



9^{es} RENCONTRES FRANCOPHONES
MULTIDISCIPLINAIRES 
DES CARDIOPATHIES CONGÉNITALES

7 & 8
NOVEMBRE 2019



Prise en charge périnatale des CC

Comment identifier un fœtus à risque grâce au machine learning?

Maria A. ZULUAGA
Sophia Antipolis, France



**Je déclare n'avoir aucun
conflit d'intérêt**



Qu'est-ce que le « machine learning »?

- Terme introduit en 1959 par Arthur L. Samuel⁽¹⁾
- Pour Tom M. Mitchell:
 - Construction des systèmes informatiques avec la capacité d'apprendre à partir des **données** et d'améliorer leurs performances à résoudre des tâches, grâce aux **données**, sans être explicitement programmés pour ça.
- Il permet de relier une grande quantité de données, de les analyser et les traiter de manière efficace



Arthur L. Samuel
(1901 – 1990)



Tom M. Mitchell
Informaticien et
Professeur @CMU

⁽¹⁾ Samuel, Arthur (1959). "Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers". *IBM Journal of Research and Development*. **3** (3): 210–229

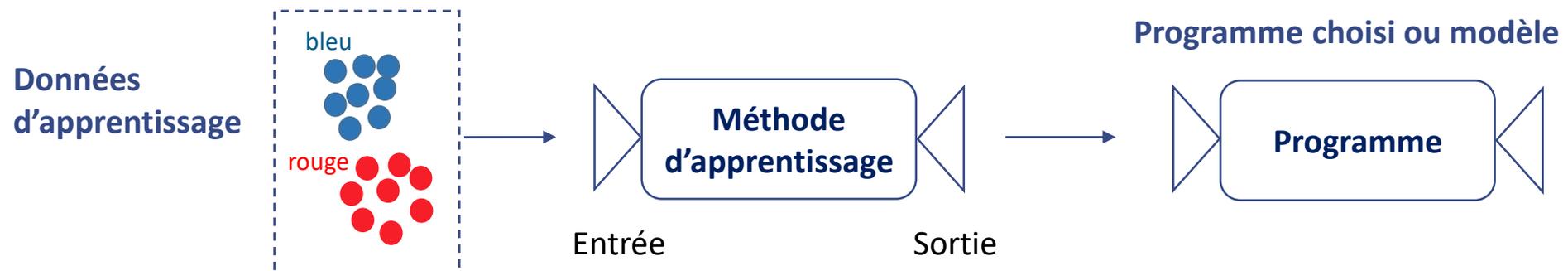


Approche traditionnelle vs. Machine learning

