

---

# Surveillance d'un site industriel par drones autonomes

Tutoré par M. Julien Da-vela

Ben Youssef Manel  
Chihi Mohamed Amine  
Dhif Mohamed  
Idoudi Houssine

Kammoun Mohamed Ali  
Ouertatani Houssem  
Saffar Mohamed Sary



# Plan

- 1- INTÉGRATION DES DRONES DANS L'ÉCOSYSTÈME PÉTROLIER
- 2- CADRE LÉGAL POUR L'USAGE DES DRONES
- 3- CAPTEURS ET TECHNOLOGIES DISPONIBLES
- 4- SOLUTIONS LOGICIELLES DÉVELOPPÉES
- 5- RÉFÉRENCES

# INTÉGRATION DES DRONES DANS L'ÉCOSYSTÈME PÉTROLIER

- Inspection et cartographie
- Sécurité et intervention d'urgence

## INSPECTION & CARTOGRAPHIE

On pourrait utiliser des drones pour automatiser les inspections routinières coûteuses (en temps et en argent) et dangereuses tels que:

- L'inspection régulière des toits, cheminées et des torches.
- L'inspection de la corrosion des réservoirs géants.
- L'inspection des canaux et pipes de gaz et de pétrol en cas de fuite.
- L'inspection des espaces confinés et obscures.
- La documentation des données de maintenance.

## SÉCURITÉ ET INTERVENTION D'URGENCE

On pourrait aussi employer les drones pour faire de l'intervention et de la maintenance. On note quelques cas d'utilisation.

- Reporter les incidents rapidement et fiablement.
- Surveiller le personnel qui pourrait être en danger sur le site .
- Assister l'intervention humaine lors des réparations.
- Appliquer la peinture sur les réservoir et pipes corrodés.
- Jet des dispersants dans les marées noires dans les océans.

## IDÉE RETENUE



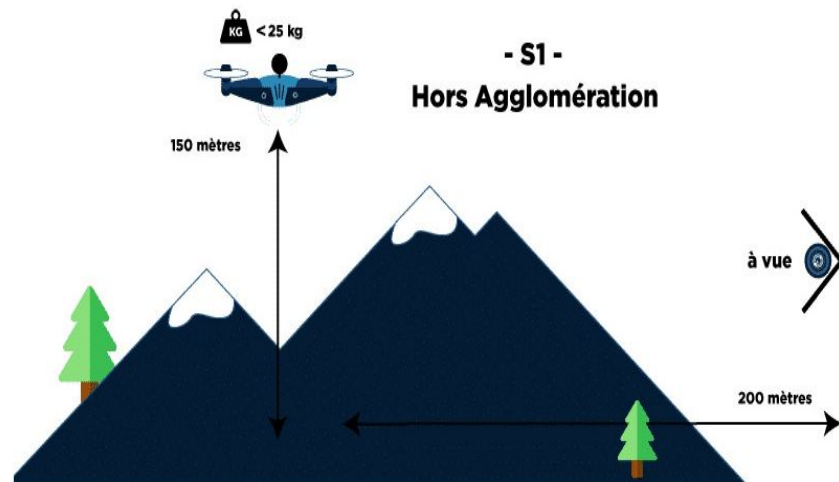
Détecter la corrosion sur les pipes et les réservoirs.

## CADRE LÉGAL POUR L'USAGE DES DRONES

- Scénarios légaux pour drones télépilotés
- Procédure juridique pour le permis
- Comparaison qualitative entre types de drones

# Scénario d'utilisation de drone

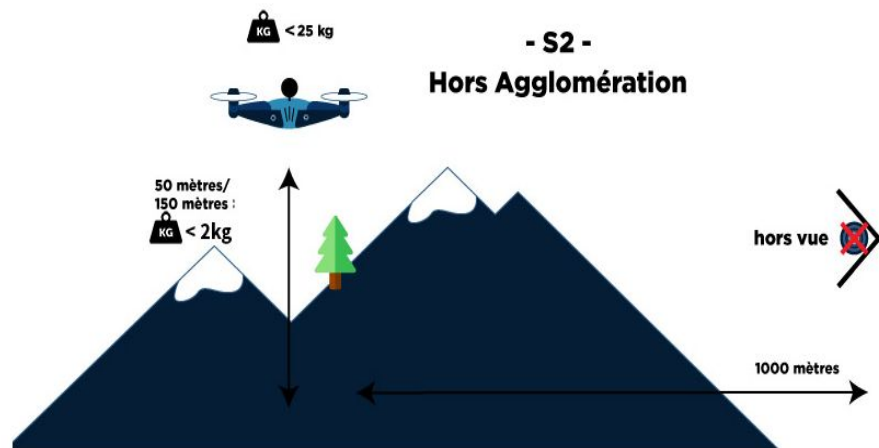
- Le premier scénario :
  - Aucune autorisation
  - hors zone peuplée
  - 200 mètres maximum
  - Le poids du drone ne doit pas dépasser les 25 kg





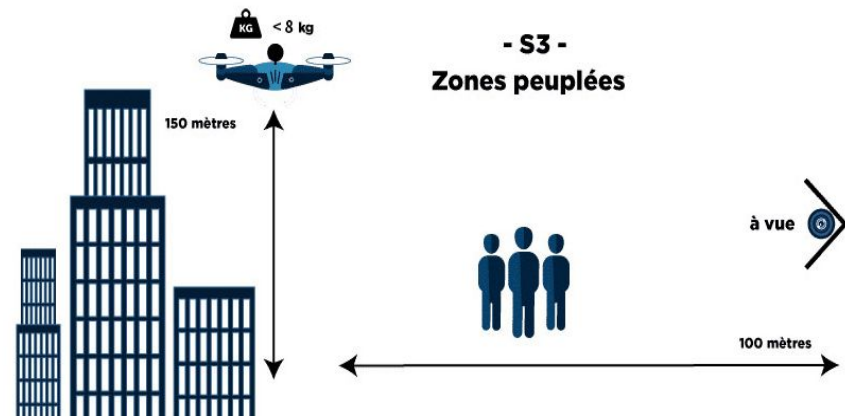
# Scénario d'utilisation de drone

- **Le deuxième scénario :**
  - 50 mètres de hauteur
  - distance horizontale d'1km
  - équipés d'un module coupe-circuit
  - une homologation S2



