



A.C.C.A.

Amicale des Cardiologues
de la Côte d'Azur

« **FFR VIRTUELLE** **APPORT DANS LES CARDIOPATHIES ISCHEMIQUES** »

Dr Anne BELLEMAIN-APPAIX (*CH Antibes-Juan Les Pins, GHT Sophia Vallée du Var*)

ACTION Study Group

Journées d'Actualités Thérapeutiques
Samedi 14 Septembre 2024 NOVOTEL NICE



GROUPE HOSPITALIER
Sophia Antipolis - Vallée du Var

Centre Hospitalier Antibes Juan-les-Pins



Allies in Cardiovascular Trials, Initiatives and Organized Networks Cœur

DÉCLARATION DE LIENS D'INTÉRÊT POTENTIELS

Intervenant : Anne BELLEMAIN, Antibes

Je déclare les liens d'intérêt potentiel suivants :

Honoraires : Alliance BMS Pfizer, AstraZeneca, Novartis, Biotronik

POURQUOI FAIRE UNE FFR ?

1. DISCORDANCE QCA – FFR

Toth et al; Eur Heart J. 2014;35:2831-8.

1/3 des lésions mal évaluées par l'angiographie coronaire (QCA), sous estimation TCG / QCA
20% des lésions avec sténose >70%, 50% des lésions avec sténose 50-70%

Fiabilité QCA 64%

2. BÉNÉFICE DE L'ÉVALUATION FONCTIONNELLE par FFR: **CORONARIEN STABLE**

-angioplastie guidée par FFR > guidée par l'angiographie (MACEs et mortalité registre France PCI)

FAME Tonino et al; N Engl J Med. 2009;360:213-224

Adjedj et al; Catheter Cardiovasc Interv. 2022 Jul;100(1):40-48

-angioplastie coronaire > traitement médical si sténose ischémiant FFR ≤ 0,80 (critère composite)

FAME2 Xaplanteris, et al; N Engl J Med. 2018;379:250-259

3. **SYNDROME CORONAIRE AIGU AVEC LESIONS PLURITRONCULAIRES**

- Revascularisation complète > limitée à l'artère coupable SCA ST+ (31% décès CV; -65% revascularisations; 50% re-IDM)

Bainey et al; JAMA Cardiol. 2020 Aug 1;5(8):881-888

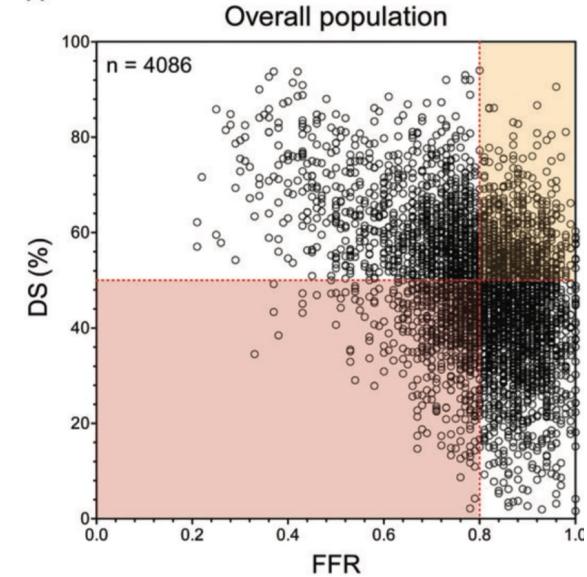
- Revascularisation complète > limitée à l'artère coupable SCA ST-

Siebert et al; Am J Cardiol. 2019;124:1501-1511

- Revascularisation guidée par FFR > guidée par angiographie: Décès -30%, IDM - 48%, revasc -47% à 1 an