- Approche traditionnelle



- Machine learning / apprentissage automatique

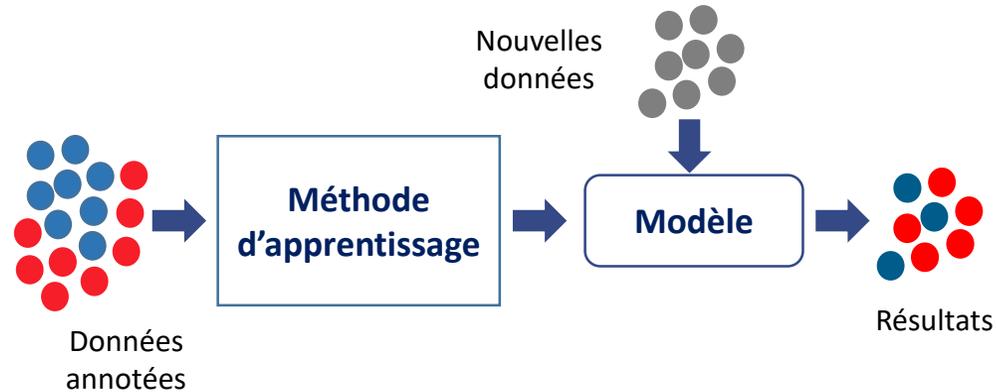


Machine learning: Types d'apprentissage*

(*) pertinents pour cette présentation

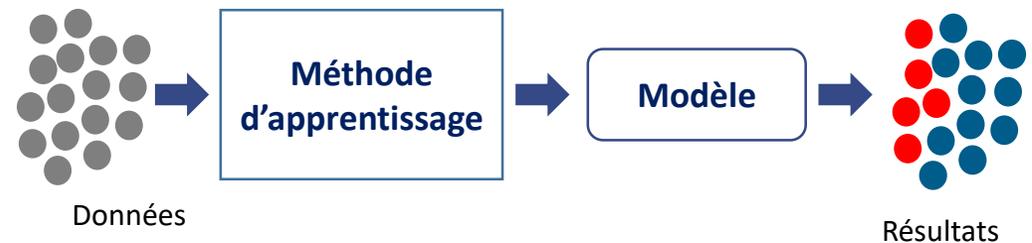
Supervisé

- Apprendre à partir d'exemples annotés



Non-supervisé

- Apprentissage en absence d'étiquetage des données



Semi-supervisé: Données partiellement annotées



Fœtus à risque: On est où avec ML?

2014: Deux grands projets de recherche autour de cette thématique sont financés



<http://www.ifindproject.com/>

Mené par King's College London



<https://www.gift-surg.ac.uk/>

Mené par University College London



ML dans l'identification du fœtus à risque



■ État avancé
■ En cours



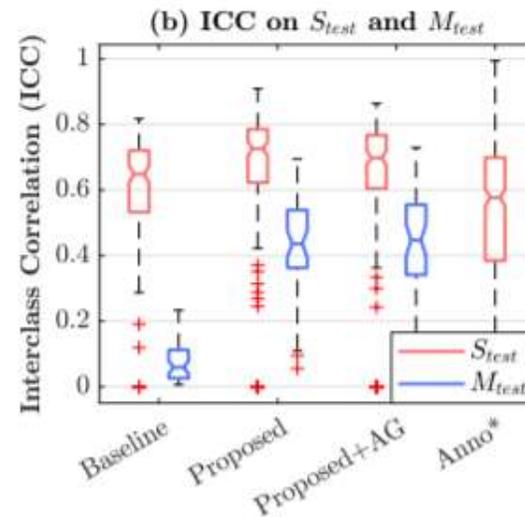
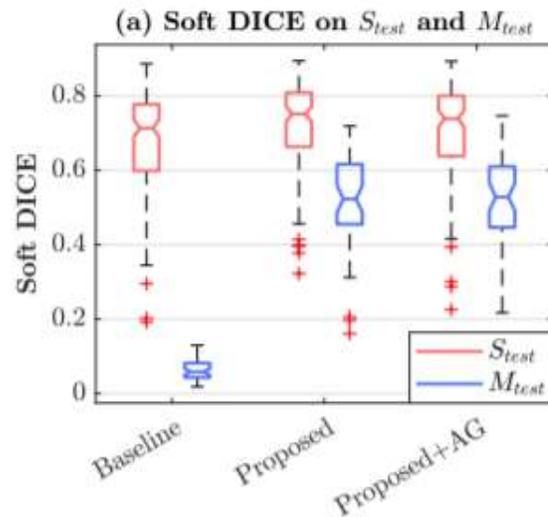
ML dans l'acquisition de données

Écographie prénatale

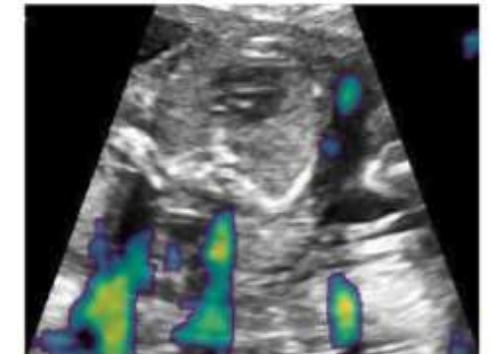
TO APPEAR IN IEEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING DOI: 10.1109/TMI.2019.2913311