# Scénario d'utilisation de drone

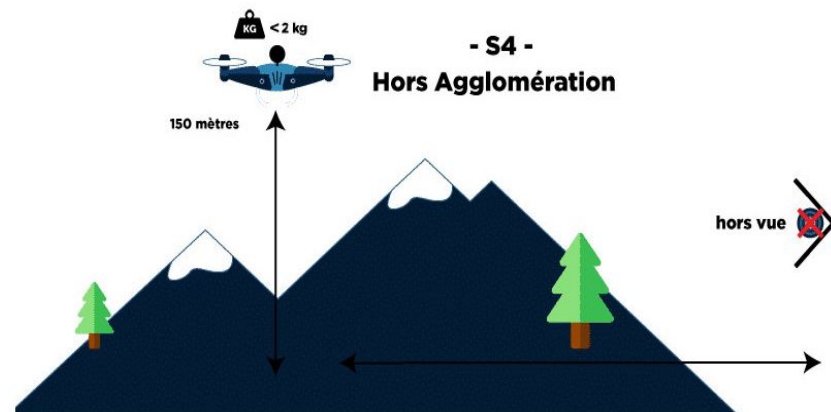
- **Le troisième scénario :**
  - 100 mètres de hauteur
  - distance horizontale de 100 mètres
  - équipés d'un module coupe-circuit
  - en agglomération



# Scénario d'utilisation de drone

- **Le quatrième scénario :**

- 150 mètres de hauteur
- Aucune limite de distance
- Pilotes expérimentés
- Hors agglomération



# Les étapes pour avoir la permission d'utilisation des drones

1. Obtenir un numéro de déclaration d'activité de télépilote de drone
2. Rédiger un MAP (Manuel d'Activité Particulière)
3. Déclarer les vols en zone peuplée et/ou Demander une autorisation de vols en zone restreinte
4. Déclarer un Bilan annuel d'activité
5. Souscrire une assurance responsabilité civile professionnelle pour l'activité particulière drone
6. Utiliser un drone Homologué pour la France.

# Le Manuel d'Activité Particulière (MAP) et législation

Un documents administratif rédigé par l'exploitant responsable de l'activité drone  
la charte d'exploitation d'activité, ce document recense

- le type de drone utilisé,
- leurs conditions d'utilisations,
- les télépilotes habilités et les procédures de vol.

# Drone télépiloté VS Drone autonome: Que choisir?

## Drone télépiloté :

- Facilité de mise en œuvre, peut être utilisé à l'extérieur des sites
- Dépenses de matériel faibles (achat de drone, formations)
- Cadre légal existant

## Drone autonome:

- Temps de réponse très court
- Répétabilité des vols sur l'ensemble de la durée de vie du site.
- Dépenses de ressources humaines faibles (pas de certificat d'aptitude).
- Pas d'erreur humaine liée au télé pilotage.
- Archivage automatique des données captées.
- Connexion possibles à des systèmes d'alarmes existants sur le site

## CAPTEURS ET TECHNOLOGIES DISPONIBLES

- Technologies de détection d'hydrocarbure
- Méthodes de détection de la corrosion

# Technologies de détection d'hydrocarbures

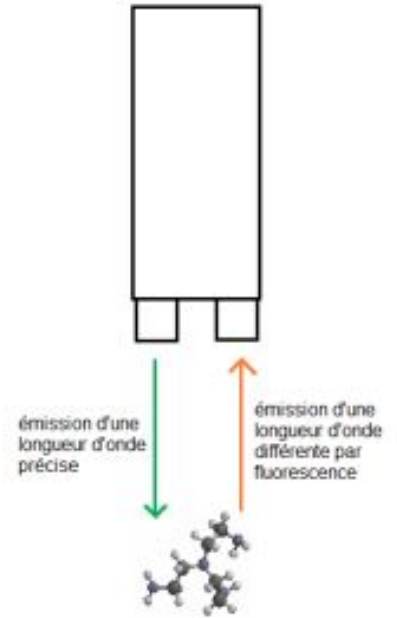
- Composition:
  - Partie alimentation électrique
  - Partie acquisition de l'information
  - Partie relais de l'information ( radio, sonore...)
- Technologies de détection d'hydrocarbure:
  - Détection par membrane polymère
  - Détection par dispositif capacitif
  - Détection par dispositif optique



# Détection par dispositifs optiques

## 1. DISPOSITIFS OPTIQUES IMMERGÉS: FLUORIMÈTRE

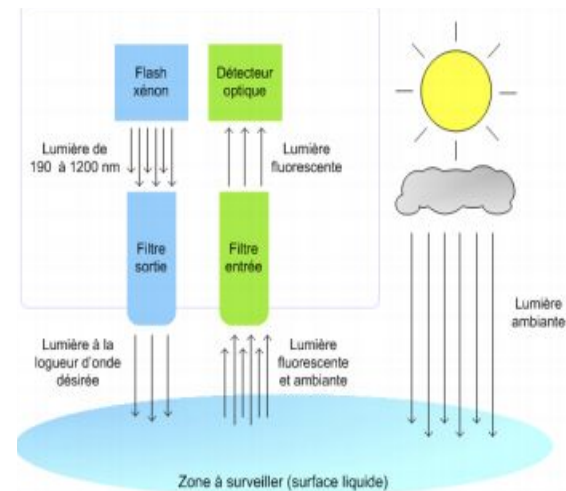
- Utiliser le principe de la fluorescence
- Un fluorimètre moderne utilise une source de lumière pour exciter les molécules puis mesure l'émittance à la longueur d'onde souhaitée.
- L'intensité de la lumière émise fournit la concentration du composé cible.



