

Suivi de passagers de bus par apprentissage profond

Claire Labit-Bonis - LAAS-CNRS // ACTIA Automotive - clabitbo@laas.fr

Jérôme Thomas - ACTIA Automotive - jerome.thomas@actia.fr

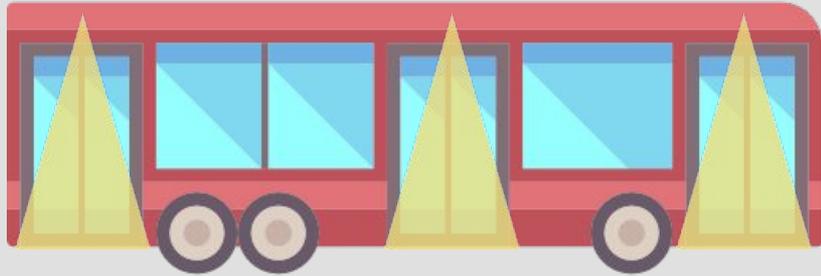
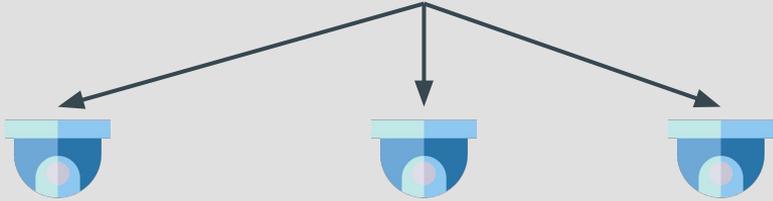
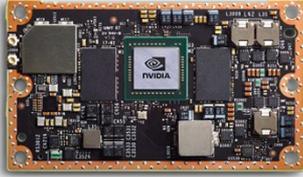
Frédéric Lerasle - LAAS-CNRS // Université de Toulouse UPS - lerasle@laas.fr

Francisco Madrigal - LAAS-CNRS - jfmadrig@laas.fr

RFIAP - 26 juin 2018



Contexte



Etat de l'art dans ce contexte applicatif

Plusieurs systèmes possibles :

- validateurs électroniques de tickets ;
- capteurs dans le plancher ;
- détection individualisée aux portes.

Etat de l'art dans ce contexte applicatif

- [1] J. He et A. Arora, A regression-based radar-mote system for people counting, PerCom, 2014.
- [2] M. Rauter, Reliable human detection and tracking in top-view depth images, CVPRW, 2013.
- [3] Z. Chen et al., SVM based people counting method in the corridor scene using single-layer laser scanner, ITSC, 2016.

Plusieurs systèmes possibles :

- validateurs électroniques de tickets ;
- capteurs dans le plancher ;
- détection individualisée aux portes.

Parmi la **détection individualisée**, différents capteurs : radar [1], caméra active [2], scanner laser [3], caméra classique.

Etat de l'art dans ce contexte applicatif

- [1] J. He et A. Arora, A regression-based radar-mote system for people counting, PerCom, 2014.
- [2] M. Rauter, Reliable human detection and tracking in top-view depth images, CVPRW, 2013.
- [3] Z. Chen et al., SVM based people counting method in the corridor scene using single-layer laser scanner, ITSC, 2016.
- [4] M.K. Kocamaz et al., Vision-based counting of pedestrians and cyclists, WACV, 2016.
- [5] Z. Yu et al., Pedestrian counting based on spatial and temporal analysis, ICIP, 2014.
- [6] B. Benfold et I. Reid, Stable multi-target tracking in real-time surveillance video, CVPR, 2011.

Plusieurs systèmes possibles :

- validateurs électroniques de tickets ;
- capteurs dans le plancher ;
- détection individualisée aux portes.

Parmi la **détection individualisée**, différents capteurs : radar [1], caméra active [2], scanner laser [3], caméra classique.

Parmi les approches **caméra classique**, on trouve :

- des cascades de classifieurs Integral Channel Features [4] ;
- des opérateurs morphologiques [5] ;
- des histogrammes de gradient orientés [6].

Etat de l'art dans ce contexte applicatif

- [1] J. He et A. Arora, A regression-based radar-mote system for people counting, PerCom, 2014.
- [2] M. Rauter, Reliable human detection and tracking in top-view depth images, CVPRW, 2013.
- [3] Z. Chen et al., SVM based people counting method in the corridor scene using single-layer laser scanner, ITSC, 2016.
- [4] M.K. Kocamaz et al., Vision-based counting of pedestrians and cyclists, WACV, 2016.
- [5] Z. Yu et al., Pedestrian counting based on spatial and temporal analysis, ICIP, 2014.
- [6] B. Benfold et I. Reid, Stable multi-target tracking in real-time surveillance video, CVPR, 2011.
- [7] C. Gao et al., People counting based on head detection combining Adaboost and CNN in crowded surveillance environment, Neurocomputing, 2016.

Plusieurs systèmes possibles :

- validateurs électroniques de tickets ;
- capteurs dans le plancher ;
- détection individualisée aux portes.

Parmi la **détection individualisée**, différents capteurs : radar [1], caméra active [2], scanner laser [3], caméra classique.

Parmi les approches **caméra classique**, on trouve :

- des cascades de classifieurs Integral Channel Features [4] ;
- des opérateurs morphologiques [5] ;
- des histogrammes de gradient orientés [6].

Peu de méthodes par apprentissage profond, pourtant démonstration de bonnes performances de détection [7].

Verrous

- Variabilité des cibles (tenue vestimentaire, morphologie)
- Encombrement de la scène (heure de pointe)



- Contrainte de traitement à temps différé

01

03

FLUX VIDÉO

DÉTECTION PASSAGERS

SUIVI DES CIBLES

COMPTAGE

02

04

01

03

FLUX VIDÉO

DÉTECTION PASSAGERS

SUIVI DES CIBLES

COMPTAGE



02

04

01



03

FLUX VIDÉO

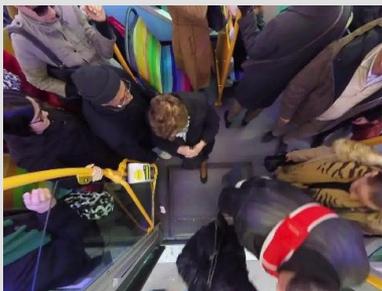
DÉTECTION PASSAGERS

SUIVI DES CIBLES

COMPTAGE

02

04



01



03

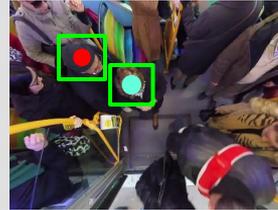
FLUX VIDÉO

DÉTECTION PASSAGERS

SUIVI DES CIBLES

COMPTAGE

02



t_0

04

01



03

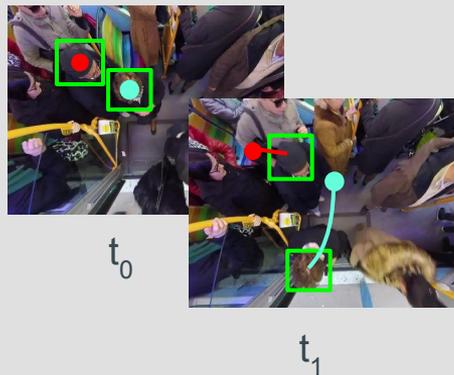
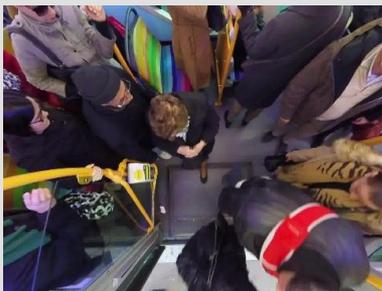
FLUX VIDÉO