Weakly Supervised Estimation of Shadow Confidence Maps in Fetal Ultrasound Imaging

Qingjie Meng, Matthew Sinclair, Veronika Zimmer, Benjamin Hou, Martin Rajchl, Nicolas Toussaint, Ozan Oktay, Jo Schlemper, Alberto Gomez, James Housden, Jacqueline Matthew, Daniel Rueckert, *Fellow, IEEE*, Julia A. Schnabel, *Senior member, IEEE*, and Bernhard Kainz, *Senior member, IEEE*



- Détection des ombres acoustiques et sa visualisation avec une carte de confiance. Elle permet de:
 - Guider l'acquisition
 - Simplifier l'analyse des images
 - Améliorer la qualité de mesures biométriques
- Approche **faiblement supervisée**



ML pour la reconstruction d'image

IRM cardiaque prénatale

FULL PAPER

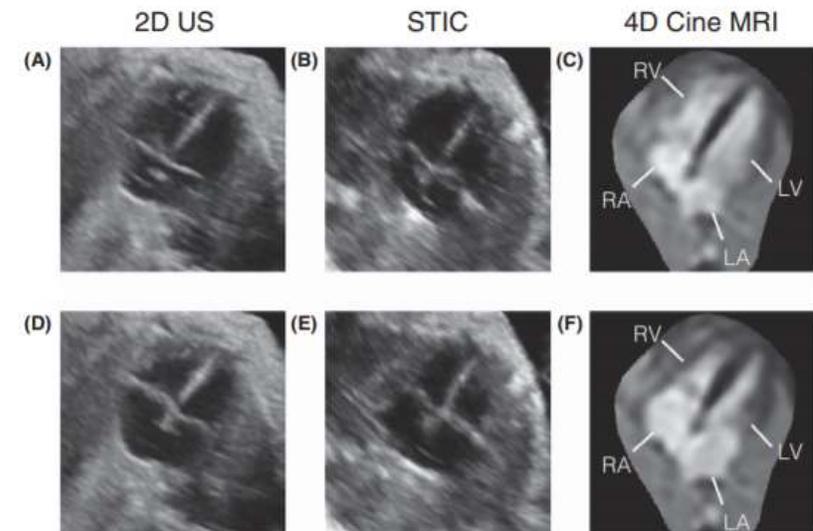
Magnetic Resonance in Medicine

Fetal whole-heart 4D imaging using motion-corrected multi-planar real-time MRI

Joshua F.P. van Amerom¹ | David F.A. Lloyd^{1,2} | Maria Deprez¹ | Anthony N. Price¹
Shaihan J. Malik¹ | Kuberan Pushparajah^{1,2} | Milou P.M. van Poppel¹ |
Mary A. Rutherford^{1,3} | Reza Razavi^{1,2} | Joseph V Hajnal^{1,3}