# Détection par dispositifs optiques

## 2. DISPOSITIFS OPTIQUES SANS CONTACT : ULTRAVIOLET

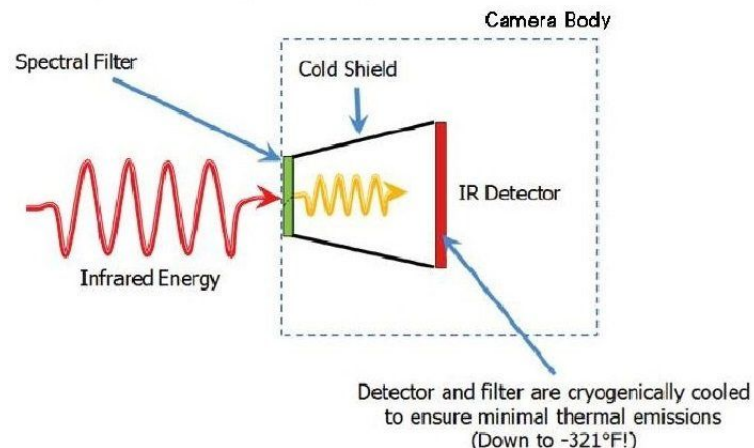
- Utiliser le principe de la fluorescence
- Une source au xénon émet un rayonnement ultraviolet en surface de l'eau.
- Le film d'hydrocarbure présent absorbe cette énergie et émet une onde à une longueur d'onde bien définie caractérisant les hydrocarbures
- Le photo détecteur permet la détection de celle-ci



# Détection par dispositifs optiques

## 3. DISPOSITIFS OPTIQUES SANS CONTACT : INFRAROUGE

- Utilise les propriétés de la réflexion des infrarouges par les hydrocarbures.
- La différence de l'indice de réfraction du film d'hydrocarbure induit un signal de mesure et permet une détection sans contact.
- Ce type de détecteur est utilisé dans le cadre d'applications portuaires.



# Exemples

- **Détecteur d'hydrocarbures optique sans contact:  
LDI ROW**
  - Capteur autonome, très précis, facile à installer et à entretenir.
  - Permet de détecter la présence d'hydrocarbure à la surface de l'eau.
  - Permet d'assurer une détection très rapide des films d'huiles ou d'hydrocarbure



# Exemples

- **Détecter les fuites de gaz depuis les airs: La FLIR G300**
  - Une caméra d'imagerie optique des gaz (OGI)
  - Permet de surveiller les installations de sites éloignés ou dangereux afin de détecter les fuites de gaz.
  - Les caméras OGI sont utilisées dans les environnements industriels.



# Détection de la corrosion

# Méthodes de détection de la corrosion

Les méthodes d'imagerie simples et rapides avec

- Caméra RGB
- Caméra hyperspectrale
- Caméra multispectrale

sont facilement applicables avec des drones mais sont limitées à l'analyse de la surface des échantillons, et ne peuvent donc pas être appliquées à la détection de la corrosion sous les peintures ou à l'intérieur des structures.

# Caméra RGB

- Les images sont formées en enregistrant l'intensité des radiations dans trois bandes qui se chevauchent ( rouge [575 nm,650 nm], verte [475 nm,600 nm]et bleue [400 nm,525 nm]).
- La pratique la plus courante pour obtenir des images dans ces trois bandes simultanément consiste à recouvrir le capteur d'imagerie d'un filtre Bayer.

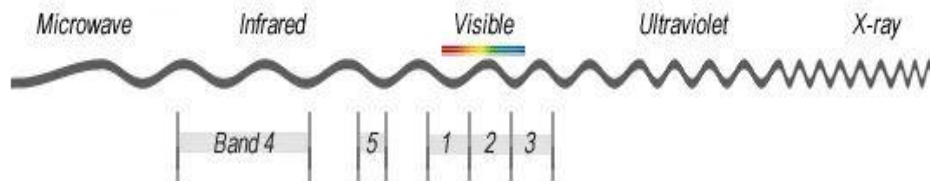


# Caméra multispectrale

- souvent combinée avec l'imagerie couleur pour enregistrer des images dans la région du proche infrarouge ou dans des bandes de longueurs d'onde plus étroites.
- Par rapport à l'imagerie couleur, une plus grande variété de capteurs d'imagerie peut être utilisée pour l'imagerie multispectrale en fonction des exigences de taille, de coût, de bandes spectrales couvertes et de fréquence d'images, tandis que la gamme de longueurs d'onde couvertes peut s'étendre d'environ 300 nm à 1100 nm.

# Caméra multispectrale

- L'imagerie multispectrale se réfère généralement de 3 à 10 bandes qui sont représentées en pixels. Chaque bande est acquise à l'aide d'un radiomètre de télédétection.



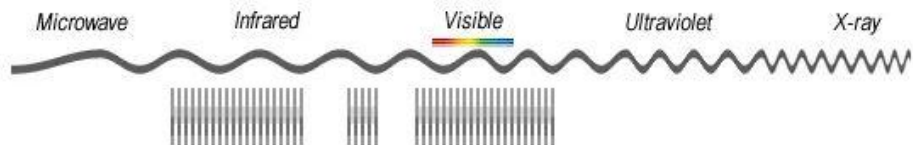
**Multispectral Example: 5 wide bands** (Image not drawn to scale)

# Caméra hyperspectrale

- Réalisée en montant un filtre passe-bande étroit et accordable devant une caméra monochrome et en prenant plusieurs photos du même échantillon en répétition rapide, tout en ajustant la longueur d'onde du filtre entre les images.
- La quantité de données enregistrées est généralement beaucoup plus importante qu'avec l'imagerie multispectrale couleur, car le nombre de bandes spectrales couvertes par une image hyperspectrale est plus élevé.