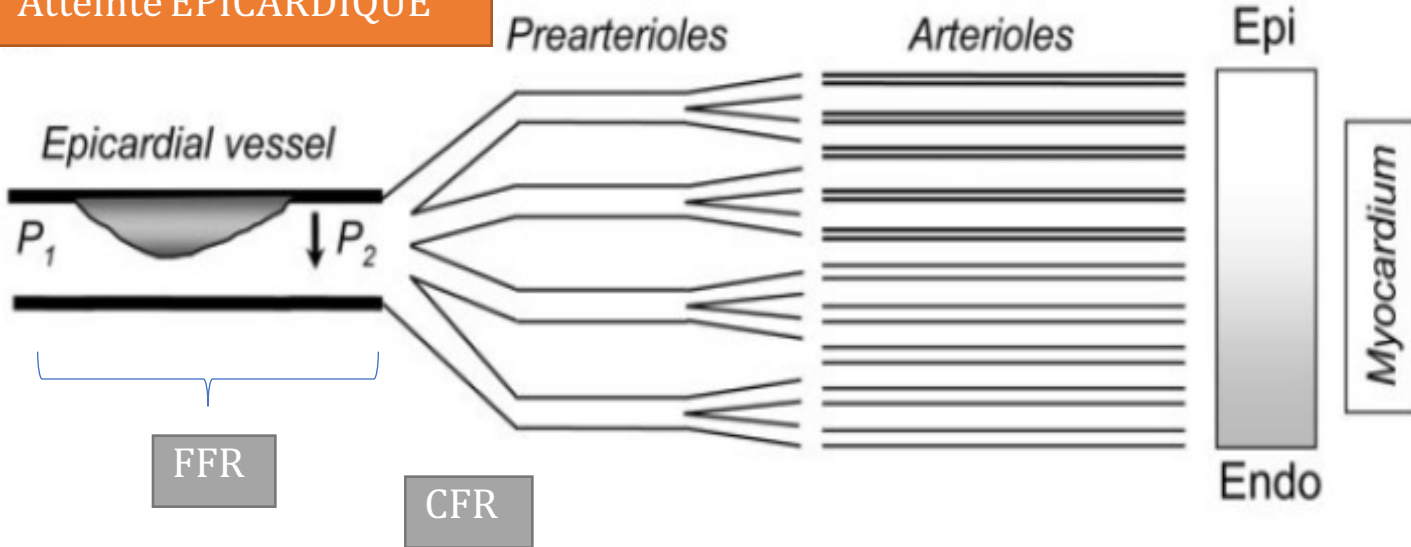
Biscaglia et al; N Engl J Med. 2023;389:889-898;

JAMA 2024 Jan; 7(1): e2352427

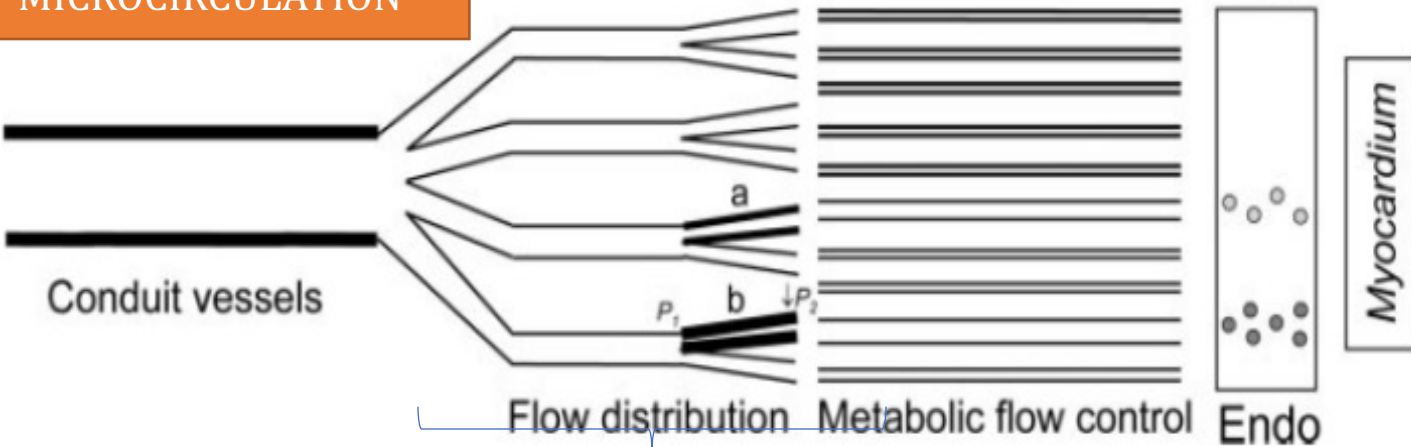


Paramètres hémodynamiques INVASIFS

Atteinte EPICARDIQUE



MICROCIRCULATION



FFR

FFR = Fractional Flow reserve

Rapport de débit de part et d'autre d'une sténose épiscopardique en **HYPERHÉMIE**