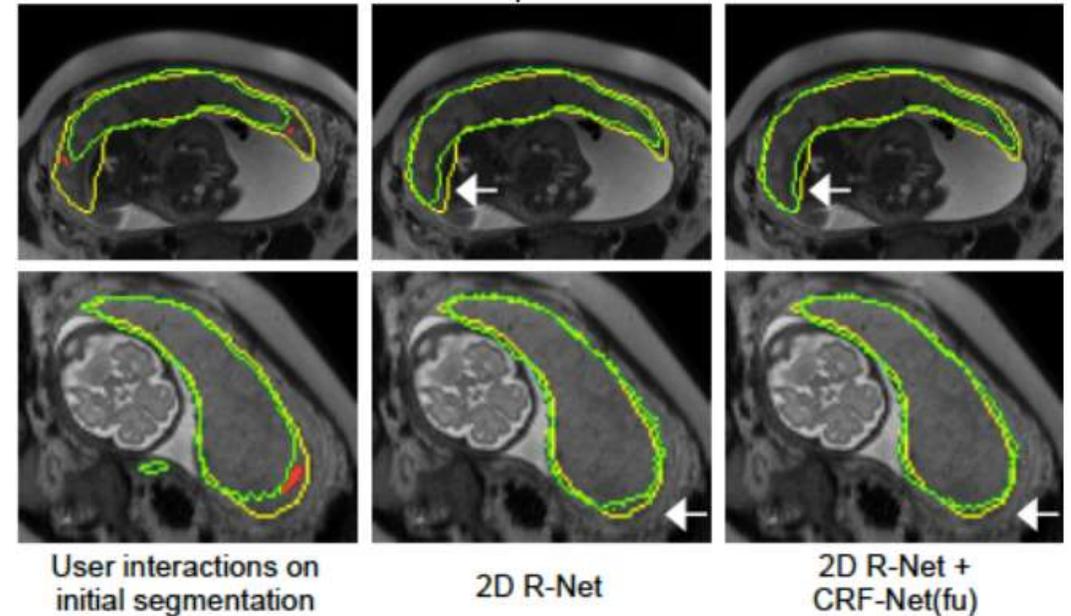
- Estimation du mouvement **non-supervisé**
- **Détection d'anomalies**
- **Apprentissage** en utilisant des **fantômes numériques**

IRM 2D dynamique et reconstruction 4D (3D+t) de l'anatomie cardiaque fœtal *in utérus*



Outils d'analyse: Segmentation d'image

- **DeepIGeos**: Méthode **interactive supervisée** qui s'appuie sur **l'apprentissage profond** pour la segmentation du placenta
- Elle facilite:
 - La planification chirurgicale
 - Prise de mesures biométriques
 - Analyse en temps réduit



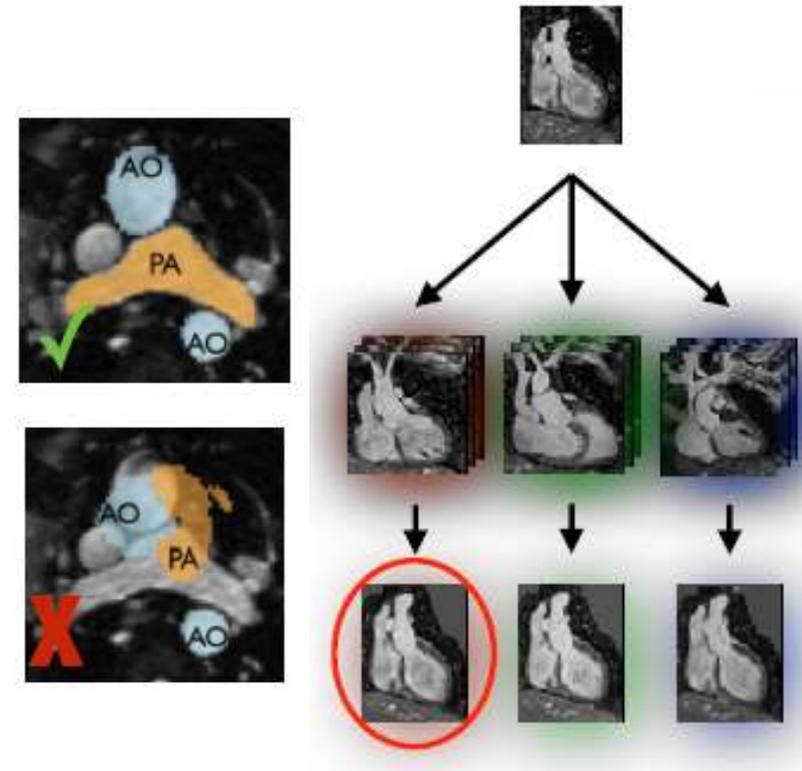
Wang, G., Zuluaga, M. A., Li, W., Pratt, R., Patel, P. A., Aertsen, M., ... & Vercauteren, T. (2018). **DeepIGeos: a deep interactive geodesic framework for medical image segmentation**. *IEEE TPAMI*, 41(7), 1559-1572.