# Caméra hyperspectrale

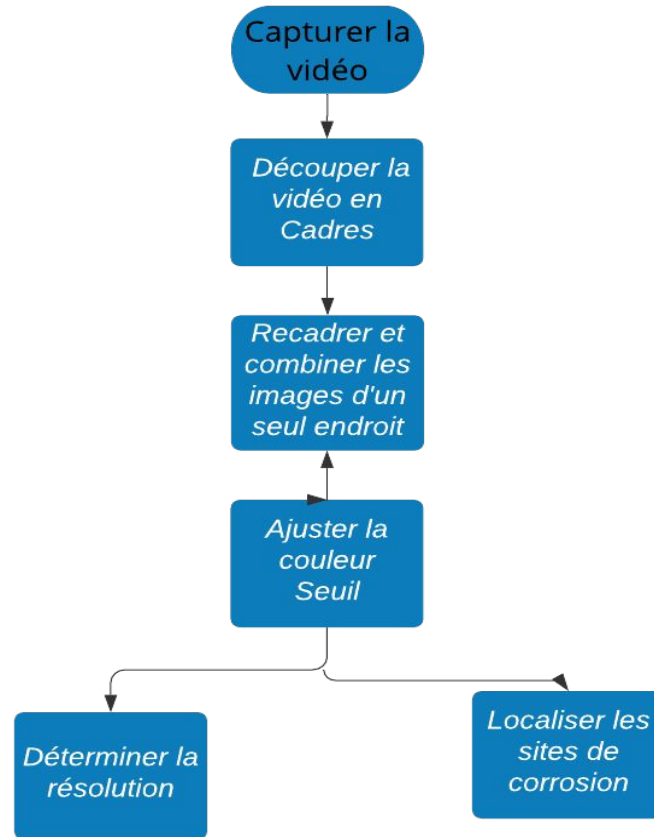
L'imagerie hyperspectrale est constituée de bandes beaucoup plus étroites (10-20 nm). Une image hyperspectrale pourrait avoir des centaines de milliers de bandes. On utilise pour cela un spectromètre imageur.



**Hyperspectral Example: Imagine hundreds of narrow bands** (Image not drawn to scale)

# Estimation des coûts

- Le marché de l'imagerie hyperspectrale et multispectrale est à une étape charnière de sa progression.
- Grâce aux avancées technologiques, il est désormais possible de fabriquer des caméras à des coûts moindres (inférieur à 10,000) et suffisamment compactes pour être intégrées dans des drones ou sur des lignes de productions.
- Le prix d'une caméra RGB varie entre 50 et 5000 euros



## SOLUTIONS LOGICIELLES DÉVELOPPÉES

- Étude du problème
- Conception et code
- Évaluation des résultats

# Demo (Algorithme de Détection de corrosion)

On doit choisir un algorithme qui permet de respecter les contraintes suivantes :

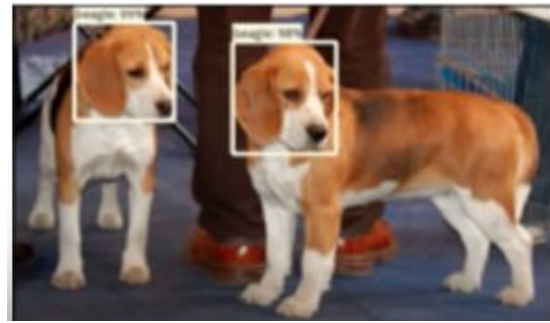
- Faire la détection et segmentation sémantique
- Données sous forme d'images RGB
- Adaptable à la taille de jeux de données (limitée)
- Bonne performance



# Instance Segmentation :

Deux sous-problèmes :

