	sheep	sofa	train	tv
MR_CNN_MORE_DATA [11]	**73.9**	**85.5**	**82.9**	**76.6**	**57.8**	**62.7**	**79.4**	77.2	86.6	**55.0**	**79.1**	**62.2**	87.0	**83.4**	**84.7**	78.9	45.3	73.4	65.8	80.3	74.0
HyperNet_VGG	71.4															**81.8**	**48.6**	**73.5**	59.4	79.9	65.7
HyperNet_SP	71.3															81.6	48.4	73.2	59.3	79.7	65.6
Fast R-CNN + YOLO	70.7															74.7	41.8	71.5	68.5	**82.1**	67.2
MR_CNN_S_CNN [11]	70.7															76.4	41.0	69.0	61.2	77.7	72.1
Faster R-CNN [28]	70.4															79.6	40.1	72.6	60.9	81.2	61.5
DEEP_ENS_COCO	70.1	84.0	79.4	71.6	51.9	51.1	74.1	72.1	88.6	48.3	73.4	57.8	86.1	80.0	80.7	70.4	46.6	69.6	**68.8**	75.9	71.4
NoC [29]	68.8	82.8	79.0	71.6	52.3	53.7	74.1	69.0	84.9	46.9	74.3	53.1	85.0	81.3	79.5	72.2	38.9	72.4	59.5	76.7	68.1
Fast R-CNN [14]	68.4	82.3	78.4	70.8	52.3	38.7	77.8	71.6	89.3	44.2	73.0	55.0	**87.5**	80.5	80.8	72.0	35.1	68.3	65.7	80.4	64.2
UMICH_FGS_STRUCT	66.4	82.9	76.1	64.1	44.6	49.4	70.3	71.2	84.6	42.7	68.6	55.8	82.7	77.1	79.9	68.7	41.4	69.0	60.0	72.0	66.2
NUS_NIN_C2000 [7]	63.8	80.2	73.8	61.9	43.7	43.0	70.3	67.6	80.7	41.9	69.7	51.7	78.2	75.2	76.9	65.1	38.6	68.3	58.0	68.7	63.3
BabyLearning [7]	63.2	78.0	74.2	61.3	45.7	42.7	68.2	66.8	80.2	40.6	70.0	49.8	79.0	74.5	77.9	64.0	35.3	67.9	55.7	68.7	62.6
NUS_NIN	62.4	77.9	73.1	62.6	39.5	43.3	69.1	66.4	78.9	39.1	68.1	50.0	77.2	71.3	76.1	64.7	38.4	66.9	56.2	66.9	62.7
R-CNN VGG BB [13]	62.4															65.2	35.6	65.4	54.2	67.4	60.3
R-CNN VGG [13]	59.2															60.0	30.8	63.4	52.0	63.5	58.7
YOLO	57.9															63.5	28.9	52.2	54.8	73.9	50.8
Feature Edit [33]	56.3															60.2	33.3	61.3	46.4	61.7	57.8
R-CNN BB [13]	53.3															57.8	29.6	57.8	40.9	59.3	54.1
SDS [16]	50.7	69.7	58.4	48.5	28.3	28.8	61.3	57.5	70.8	24.1	50.7	35.9	64.9	59.1	65.8	57.1	26.0	58.8	38.6	58.9	50.7
R-CNN [13]	49.6	68.1	63.8	46.1	29.4	27.9	56.6	57.0	65.9	26.5	48.7	39.5	66.2	57.3	65.4	53.2	26.2	54.5	38.1	50.6	51.6

Ensemble de Fast R-CNN + YOLO

Moins bon que les autres, mais plus simple et rapide

Table 3: PASCAL VOC 2012 Leaderboard. YOLO compared with the full comp4 (outside data allowed) public leaderboard as of November 6th, 2015. Mean average precision and per-class average precision are shown for a variety of detection methods. YOLO is the only real-time detector. Fast R-CNN + YOLO is the forth highest scoring method, with a 2.3% boost over Fast R-CNN.