ML pour l'analyse et le diagnostic

- Méthodes **supervisée** de classification des sujets avec une cardiopathie congénitale
- Preuve de concept sous la transposition des gros vaisseaux (TGV)
- Données: IRM cardiaque de patients pédiatriques

En collaboration avec



Zuluaga, M. A., Burgos, N., Mendelson, A. F., Taylor, A. M., & Ourselin, S. (2015). **Voxelwise atlas rating for computer assisted diagnosis: Application to congenital heart diseases of the great arteries.** *MedIA*, 26(1), 185-194.



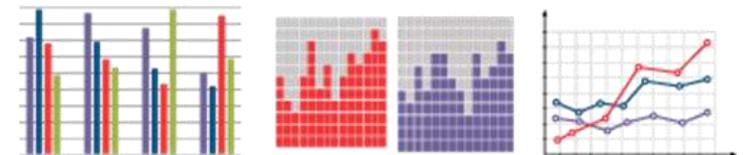
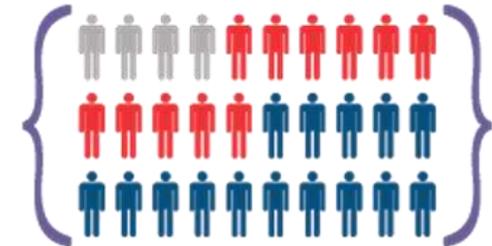
Comment aller plus loin?

- Exploiter le potentiel du machine learning pour combiner différentes sources d'information
- Approche « épidémiologique »
 - Investigation de facteurs latents
 - Découvert de nouveaux biomarqueurs
 - Détection précoce
- Experts: Fondamental pour poser les questions pertinentes

IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE,

Multimodal Machine Learning: A Survey and Taxonomy

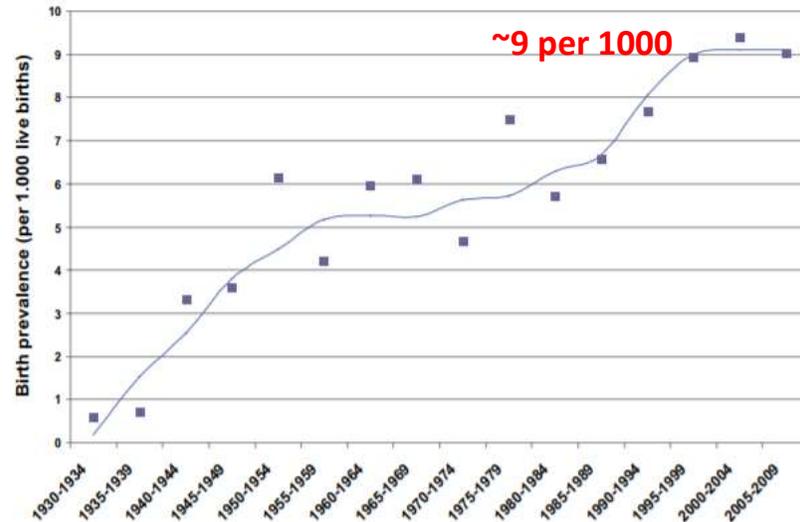
Tadas Baltrušaitis^{1b}, Chaitanya Ahuja^{1b}, and Louis-Philippe Morency^{1b}



En collaboration avec



Les défis: les données



van der Linde et al, JACC (58) 2011

Iterative Segmentation from Limited Training Data: Applications to Congenital Heart Disease