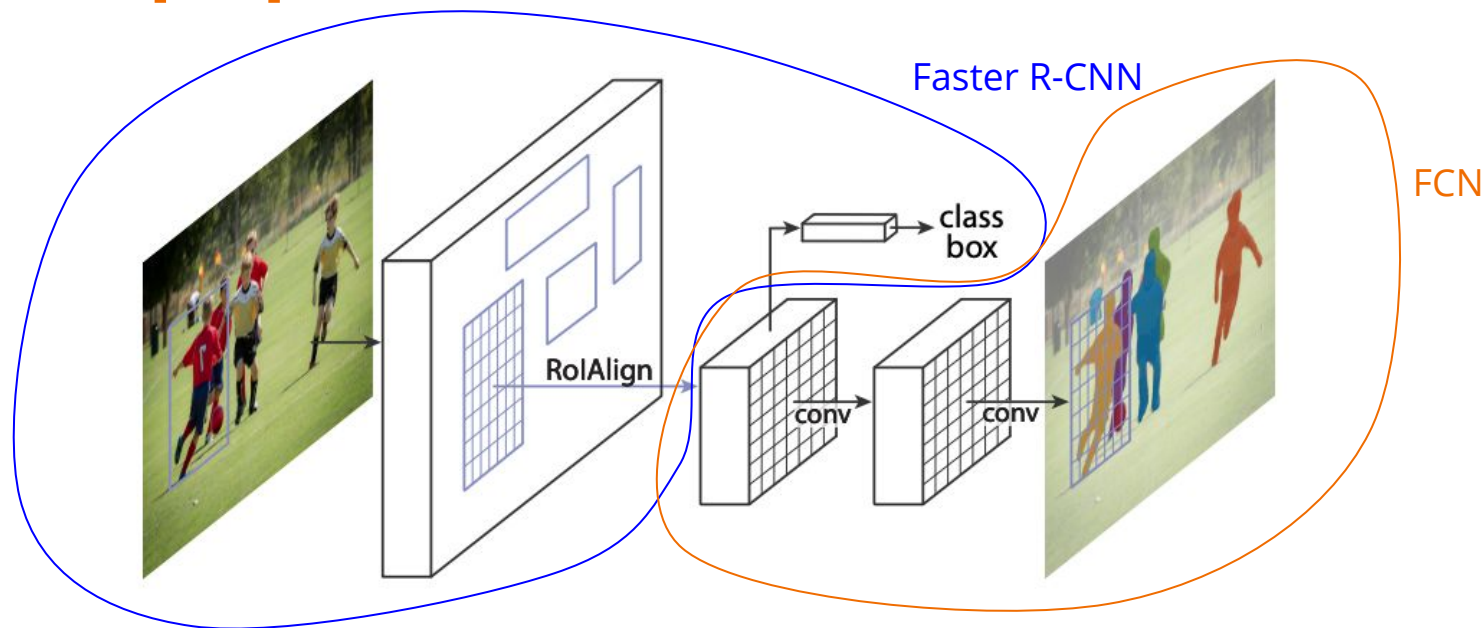
1. Détection d'objets



2. Segmentation sémantique



# Solution proposée : Mask R-CNN

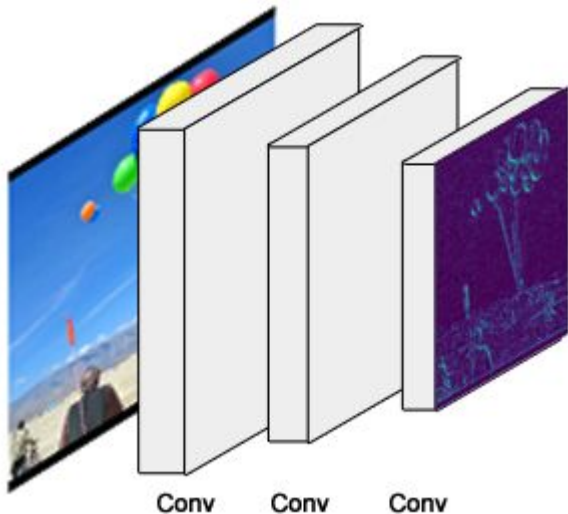


“Mask R-CNN outperforms all existing, single-model entries on every task, including the COCO 2016 challenge winners.”

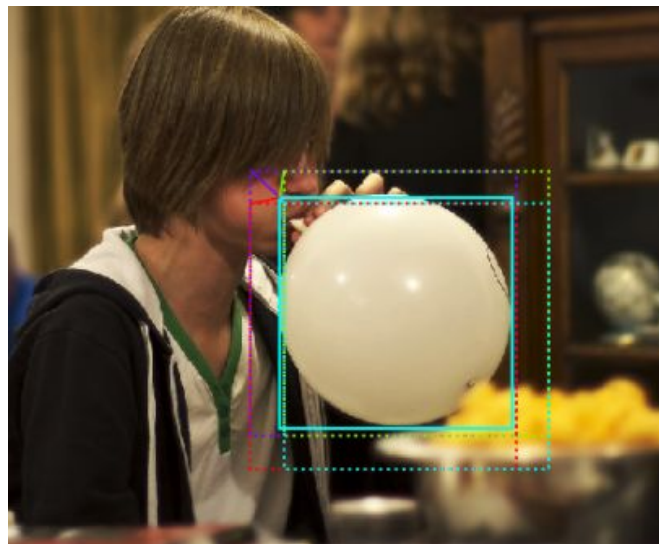
Article : <https://arxiv.org/pdf/1703.06870v3.pdf>