FFR

Bénéfique

Classe IA SC chroniques

FFR VIRTUELLE

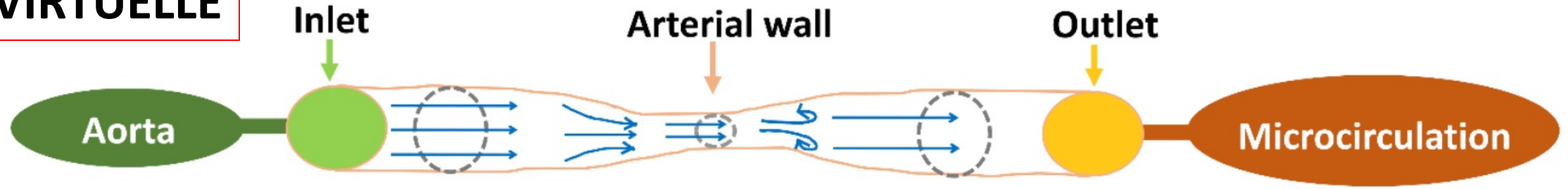
Coûteux

Invasif

Chronophage

<10% des angioplasties

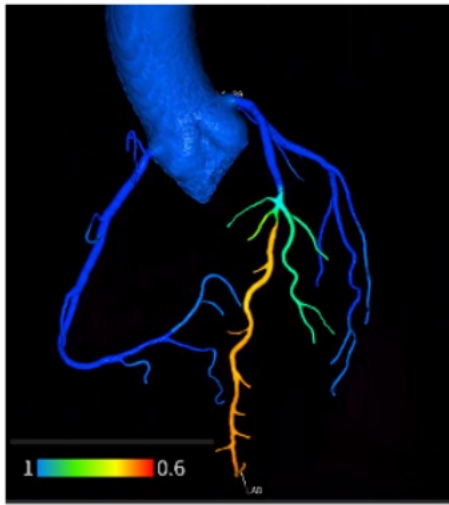
FFR VIRTUELLE



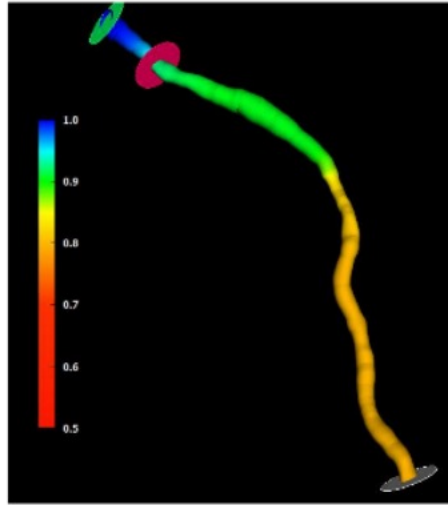
VOLUME 3D + Equation mathématique ou Dynamique des fluides
+ INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Computational FFR