DÉTECTION PASSAGERS

SUIVI DES CIBLES

COMPTAGE

02



04

01



03

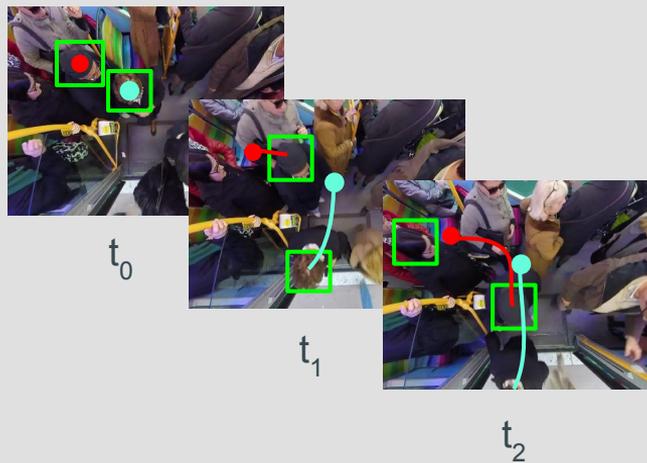
FLUX VIDÉO

DÉTECTION PASSAGERS

SUIVI DES CIBLES

COMPTAGE

02



04

01



03

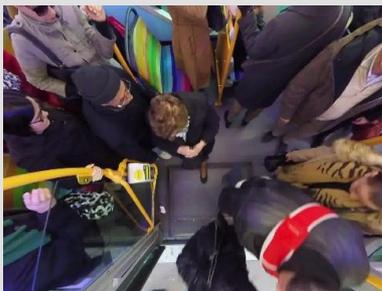
$$t_0 \rightarrow t_2 = -1$$

FLUX VIDÉO

DÉTECTION PASSAGERS

SUIVI DES CIBLES

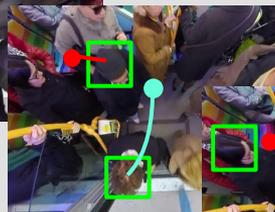
COMPTAGE