# Mask R-CNN

## 1. Backbone :



## 2. Region Proposal Network :

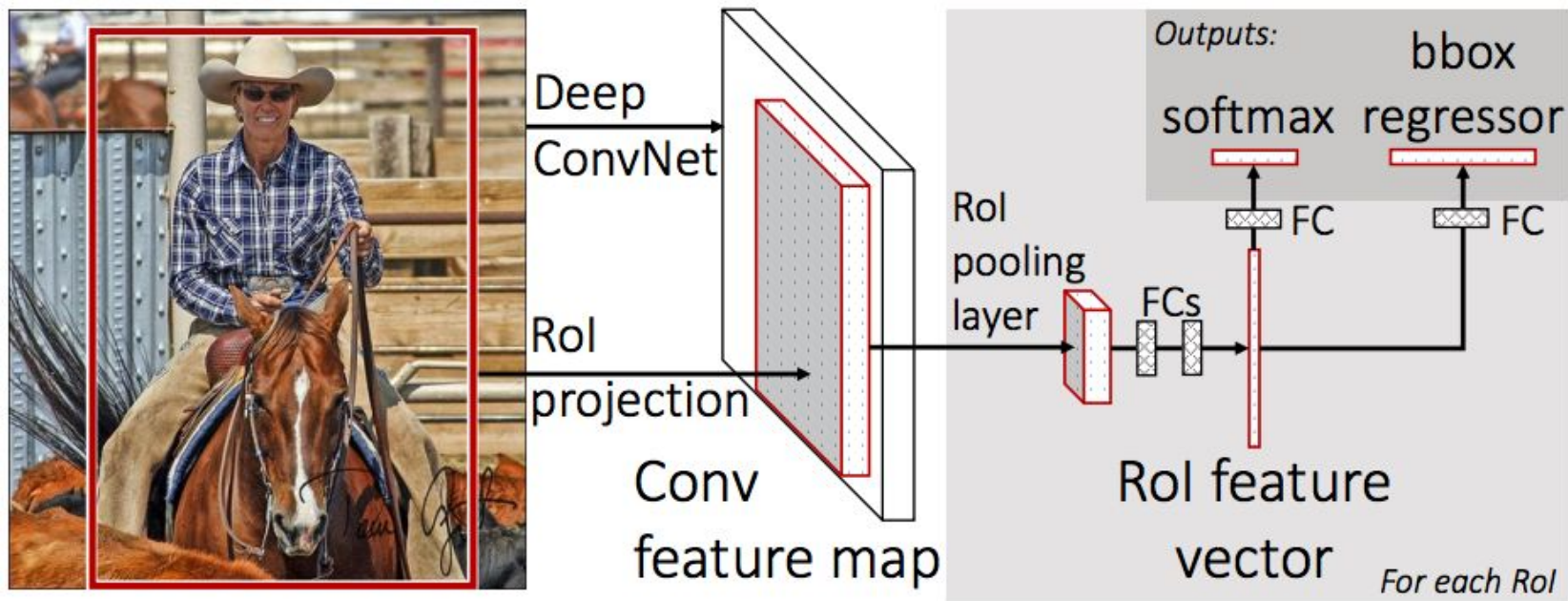


Source :

<https://engineering.matterport.com/splash-of-color-instance-segmentation-with-mask-r-cnn-and-tensorflow-7c761e238b46>

# Mask R-CNN

## 3. ROI Classifier

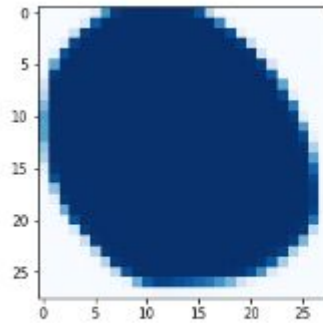


Source :

<https://engineering.matterport.com/splash-of-color-instance-segmentation-with-mask-r-cnn-and-tensorflow-7c761e238b46>

# Mask R-CNN

## 4. Segmentation Masks



**28x28 Soft Mask**



**Resized Binary Mask**

Source :

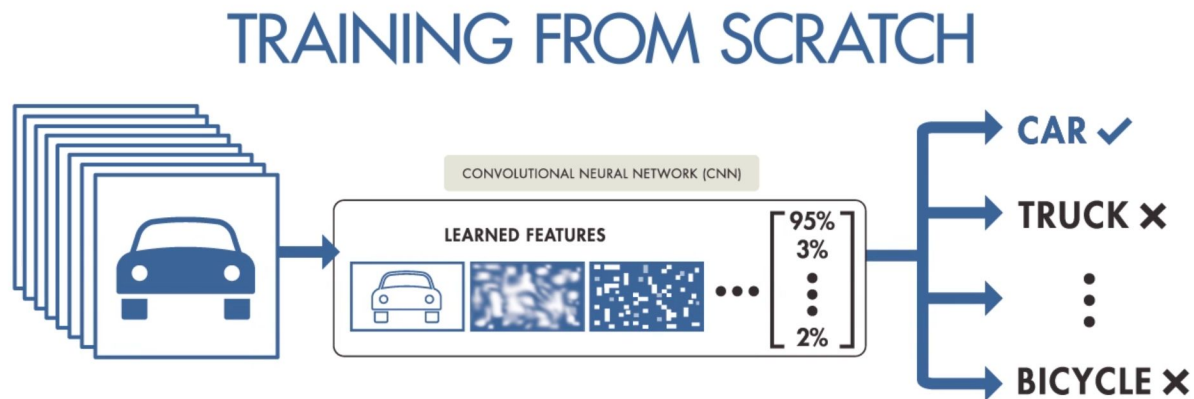
<https://engineering.matterport.com/splash-of-color-instance-segmentation-with-mask-r-cnn-and-tensorflow-7c761e238b46>

# Demo (Algorithme de Détection de corrosion)

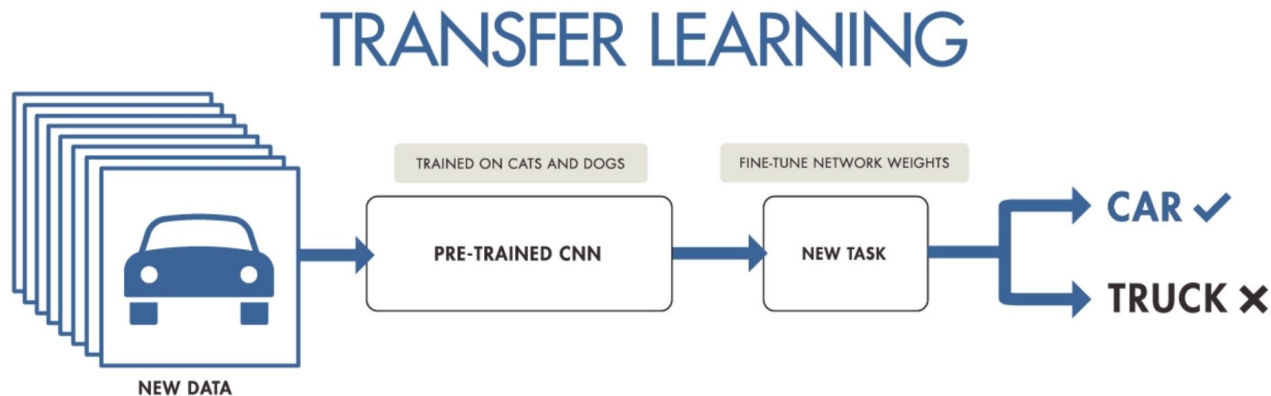
On doit choisir un algorithme qui permet de respecter les contraintes suivantes :

- Faire la détection et segmentation sémantique ✓
- Données sous forme d'images RGB ✓
- Adaptable à la taille de jeux de données (limitée) ⇐
- Bonne performance