Danielle F. Pace¹, Adrian V. Dalca^{1,2,3}, Tom Brosch⁴, Tal Geva^{5,6}, Andrew J. Powell^{5,6}, Jürgen Weese⁴, Mehdi H. Moghari^{5,6}, and Polina Golland¹

• Données

- Représentation de conditions insuffisante
- Incomplètes
- Mauvaise qualité

• Annotations

- Insuffisantes
- Incomplètes
- Bruités
- Procédure coûteuse



Les défis: La gestion des risques

- Performances de méthodes de l'état de l'art très proche de 100%
- Les méthodes d'apprentissage produisent des résultats anatomiquement impossibles
- L'identification de ces erreurs reste visuelle

IEEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING, VOL. 37, NO. 11, NOVEMBER 2018

Deep Learning Techniques for Automatic MRI Cardiac Multi-Structures Segmentation and Diagnosis: Is the Problem Solved?

TABLE VI
RESULTS ON THE CLASSIFICATION CHALLENGE

Methods		Accuracy
Authors	Architectures	
Khened <i>et al.</i> [46]	Random Forest	0.96
Cetin <i>et al.</i> [53]	SVM	0.92
Isensee <i>et al.</i> [44]	Random Forest	0.92
Wolterink <i>et al.</i> [50]	Random Forest	0.86

TABLE IX
DICE SCORES OF THE WINNER OF THE SEGMENTATION CHALLENGE [44] ON THE 1.5T AND 3T CMR IMAGES TAKEN FROM THE TESTSET

	ED			ES		
	LV	RV	MYO	LV	RV	MYO
1.5T	0.97	0.95	0.90	0.93	0.90	0.92
3T	0.97	0.94	0.91	0.94	0.88	0.92

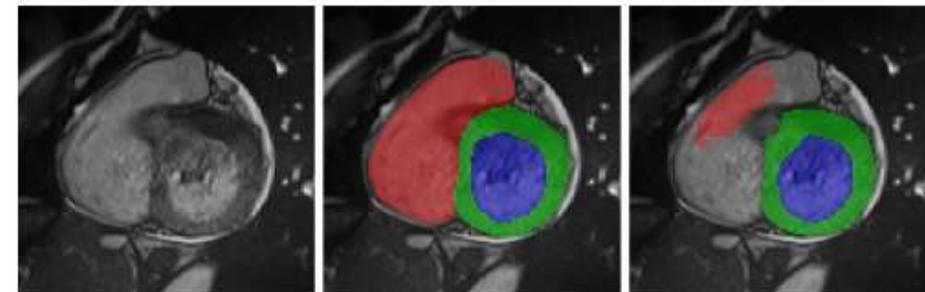


Fig. 4. Typical degenerated result at the base of the heart. [Left] input image; [Middle] ground truth; [Right] prediction.



Conclusions

- Plusieurs méthodes basées sur ML assistent l'identification des foetus à risque dans des protocoles cliniques standards.
- Pour aller plus loin: Utiliser la capacité du ML de combiner et analyser des grandes quantité de données provenant de différentes sources.
- La présence des experts reste fondamentale
- Plusieurs aspects critiques doivent encore être abordés