02



t_0



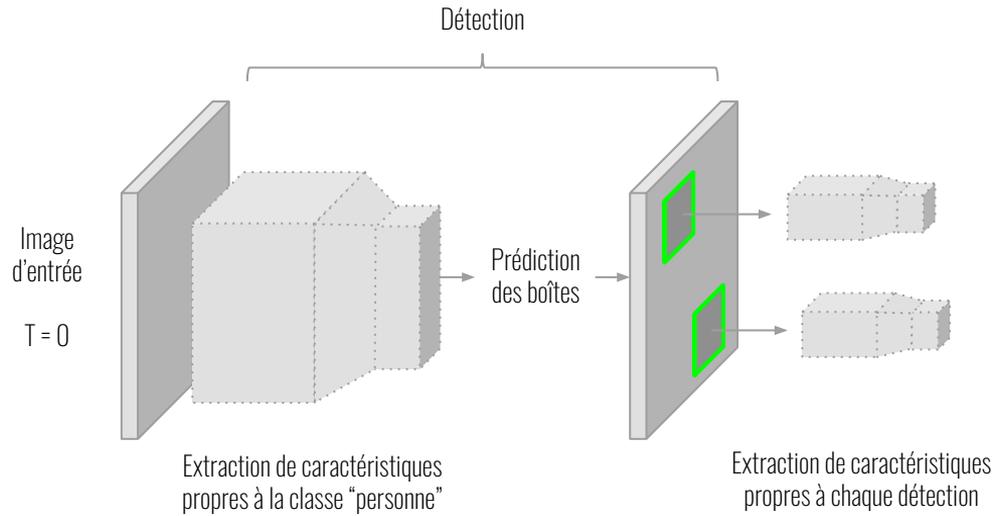
t_1



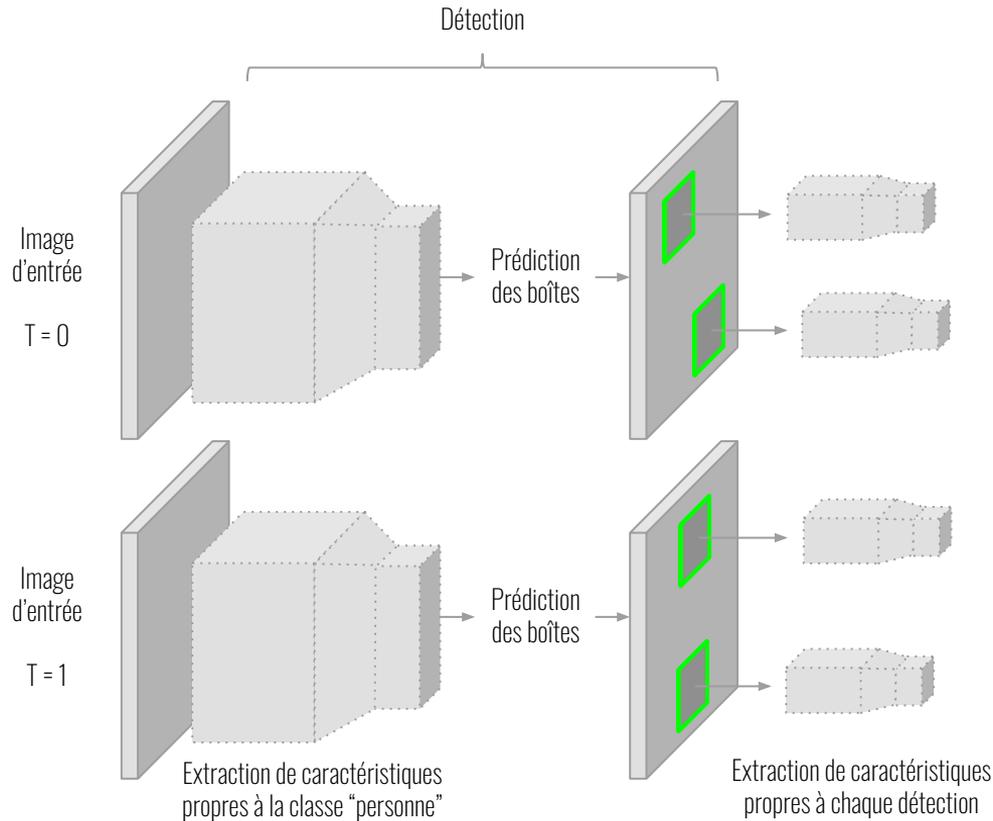
t_2

04

Couplage détecteur-traqueur

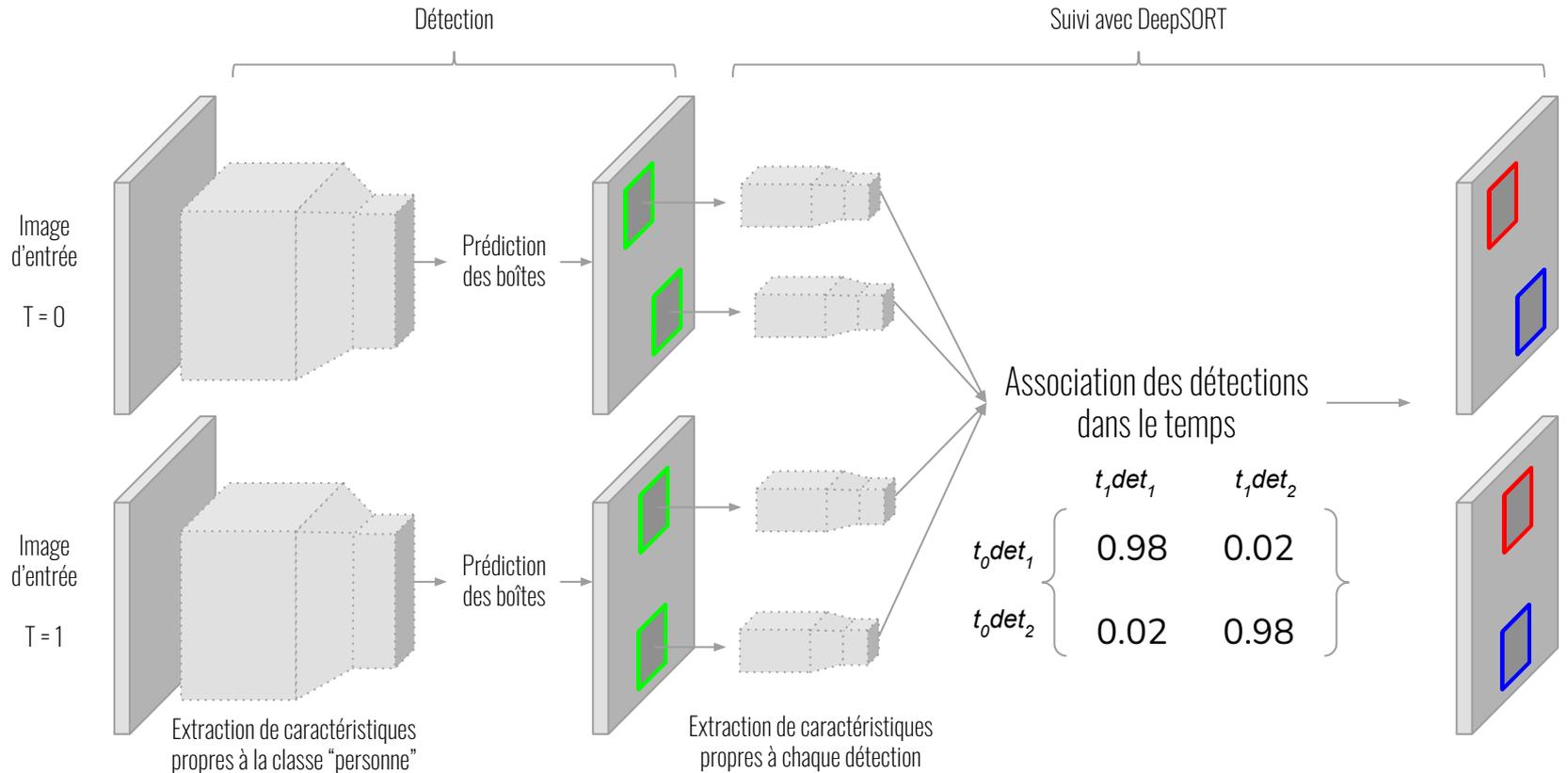


Couplage détecteur-traqueur



Couplage détecteur-traqueur DeepSORT [8]

[8] N. Wojke et al., Simple Online and Realtime Tracking with deep association metrics, ICIIP, 2017.