# Transfer learning vs. Training from scratch

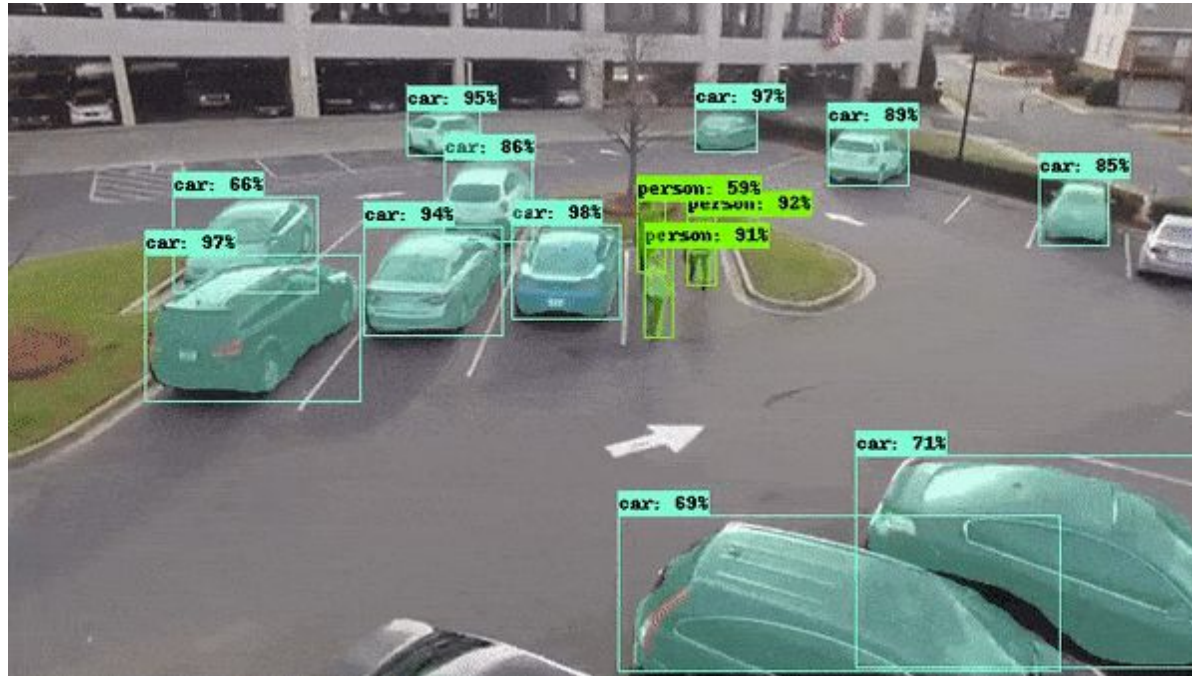


# Transfer learning vs. Training from scratch



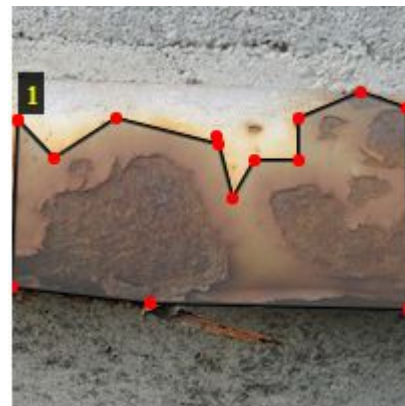


# Mask-RCNN model trained on the COCO dataset



# Jeu de données

- Pas de jeux de données spécialisés accessibles librement.
- Plusieurs articles décrivant des méthodes de détection visuelle de la corrosion (SVM, réseaux de neurones) ont utilisé leurs propres données annotées:
  - W.Nash, T. Drummond, N. Birbilis, *Quantity beats quality for semantic segmentation of corrosion in images*
  - B.T. Bastian, N. Jaspreeth, S.K. Ranjith, C.V. Jiji, *Visual inspection and characterization of external corrosion in pipelines using deep neural networks*
- On a créé notre propre dataset (taille limitée: 23), et on a utilisé l'outil VGG Image Annotator pour la labellisation des zones de corrosion sur les données d'entraînement.



# Data augmentation

- La "*Data Augmentation*" permet d'accroître la diversité des données d'entraînement sans collecter de nouvelles données, en utilisant le rognage, le padding, les rotations...
- Pour le projet: Une "*Data Augmentation*" simple, rotation des images de plusieurs angles (0, 90, 180, 270)

# Étapes

```
def train(model):  
    """Train the model."""  
    # Training dataset.  
    dataset_train = CustomDataset()  
    dataset_train.load_custom(args.dataset, "train")  
    dataset_train.prepare()  
  
    # Validation dataset  
    dataset_val = CustomDataset()  
    dataset_val.load_custom(args.dataset, "val")  
    dataset_val.prepare()  
  
    # Training on 'heads' part of the network  
    print("Training network heads")  
    model.train(dataset_train, dataset_val,  
                learning_rate=config.LEARNING_RATE,  
                epochs=10,  
                layers='heads')
```

```

def test(model, dataset_dir=None):
    # Read the annotations
    dir_ = os.path.join(dataset_dir, "test")
    annotations1 = json.load(open(os.path.join(dir_, "via_region_data.json")))
    annotations = list(annotations1.values())
    annotations = [a for a in annotations if a['regions']]
    scores = []

    # Test all images in the 'test' dataset and calculate scores
    for a in annotations:
        # Loading polygons from the annotations (ground truth)
        polygons = [r['shape_attributes'] for r in a['regions'].values()]
        print("Running on {}".format(a['filename']))
        image = skimage.io.imread(os.path.join(dir_, a['filename']))
        # Run image through model
        r = model.detect([image], verbose=0)[0]
        # Calculate score
        scores.append(calculate_score(r['masks'], polygons))