J. Redmon, S Divvala, R Girshick, A Farhad "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection", CVPR 2017

169

169

YOLOv2-3

v2:
- Batch norm
- Images de plus haute résolution
- *Anchors*
- et autres

v3:
- Réseau plus profond
- Détection à plusieurs résolutions
- Plus de boîtes par élément de grille

J. Redmon, S Divvala, R Girshick, A Farhad "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection", CVPR 2017
J. Redmon, A. Farhadi "YOLO9000: Better, Faster, Stronger", CVPR 2018
Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). Yolov3: An incremental improvement. arXiv preprint arXiv:1804.02767.

170

170

YOLOv2-v3

Yolo v2 et James Bond

https://www.youtube.com/watch?v=VOC3huqHrss

https://pjreddie.com
(Site web du premier auteur)

J. Redmon, S Divvala, R Girshick, A Farhad "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection", CVPR 2017
J. Redmon, A. Farhadi "YOLO9000: Better, Faster, Stronger", CVPR 2018
J. Redmon, & Farhadi, A. (2018). Yolov3: An incremental improvement. arXiv preprint arXiv:1804.02767.

171

171

YOLOv2-v3

À ce jour,
nous sommes
à YOLOv9!
https://viso.ai/computer-vision/yolov9/

.3huqHrss

om

J. Redmon, S Divvala, R Girshick, A Farhad "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection", CVPR 2017
J. Redmon, A. Farhadi "YOLO9000: Better, Faster, Stronger", CVPR 2018
J. Redmon, & Farhadi, A. (2018). Yolov3: An incremental improvement. arXiv preprint arXiv:1804.02767.

172

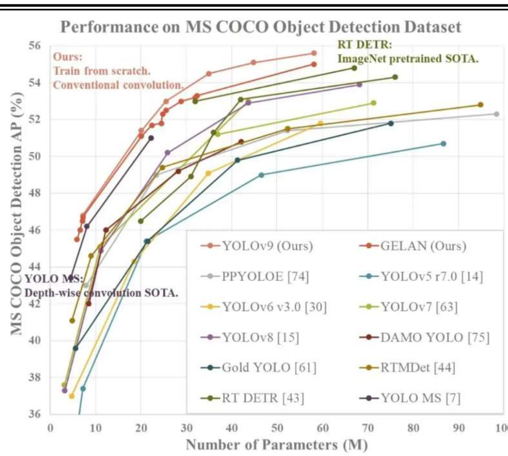
172

YOLO v9

https://viso.ai/computer-vision/yolov9/

173

173



174

SSD (single shot detector) [Liu et al. 2016]

Tout comme YOLO:

- **Pas de « *region proposal method* »** pour SSD
- Prédiction d'un **nombre fixe** de boîtes englobantes.
  - 98 pour YOLO
  - **8732 pour SSD300**
  - **24564 pour SSD512 (!)**
- Prédit 25 éléments : **[x,y,w,h,confiance,c_1,…, c_{20}]**
- Élimine les boîtes avec une confiance faible

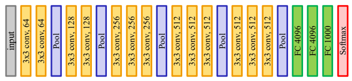
W Liu, D Anguelov, D Erhan, C Szegedy, S Reed, C-Y Fu, AC. Berg "SSD: Single Shot MultiBox Detector", ECCV 2016

175

SSD300 (single shot detector) [Liu et al. 2016]

Utilise les **10 premières couches de VGG16** comme ***backend***

VGG16



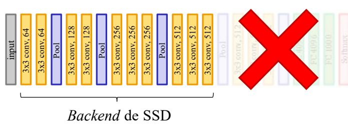
176

176

SSD300 (single shot detector) [Liu et al. 2016]

Utilise les **10 premières couches de VGG16** comme ***backend***

VGG16

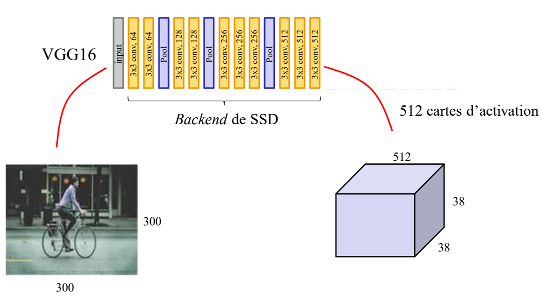


177

SSD300 (single shot detector) [Liu et al. 2016]