Mise en oeuvre

Apprentissages et évaluations présentées



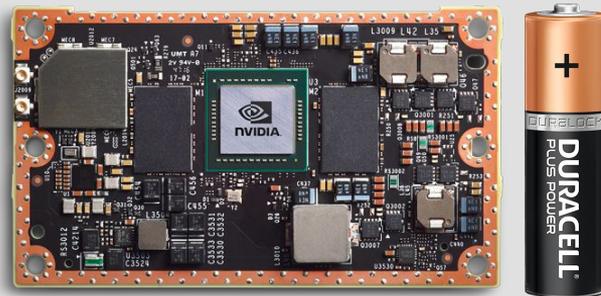
+

Intel Xeon E5-1620 / 3.5 GHz

+

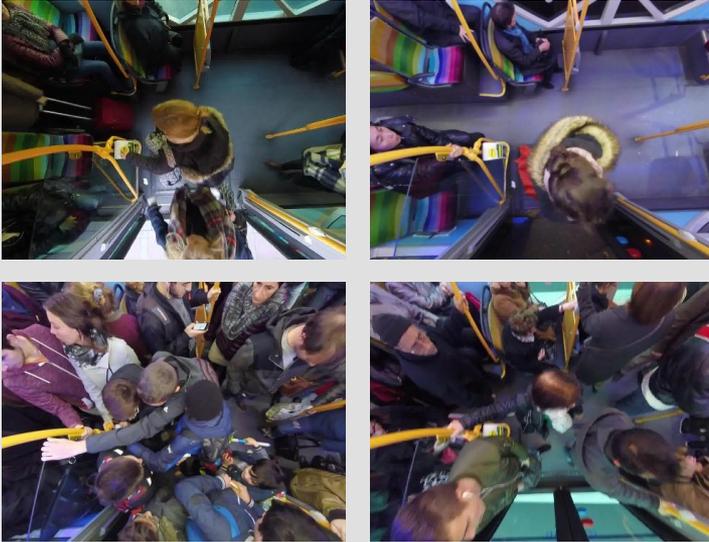
16Go RAM

Perspective embarquée



10x moins puissante que la Titan Xp

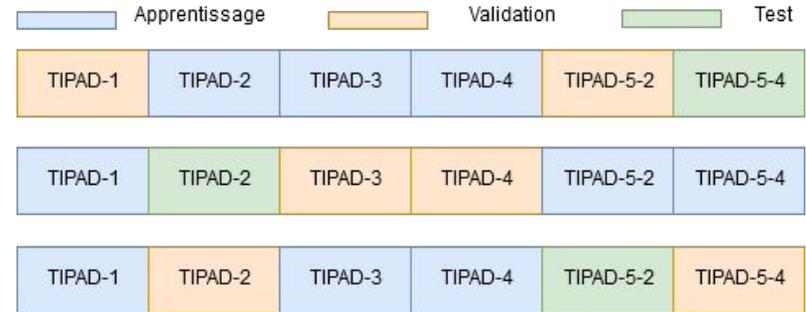
Dataset *in situ* en vue zénithale



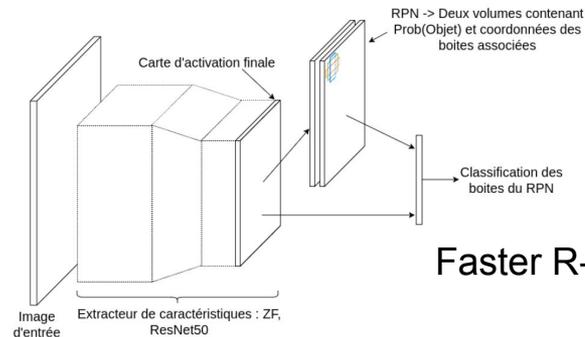
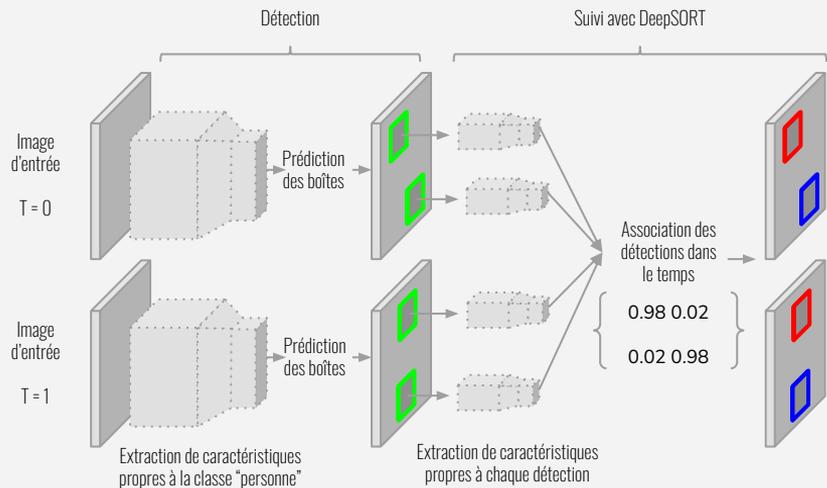
Exemples

Nom	Images	Traject. \neq	Labels
tipad_1	9,751	45	10,017
tipad_2	15,382	47	15,724
tipad_3	18,427	76	16,773
tipad_4	29,889	96	33,947
tipad_5_2	20,353	86	66,030
tipad_5_4	11,576	38	14,580

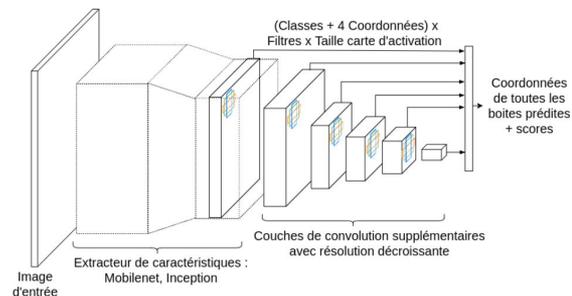
TABLE 1 – Détails du dataset TIPAD



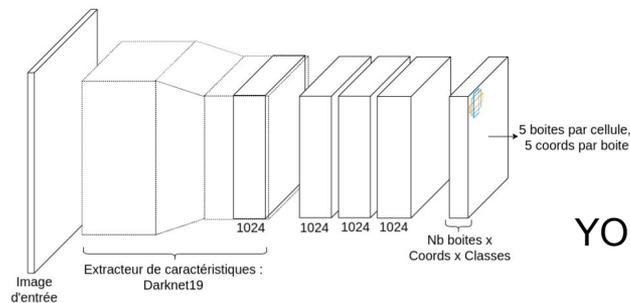
Comparaison de 3 détecteurs *deep learning*...



Faster R-CNN (2015)

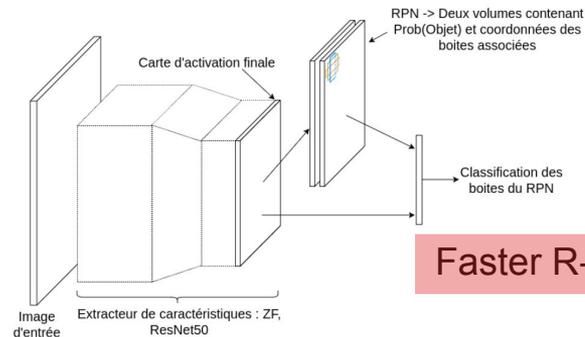
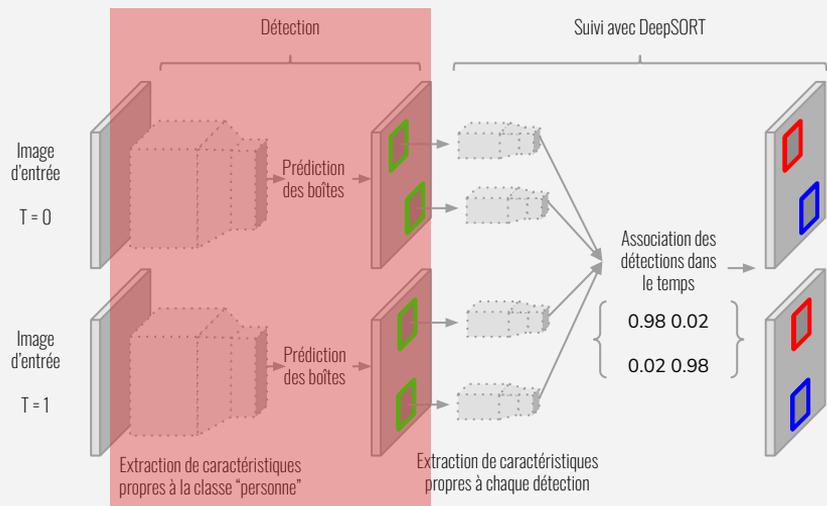


SSD (2015)

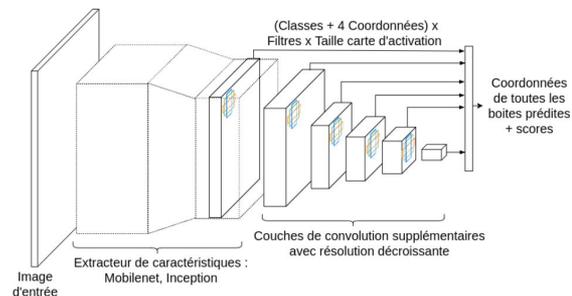


YOLO (2016)

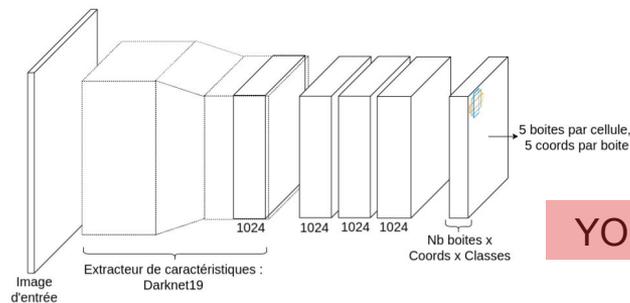
Comparaison de 3 détecteurs *deep learning*...