```

```

print(scores[-1])
# Apply mask n image
splash = color_splash(image, r['masks'])

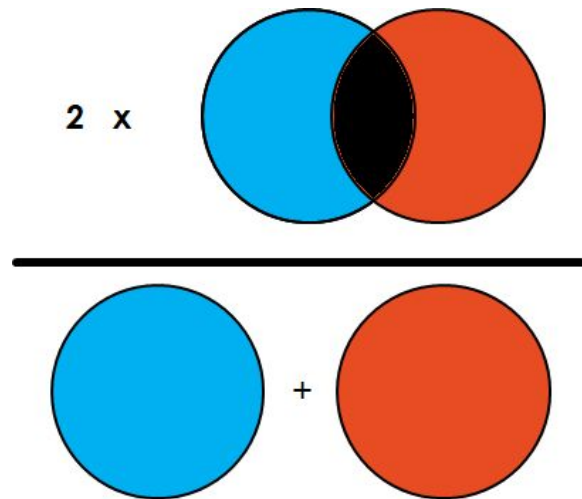
# draw polygons on image: splash
for poly in polygons:
    pts = [[x,y] for x,y in zip(poly['all_points_x'], poly['all_points_y'])]
    pts = np.array(pts)
    pts = pts.reshape((-1,1,2))
    cv2.polylines(splash,[pts],True,(0,255,255))

# Save output
file_name = "splash_%s.png" % (a['filename'])
skimage.io.imsave(file_name, splash)
print("Saved to ", file_name)
print("Average score", np.mean(scores))

```

# Evaluation des résultats

- Plusieurs scores peuvent être utilisés (F1-Score, Intersection over Union) pour la segmentation sémantique
- On a utilisé le F1-score (coefficient de Dice), compris entre 0 et 1. Il s'agit de 2 fois l'intersection, sur la somme des pixels des deux images.



```

def calculate_score(mask, polygons):
    # collapse all detected regions into one dimension
    mask1 = np.sum(mask, -1, keepdims=True) >= 1
    if mask1.shape[0] == 0:
        return 0

    # preparing the ground truth mask
    mask2 = np.zeros(mask.shape[:2], np.uint32)
    for poly in polygons:
        rr, cc = polygon(poly['all_points_y'], poly['all_points_x'], mask.shape[:2])
        mask2[rr, cc] = 1
    mask1 = mask1.reshape(mask1.shape[:2])
    mask2 = mask2.reshape(mask2.shape[:2])

    # calculating sum and intersection of the two masks
    sum_ = (mask1 + mask2)
    inter = (mask1 + mask2) == 2

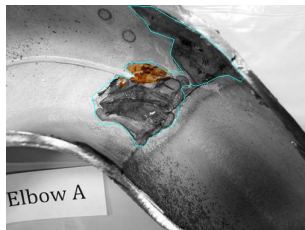
    # calculating the score
    return 2 * np.sum(inter) / np.sum(sum_)

```

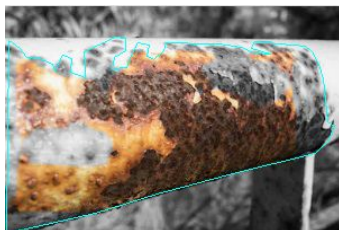


# Résultats

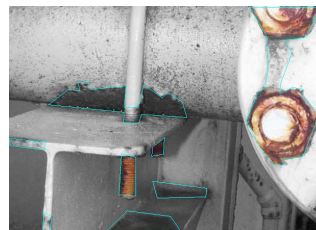
**Sans Data Augmentation:** F1-Score moyen: 0.560



F1-score = 0.144

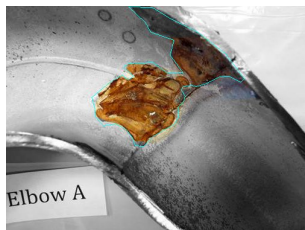


F1-score = 0.792



F1-score = 0.625

**Avec Data Augmentation:** F1-Score moyen: 0.595



F1-score = 0.805



F1-score = 0.922



F1-score = 0.580



# Pistes d'améliorations

- Un jeu de données plus large.
- Explorer d'autres méthodes d'apprentissage / modèles d'apprentissage.
- Détecter la corrosion en plusieurs niveaux.

# Conclusion

- Les drones autonomes assurent une meilleure sécurité dans les tâches d'inspection
- La qualité de l'inspection autonome, en l'occurrence la détection de corrosion, peut être améliorée.
- Travail en groupe sur une problématique nouvelle sous des angles différents (aspect technique, cadre réglementaire...)
- Application de nos connaissances en vision par ordinateur sur un cas d'utilisation réel.

# Références

- [https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/DRA-16-156884-07365A-fiche%20BADORIS%20d%C3%A9tecteur%20HC%20liquide%20vfinale.pdf?fbclid=IwAR3\\_6s2kMOFtKPHOfG2X\\_o7hogmUQMzdIRXKZiTBEOLSnkZoiPjI ZEPIE8](https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/DRA-16-156884-07365A-fiche%20BADORIS%20d%C3%A9tecteur%20HC%20liquide%20vfinale.pdf?fbclid=IwAR3_6s2kMOFtKPHOfG2X_o7hogmUQMzdIRXKZiTBEOLSnkZoiPjI ZEPIE8)
- <https://www.flir.fr/discover/instruments/gas-detection/al-hosn-shah-plant/?fbclid=IwAR3am7qs kznkOWqmsJK2w70VBkOe36DstQTjl28NQw57ARIMZQs3IM5Aokg>
- <http://www.cometec.fr/mesure-hydrocarbure-detecteur-hydrocarbure-sans-contact/>
- <https://www.flyingeye.fr/formation-drone/scenario-de-vol/>
- <https://format-drone.com/reglementation-drone/reglementation-et-scenario-de-vol-drone/>