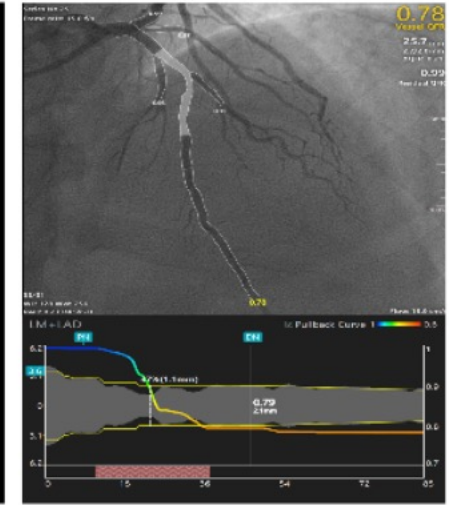
CT-QFR



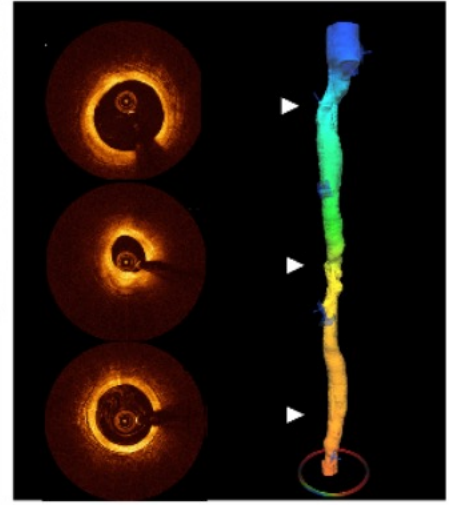
QFR



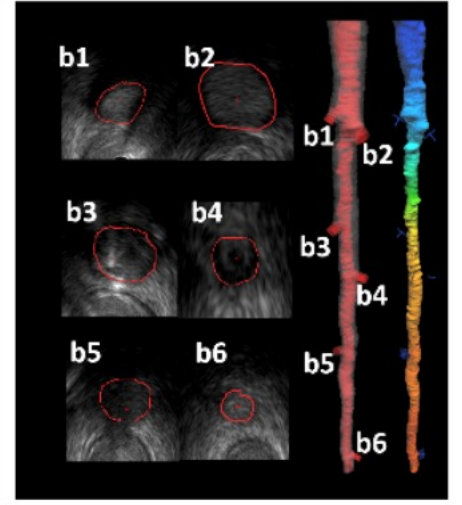
μQFR



OFR

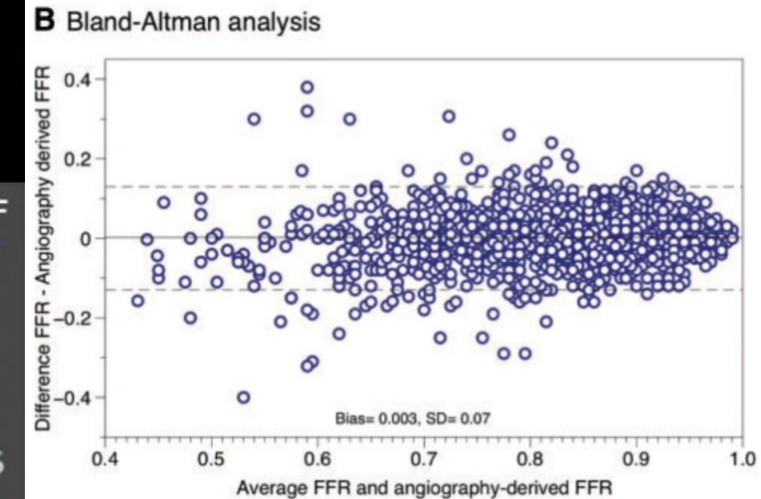
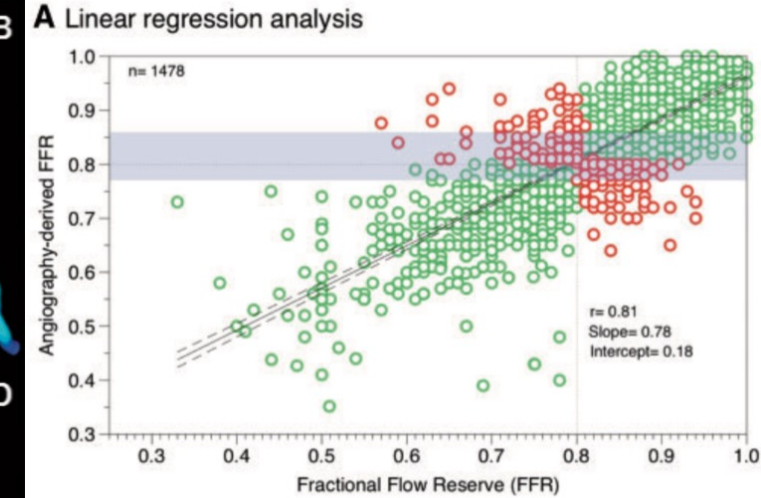
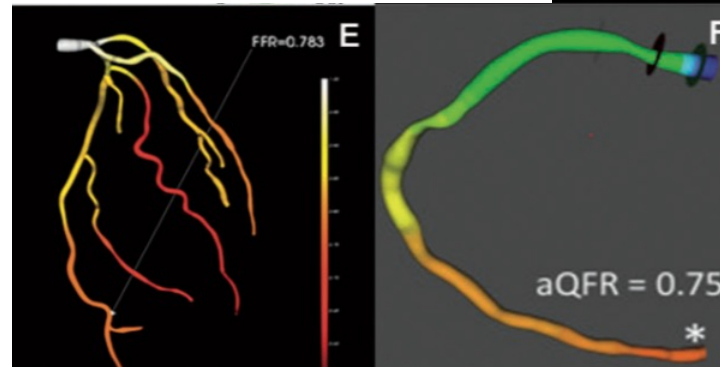
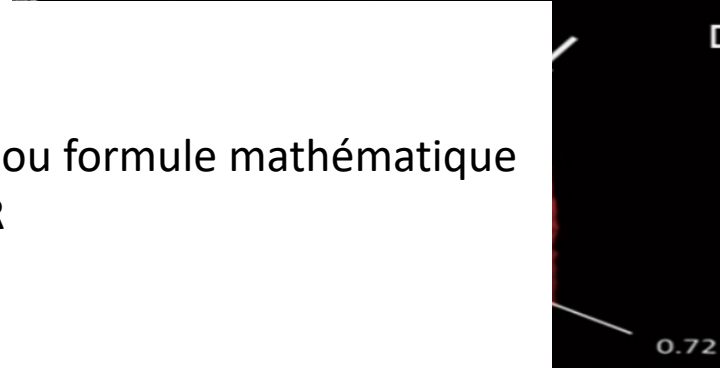
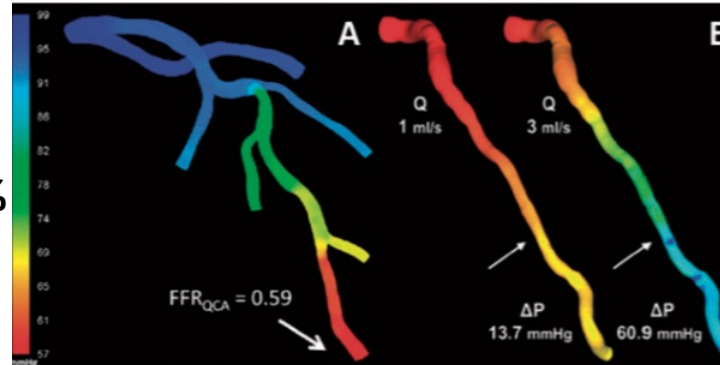