Faster R-CNN (2015)

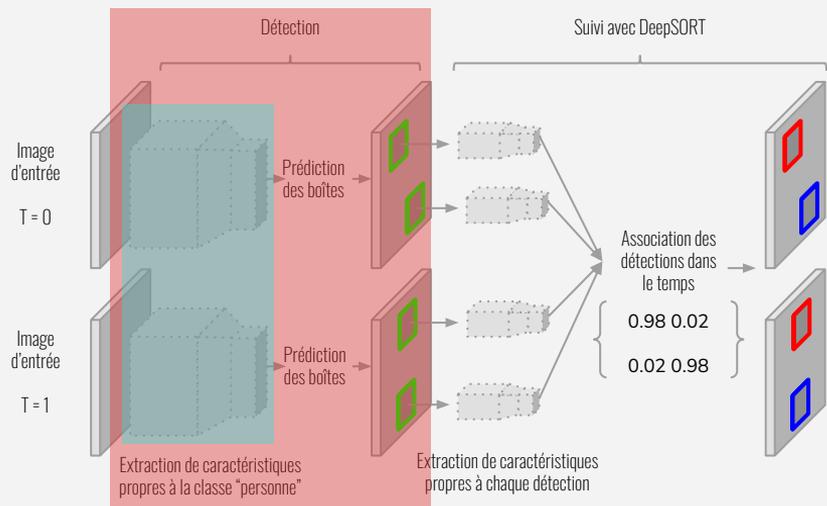


SSD (2015)

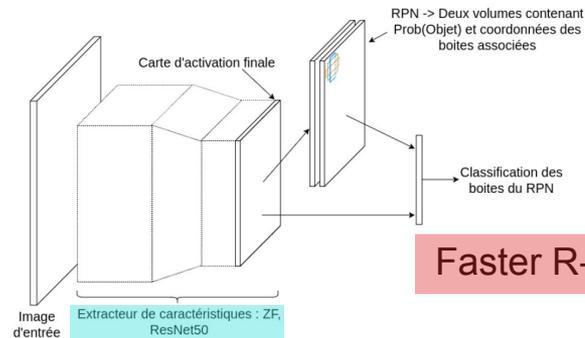


YOLO (2016)

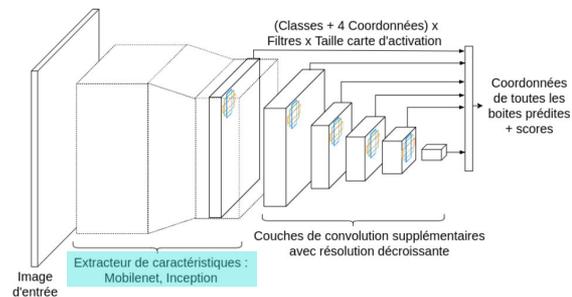
Comparaison de 3 détecteurs *deep learning*...



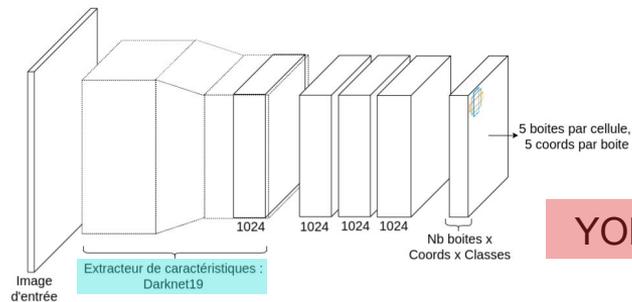
...couplés à différents extracteurs de caractéristiques



Faster R-CNN (2015)

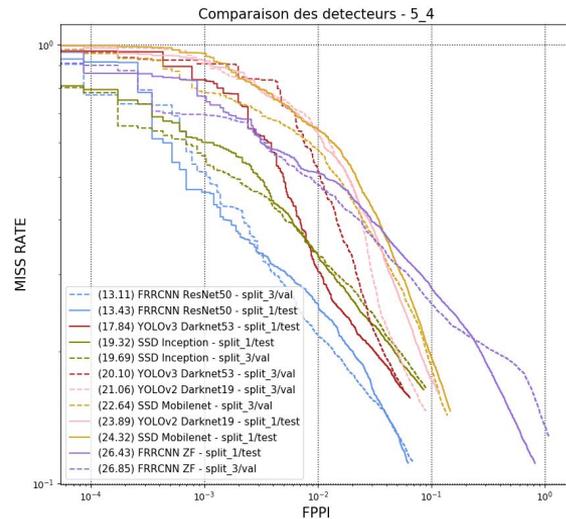
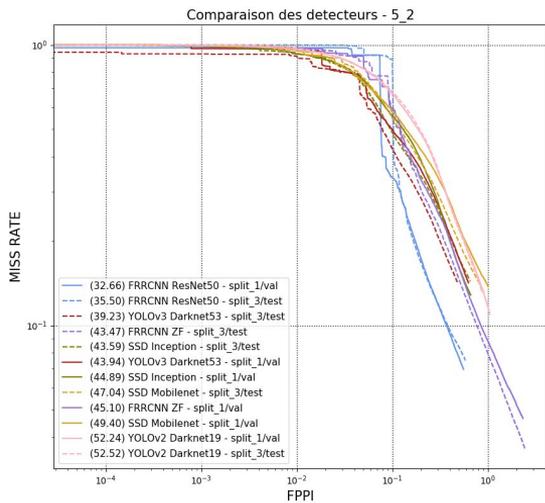
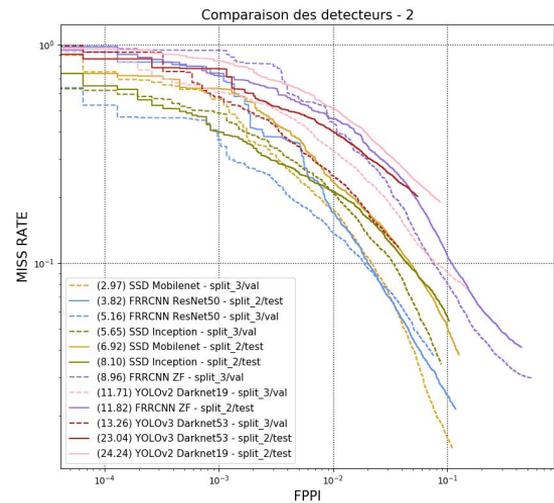


SSD (2015)



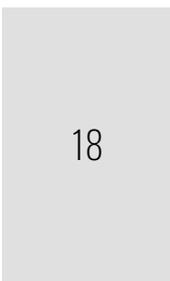
YOLO (2016)

Evaluations



- Détecteurs générant peu de fausses alarmes (max 1.5 FPPI à heure de pointe)
- Scénario heure de pointe plus difficile
- Mêmes tendances selon les plis