Utilise les **10 premières couches de VGG16** comme ***backend***

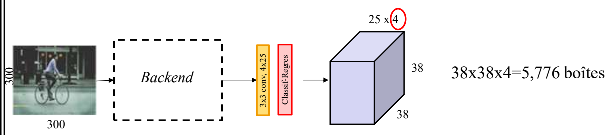
VGG16



178

SSD300 (single shot detector) [Liu et al. 2016]

Utilise les **10 premières couches de VGG16** comme ***backend***

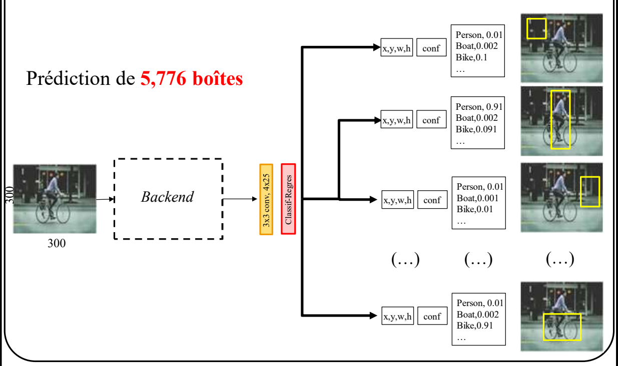


4 prédictions par pixel
1 prédiction= 25 éléments **[x,y,w,h,confiance,c_1,…, c_{20}]**

179

SSD300 (single shot detector) [Liu et al. 2016]

Prédiction de **5,776 boîtes**

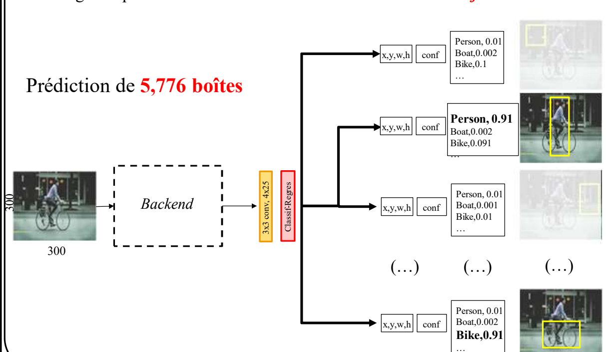


180

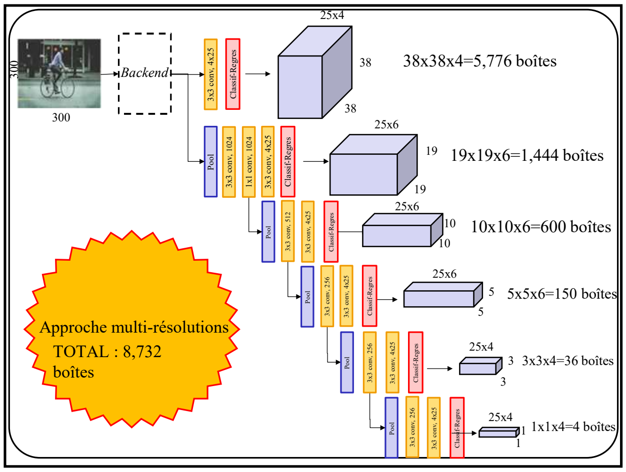
SSD300 (single shot detector) [Liu et al. 2016]

On ne garde que les boîtes ***sans chevauchement*** et avec une ***confiance élevée***

Prédiction de **5,776 boîtes**



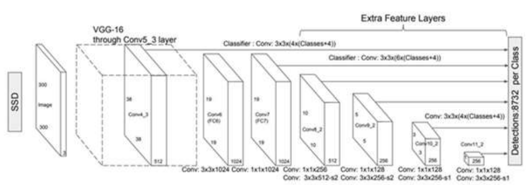
181



182

SSD (single shot detector) [Liu et al. 2016]

Autre illustration tirée de l'article (plus compacte)



W Liu, D Anguelov, D Erhan, C Szegedy, S Reed, C-Y Fu, AC. Berg "SSD: Single Shot MultiBox Detector", ECCV 2016

183

SSD (single shot detector) [Liu et al. 2016]

Method	mAP	FPS
Faster R-CNN (VGG16)	73.2	7
Fast YOLO	52.7	155
YOLO (VGG16)	66.4	21
SSD300	74.3	46
SSD512	76.8	19
SSD300	74.3	59
SSD512	76.8	22

mAP : mean average precision

W Liu, D Anguelov, D Erhan, C Szegedy, S Reed, C-Y Fu, AC. Berg "SSD: Single Shot MultiBox Detector", ECCV 2016