UFR



FFR VIRTUELLE OUTIL DIAGNOSTIC

FFR Angio



QFR vs FFR: Se =84% Spe =89%, VPP =80%, VPN =92%
Durée d'analyse 5 min

MÉTA-ANALYSE FFR ANGIO:

- FIABLE / FFR: Se et Spe /SCAD
- Similaire selon méthode: dynamique des fluides ou formule mathématique
- QFR: analyse online = off-line pour prédire la FFR
- Quelque soit le software
- Zone grise / haute Se et Spe

Approche hybride QFR-FFR (pour QFR Se et Spé ≥95%)

QFR ≤ 0,77 : revascularisation

QFR ≥ 0,87 : TT médical

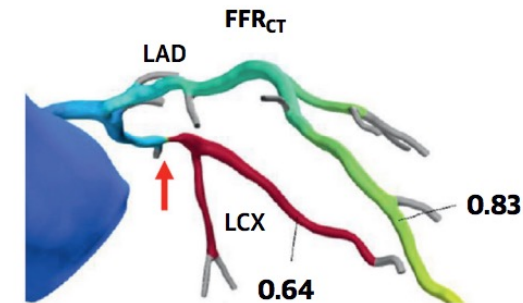
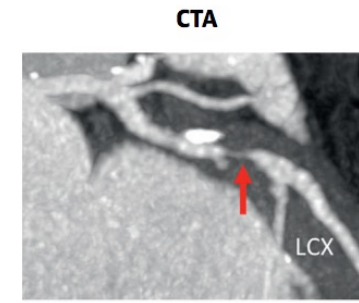
QFR 0,78-0,86: FFR

70% des PCI sans FFR (QFR suffisante)