FRCNN + Resnet



YOLO + Darknet53



SSD + Inception



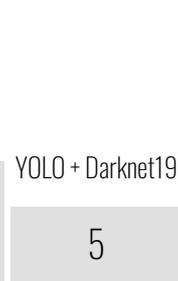
SSD + Mobilenet



FRCNN + ZF

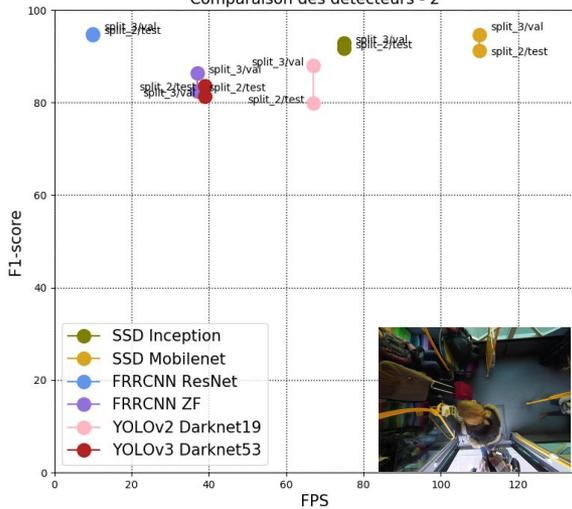


YOLO + Darknet19

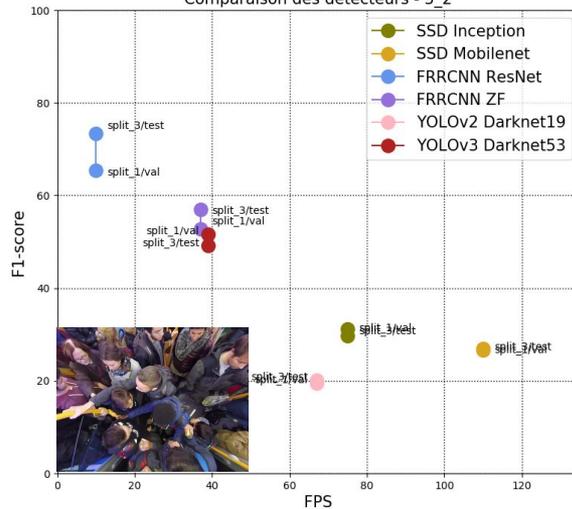


Evaluation des détecteurs

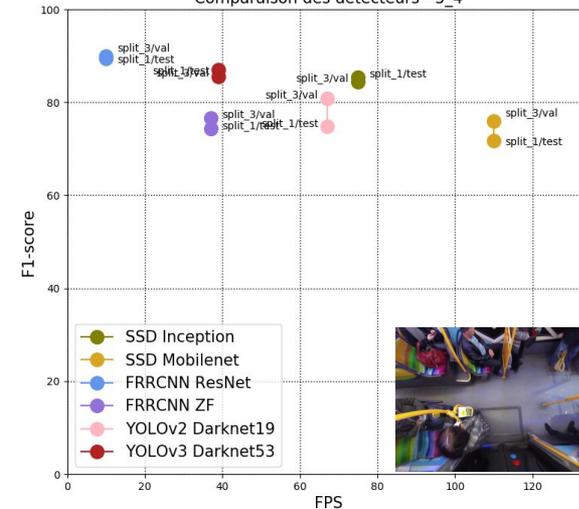
Comparaison des détecteurs - 2



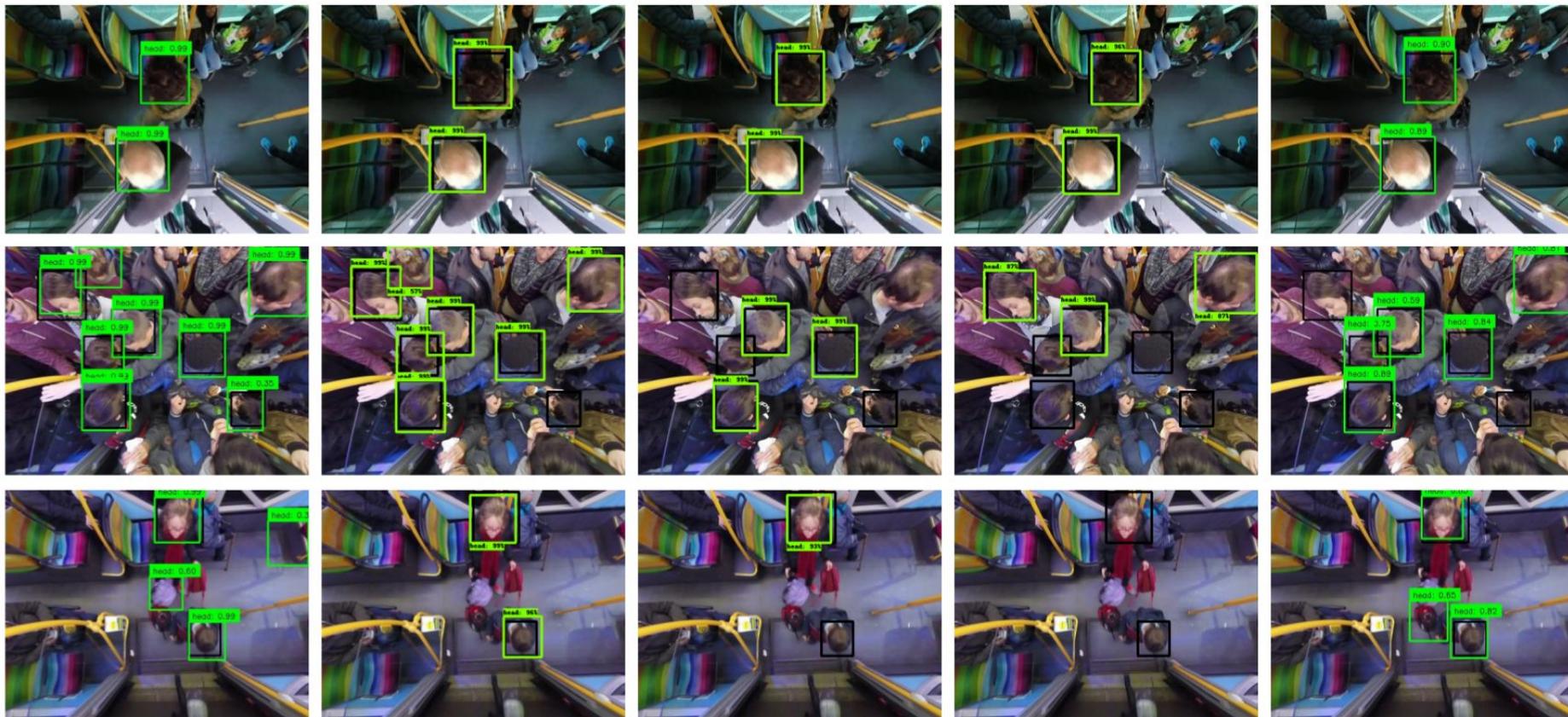
Comparaison des détecteurs - 5_2



Comparaison des détecteurs - 5_4



- Résultats stables selon les plis
- SSD (Inception + Mobilenet) et YOLOv2 moins robustes face à l'encombrement
- FRRCNN plus lent, SSD plus rapide, YOLO entre les deux selon le réseau