9^{es} RENCONTRES FRANCOPHONES
MULTIDISCIPLINAIRES 
DES CARDIOPATHIES CONGÉNITALES

7 & 8
NOVEMBRE 2019



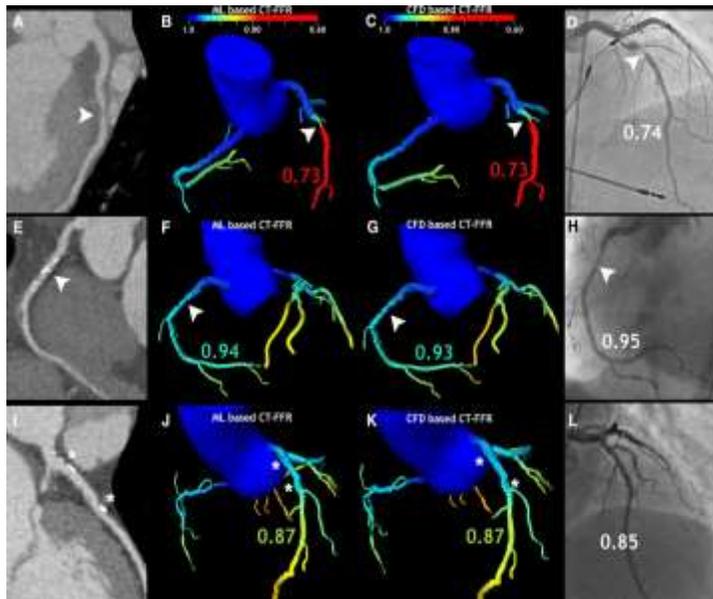
Merci

maria.zuluaga@eurecom.fr



Machine Learning: Types des tâches

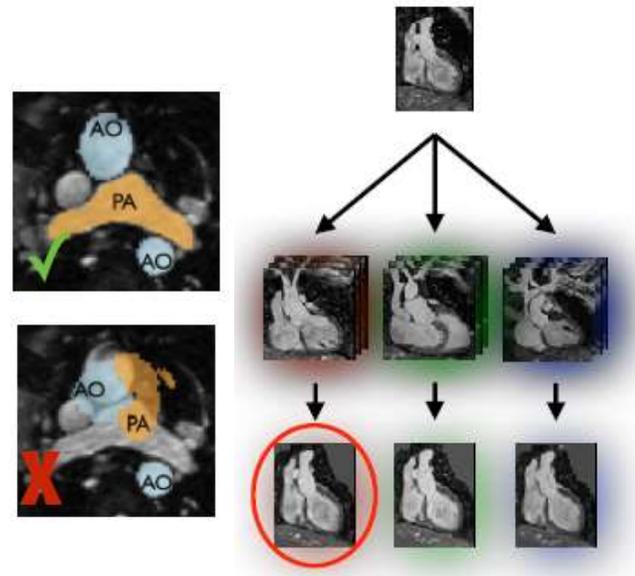
Régression



Coenen et al. Circ Cardiovasc Imaging 2018

- Estimation de la réserve d'écoulement fractionnaire

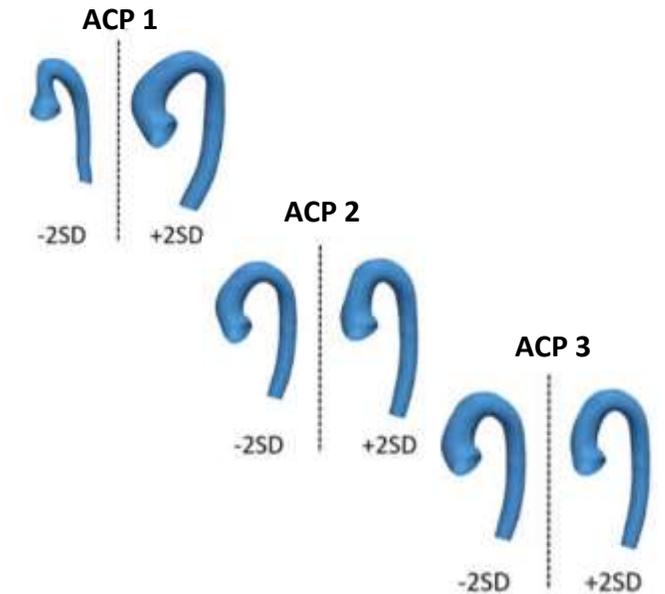
Classification



Zuluaga et al. MedIA 2015

- Triage des patients avec des cardiopathies congénitales

Reconnaissance de formes



Bruse et al. IEEE TBME 2017

- Identification des formes de la crosse aortique