184

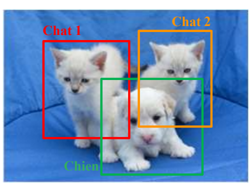
SSD (single shot detector) [Liu et al. 2016]

https://medium.com/@jonathan_hui/ssd-object-detection-single-shot-multibox-detector-for-real-time-processing-9bd8deac0e06

Excellent document sur SSD

185

Segmentation par instance



Localisation

Segmentation
par instance

186

186

Mask R-CNN [He et al., 2017]

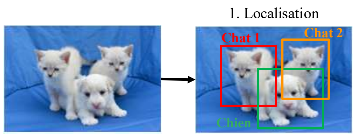
Idée de base:

Images: He et al. "Mask R-CNN." ICCV, 2017

187

Mask R-CNN [He et al., 2017]

Idée de base:

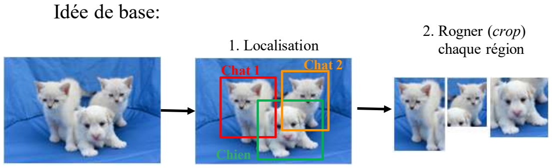


Images: He et al. "Mask R-CNN." ICCV, 2017

188

Mask R-CNN [He et al., 2017]

Idée de base:

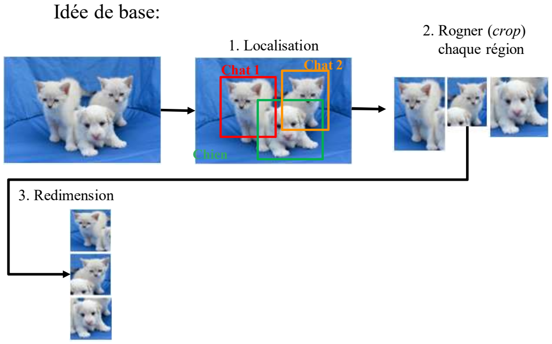


Images: He et al. "Mask R-CNN." ICCV, 2017

189

Mask R-CNN [He et al., 2017]

Idée de base:

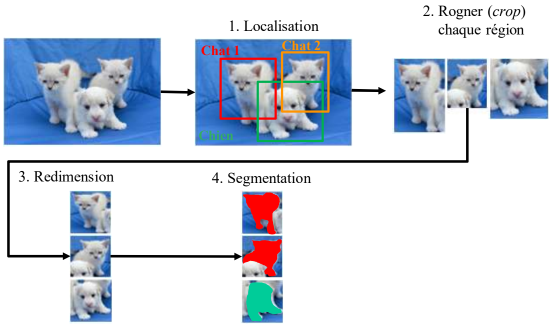


Images: He et al. "Mask R-CNN." ICCV, 2017

190

Mask R-CNN [He et al., 2017]

Idée de base:

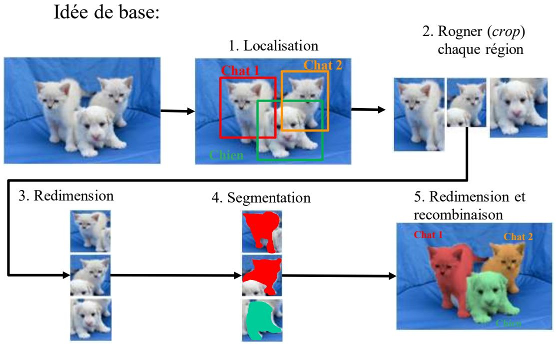


Images: He et al. "Mask R-CNN." ICCV, 2017

191

Mask R-CNN [He et al., 2017]

Idée de base:



Images: He et al. "Mask R-CNN." ICCV, 2017

192

Mask R-CNN

=

CNN localization + CNN segmentation

193

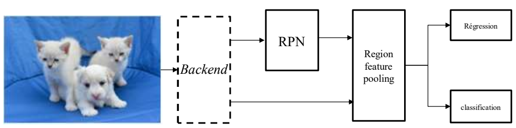
193

Mask R-CNN
=
Faster R-CNN (avec backend ResNet) + CNN segmentation

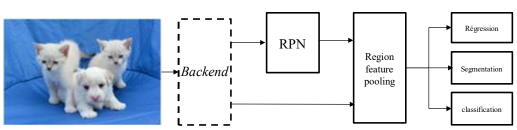
(Config de l'article d'origine. D'autres versions de Mask R-CNN utilisent d'autres backends.)