(a) FrRCNN + ZF

(b) FrRCNN+ResNet50

(c) SSD + Inception

(d) SSD + Mobilenet

(e) YOLOv2

Evaluation du couplage détecteur-traqueur DeepSORT

	Détecteur	IDF1	Prcn	Rpl	GT	MT	ML	FP	FN	IDS	FM	MOTA	MOTP
Pli 1 (5-4)	FRRCNN + ResNet50	86.91	98.14	77.98	38	73.68	7.89	160	2389	22	150	76.30	80.50
	FRRCNN + ZF	77.59	92.22	66.96	38	63.16	13.16	613	3584	22	92	61.11	78.50
	SSD + Inception	82.89	97.79	71.93	38	47.37	18.42	176	3045	19	124	70.13	80.40
	SSD + Mobilenet	83.20	91.27	76.44	38	63.16	13.16	793	2556	15	172	68.99	80.40
	YOLOv2 + Darknet19	85.55	91.49	80.33	38	71.05	7.89	811	2134	19	120	72.68	77.40
	YOLOv3 + Darknet53	88.12	94.25	82.73	38	73.68	5.26	548	1873	19	66	77.51	77.60
Pli 2 (2)	FRRCNN + ResNet50	94.85	97.71	92.16	47	87.23	6.38	339	1232	13	151	89.93	80.00
	FRRCNN + ZF	88.31	93.20	83.90	47	74.47	4.26	962	2532	26	281	77.61	78.00
	SSD + Inception	89.12	98.44	81.42	47	57.45	10.64	203	2921	29	254	79.95	81.20
	SSD + Mobilenet	90.79	96.89	85.41	47	68.09	6.38	431	2294	19	179	82.55	79.70
	YOLOv2 + Darknet19	84.24	94.44	76.03	47	63.83	4.26	704	3769	28	253	71.37	79.00
	YOLOv3 + Darknet53	85.08	94.70	77.24	47	63.83	10.64	680	3578	27	218	72.75	78.00
Pli 3 (5-2)	FRRCNN + ResNet50	88.89	92.35	85.68	86	53.49	16.28	4688	9455	94	558	78.44	80.90
	FRRCNN + ZF	85.41	83.32	87.60	86	67.44	6.98	11577	8188	92	736	69.93	76.20
	SSD + Inception	81.05	89.04	74.38	86	44.19	19.77	6044	16914	97	835	65.08	78.80
	SSD + Mobilenet	81.02	86.72	76.03	86	43.02	19.77	7691	15826	100	955	64.23	77.10
	YOLOv2 + Darknet19	81.59	79.27	84.04	86	61.63	12.79	14514	10535	116	665	61.89	77.00
	YOLOv3 + Darknet53	85.55	86.86	84.27	86	56.98	15.12	8421	10386	110	671	71.35	78.00
	DeepSORT MOT16	62.2	72.1	54.7	759	32.8	18.2	12852	56668	781	2008	61.40	79.10



Evaluation du couplage détecteur-traqueur DeepSORT

	Détecteur	IDF1	Prcn	Rpl	GT	MT	ML	FP	FN	IDS	FM	MOTA	MOTP
Pli 1 (5-4)	FRRCNN + ResNet50	86.91	98.14	77.98	38	73.68	7.89	160	2389	22	150	76.30	80.50
	FRRCNN + ZF	77.59	92.22	66.96	38	63.16	13.16	613	3584	22	92	61.11	78.50
	SSD + Inception	82.89	97.79	71.93	38	47.37	18.42	176	3045	19	124	70.13	80.40
	SSD + Mobilenet	83.20	91.27	76.44	38	63.16	13.16	793	2556	15	172	68.99	80.40
	YOLOv2 + Darknet19	85.55	91.49	80.33	38	71.05	7.89	811	2134	19	120	72.68	77.40
	YOLOv3 + Darknet53	88.12	94.25	82.73	38	73.68	5.26	548	1873	19	66	77.51	77.60
Pli 2 (2)	FRRCNN + ResNet50	94.85	97.71	92.16	47	87.23	6.38	339	1232	13	151	89.93	80.00
	FRRCNN + ZF	88.31	93.20	83.90	47	74.47	4.26	962	2532	26	281	77.61	78.00
	SSD + Inception	89.12	98.44	81.42	47	57.45	10.64	203	2921	29	254	79.95	81.20
	SSD + Mobilenet	90.79	96.89	85.41	47	68.09	6.38	431	2294	19	179	82.55	79.70
	YOLOv2 + Darknet19	84.24	94.44	76.03	47	63.83	4.26	704	3769	28	253	71.37	79.00
	YOLOv3 + Darknet53	85.08	94.70	77.24	47	63.83	10.64	680	3578	27	218	72.75	78.00
Pli 3 (5-2)	FRRCNN + ResNet50	88.89	92.35	85.68	86	53.49	16.28	4688	9455	94	558	78.44	80.90
	FRRCNN + ZF	85.41	83.32	87.60	86	67.44	6.98	11577	8188	92	736	69.93	76.20
	SSD + Inception	81.05	89.04	74.38	86	44.19	19.77	6044	16914	97	835	65.08	78.80
	SSD + Mobilenet	81.02	86.72	76.03	86	43.02	19.77	7691	15826	100	955	64.23	77.10
	YOLOv2 + Darknet19	81.59	79.27	84.04	86	61.63	12.79	14514	10535	116	665	61.89	77.00
	YOLOv3 + Darknet53	85.55	86.86	84.27	86	56.98	15.12	8421	10386	110	671	71.35	78.00
	DeepSORT MOT16	62.2	72.1	54.7	759	32.8	18.2	12852	56668	781	2008	61.40	79.10



- MOTP > 77.0 : bonne localisation des trajectoires

Evaluation du couplage détecteur-traqueur DeepSORT

	Détecteur	IDF1	Prcn	Rpl	GT	MT	ML	FP	FN	IDS	FM	MOTA	MOTP
Pli 1 (5-4)	FRRCNN + ResNet50	86.91	98.14	77.98	38	73.68	7.89	160	2389	22	150	76.30	80.50
	FRRCNN + ZF	77.59	92.22	66.96	38	63.16	13.16	613	3584	22	92	61.11	78.50
	SSD + Inception	82.89	97.79	71.93	38	47.37	18.42	176	3045	19	124	70.13	80.40
	SSD + Mobilenet	83.20	91.27	76.44	38	63.16	13.16	793	2556	15	172	68.99	80.40
	YOLOv2 + Darknet19	85.55	91.49	80.33	38	71.05	7.89	811	2134	19	120	72.68	77.40
	YOLOv3 + Darknet53	88.12	94.25	82.73	38	73.68	5.26	548	1873	19	66	77.51	77.60
Pli 2 (2)	FRRCNN + ResNet50	94.85	97.71	92.16	47	87.23	6.38	339	1232	13	151	89.93	80.00
	FRRCNN + ZF	88.31	93.20	83.90	47	74.47	4.26	962	2532	26	281	77.61	78.00
	SSD + Inception	89.12	98.44	81.42	47	57.45	10.64	203	2921	29	254	79.95	81.20
	SSD + Mobilenet	90.79	96.89	85.41	47	68.09	6.38	431	2294	19	179	82.55	79.70
	YOLOv2 + Darknet19	84.24	94.44	76.03	47	63.83	4.26	704	3769	28	253	71.37	79.00
	YOLOv3 + Darknet53	85.08	94.70	77.24	47	63.83	10.64	680	3578	27	218	72.75	78.00
Pli 3 (5-2)	FRRCNN + ResNet50	88.89	92.35	85.68	86	53.49	16.28	4688	9455	94	558	78.44	80.90
	FRRCNN + ZF	85.41	83.32	87.60	86	67.44	6.98	11577	8188	92	736	69.93	76.20
	SSD + Inception	81.05	89.04	74.38	86	44.19	19.77	6044	16914	97	835	65.08	78.80
	SSD + Mobilenet	81.02	86.72	76.03	86	43.02	19.77	7691	15826	100	955	64.23	77.10
	YOLOv2 + Darknet19	81.59	79.27	84.04	86	61.63	12.79	14514	10535	116	665	61.89	77.00
	YOLOv3 + Darknet53	85.55	86.86	84.27	86	56.98	15.12	8421	10386	110	671	71.35	78.00
	DeepSORT MOT16	62.2	72.1	54.7	759	32.8	18.2	12852	56668	781	2008	61.40	79.10