194

194



Faster R-CNN

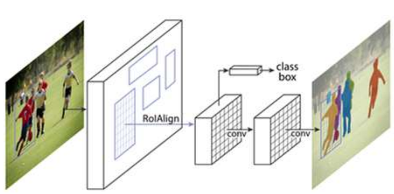


Mask R-CNN

195

Mask R-CNN [He et al., 2017]

Illustration issue de l'article



Images: He et al. "Mask R-CNN." ICCV, 2017

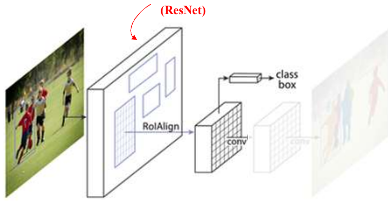
196

196

Mask R-CNN [He et al., 2017]

Illustration issue de l'article

Backend
(ResNet)



Faster R-CNN

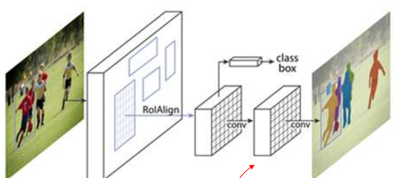
Images: He et al. "Mask R-CNN." ICCV, 2017

197

197

Mask R-CNN [He et al., 2017]

Illustration issue de l'article



Séquence de convolutions
Pour la segmentation

Images: He et al. "Mask R-CNN." ICCV, 2017

198

198

Mask R-CNN [He et al., 2017]

Figure 5. More results of **Mask R-CNN** on COCO test images, using ResNet-101-FPN and running at 5 fps, with 35.7 mask AP (Table 1).

Images: He et al. "Mask R-CNN." ICCV, 2017

199

199

Mask R-CNN **[He et al., 2017]**

https://www.analyticsvidhya.com/blog/2019/07/computer-vision-implementing-mask-r-cnn-image-segmentation/

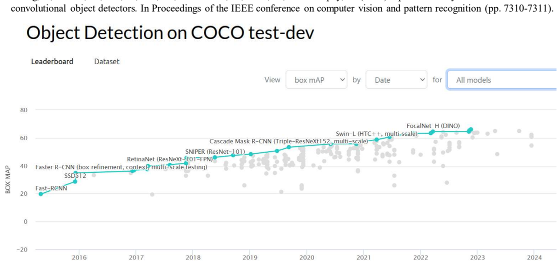
Excellent document sur **Mask R-CNN**

200

En résumé

Bons survols:

- Jiao, L., Zhang, F., Liu, F., Yang, S., Li, L., Feng, Z., & Qu, R. (2019). A survey of deep learning-based object detection. IEEE access, 7, 128837-128868.
- Huang, J., Rathod, V., Sun, C., Zhu, M., Korattikara, A., Fathi, A., ... & Murphy, K. (2017). Speed/accuracy trade-offs for modern convolutional object detectors. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 7310-7311).



https://paperswithcode.com/sota/object-detection-on-coco

201

201

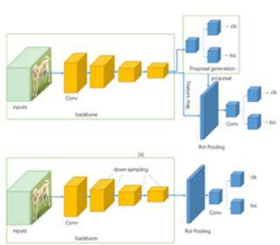
En résumé

La détection d'objets et segmentation d'instances est complexe avec beaucoup d'astuces pour entraîner et prédire.

Deux grandes familles de méthodes:

Two-stage detectors (e.g. fasterRCNN)
- Plus complexes
- Plus lents
- Plus performants

Single Stage detectors (e.g. yolo,SSD)
- Plus simples
- Plus rapides
- Moins performants



Bibliothèque de détection d'objets/segmentation en Pytorch
https://github.com/facebookresearch/detectron2

Jiao, L., Zhang, F., Liu, F., Yang, S., Li, L., Feng, Z., & Qu, R. (2019). A survey of deep learning-based object detection. *IEEE access*, *7*, 128837-128868.

202

202