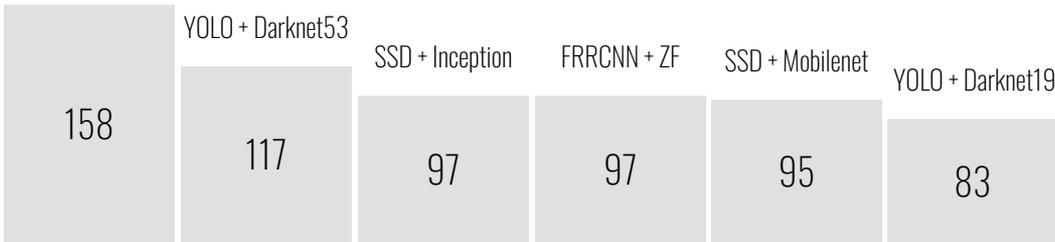
- MOTP > 77.0 : bonne localisation des trajectoires
- Meilleure gestion des faux positifs que des faux négatifs

Evaluation du couplage détecteur-traqueur DeepSORT

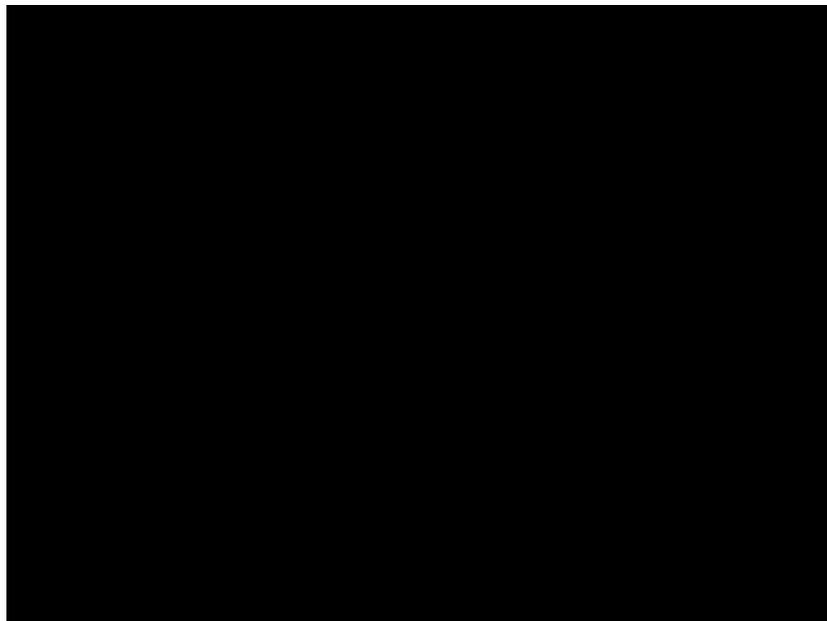
	Détecteur	IDF1	Prcn	Rpl	GT	MT	ML	FP	FN	IDS	FM	MOTA	MOTP
Pli 1 (5-4)	FRRCNN + ResNet50	86.91	98.14	77.98	38	73.68	7.89	160	2389	22	150	76.30	80.50
	FRRCNN + ZF	77.59	92.22	66.96	38	63.16	13.16	613	3584	22	92	61.11	78.50
	SSD + Inception	82.89	97.79	71.93	38	47.37	18.42	176	3045	19	124	70.13	80.40
	SSD + Mobilenet	83.20	91.27	76.44	38	63.16	13.16	793	2556	15	172	68.99	80.40
	YOLOv2 + Darknet19	85.55	91.49	80.33	38	71.05	7.89	811	2134	19	120	72.68	77.40
	YOLOv3 + Darknet53	88.12	94.25	82.73	38	73.68	5.26	548	1873	19	66	77.51	77.60
Pli 2 (2)	FRRCNN + ResNet50	94.85	97.71	92.16	47	87.23	6.38	339	1232	13	151	89.93	80.00
	FRRCNN + ZF	88.31	93.20	83.90	47	74.47	4.26	962	2532	26	281	77.61	78.00
	SSD + Inception	89.12	98.44	81.42	47	57.45	10.64	203	2921	29	254	79.95	81.20
	SSD + Mobilenet	90.79	96.89	85.41	47	68.09	6.38	431	2294	19	179	82.55	79.70
	YOLOv2 + Darknet19	84.24	94.44	76.03	47	63.83	4.26	704	3769	28	253	71.37	79.00
	YOLOv3 + Darknet53	85.08	94.70	77.24	47	63.83	10.64	680	3578	27	218	72.75	78.00
Pli 3 (5-2)	FRRCNN + ResNet50	88.89	92.35	85.68	86	53.49	16.28	4688	9455	94	558	78.44	80.90
	FRRCNN + ZF	85.41	83.32	87.60	86	67.44	6.98	11577	8188	92	736	69.93	76.20
	SSD + Inception	81.05	89.04	74.38	86	44.19	19.77	6044	16914	97	835	65.08	78.80
	SSD + Mobilenet	81.02	86.72	76.03	86	43.02	19.77	7691	15826	100	955	64.23	77.10
	YOLOv2 + Darknet19	81.59	79.27	84.04	86	61.63	12.79	14514	10535	116	665	61.89	77.00
	YOLOv3 + Darknet53	85.55	86.86	84.27	86	56.98	15.12	8421	10386	110	671	71.35	78.00
DeepSORT MOT16		62.2	72.1	54.7	759	32.8	18.2	12852	56668	781	2008	61.40	79.10



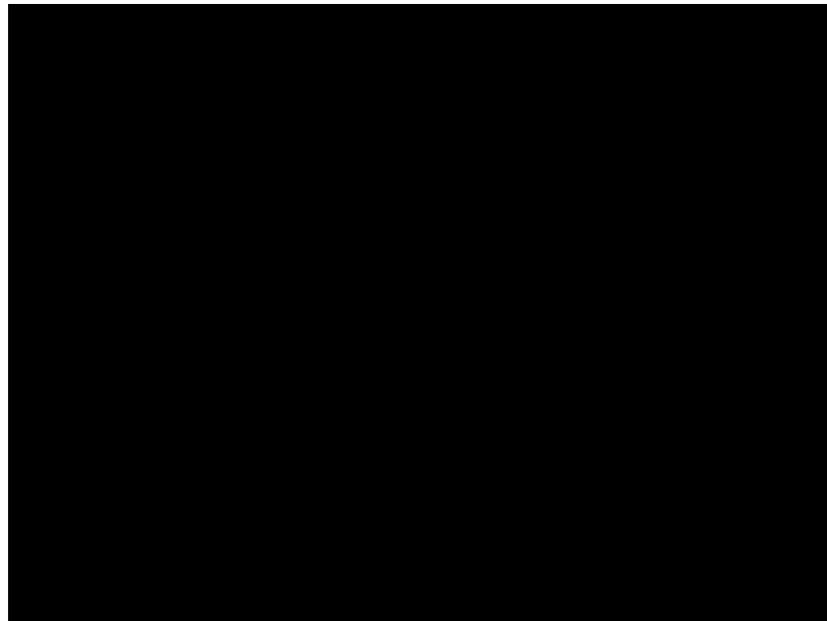
FRRCNN + Resnet



Démonstration



TIPAD-4 - YOLOv3 Darknet53



TIPAD-5-2 - FRCNN ZF