FFR VIRTUELLE OUTIL DIAGNOSTIC

FFR CT

fractional flow reserve derived from coronary CT angiography

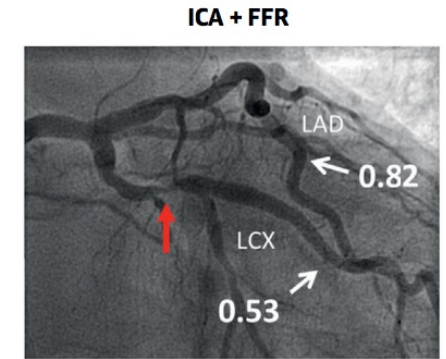
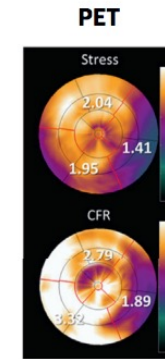
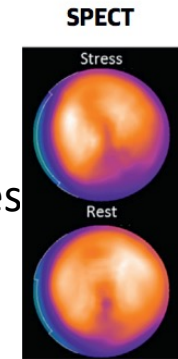


HEARTFLOW@ (2011, FDA Approval 2014)

Partenariat Siemens Healthineers@

Modélisation 3D + Dynamique des fluides/perfusion +formules mathématiques
+ **INTELLIGENCE ARTIFICIELLE** / deep learning Big Data

Coût: 1500 \$ / examen



Fiabilité 87 %, Se 90 %, Spe 86 % et AUC > PET (*positron emission tomography*) et SPECT (*single-photon emission computed tomography*) pour prédire une sténose avec $FFR \leq 0,80$

J Am Coll Cardiol. 2019 Jan 22;73(2):161-173

MACHINE learning on site: 110 pts: *FFR-CT AUC 0.975, Se 93.5% , Spe 97.7%* (si calcif: *AUC 0.991, Se 94.7%, Spe 95.0%*
Durée d'analyse 7 minutes 54 secondes

Giannopoulos et al; AJR:221, October 2023

FFR-CT: AHA 2aB 2021 / douleur thoracique

FFR VIRTUELLE OUTIL PRONOSTIC

FFR Angio

QFR basse 3 Vaisseaux: facteur indépendant de **MACEs** (549 patients SCAD, HR= 0.971) ¹

QFR-derived Functional Syntax Score (fSSQFR) meilleur prédicteur de MACEs à 2 ans que Syntax Score anatomique ²

QFR résiduelle ≤ 0.80 versus QFR > 0.80 sur artères traitées médicalement (NCL*): + MACEs à 5 ans (analyse post-hoc) ³

Cut off 0.89 post PCI pour prédire les MACEs , $> 0,90$: bon pronostique

Valeur prédictive de MACEs QFR = FFR (registre multicentrique) (0.672 versus 0.643, $p = 0.147$) ⁴

ANGIOPLASTIE GUIDEE par QFR vs angiographie: -contraste, -RX; -35% MACEs 1 an, -67% d'IDM, -56% de revascularisations

FAVOR III China; Xu et al; Lancet. 2021 Dec 11;398(10317):2149-2159.

ANGIOPLASTIE GUIDEE par QFR vs FFR ?: FAVOR III Europe Japan; *résultats fin 2024*

1. Hamaya *EuroIntervention*. 2019;15:180-188.

2. Spitaleri G, *Circ Cardiovasc Interv*. 2018;11:e006023

3. Bär S, *J Am Heart Assoc*. 2021;10:e019052.

4. Choi *Int J Cardiol*. 2021;325:23-29.

*NCL = lésion non coupable si SCA avec atteinte pluritronculaire

FFR VIRTUELLE OUTIL PRONOSTIC

FFR CT

Nurmohamed et al; JACC Cardiovasc Imaging. 2024 Aug;17(8):894-906.

Modèle d' **AI-QCT** (artificial intelligence-guided quantitative coronary computed tomography angiography)
Intègre en IA: sténoses (N, étendue, %...) et caractéristiques / volumes de plaque : 37 variables

DIAGNOSTIQUE d' **AI-QCT-ISCHEMIA** (à partir des données de FFR; AI machine learning)

PROGNOSTIQUE d'évènements cardio-vasculaires (MACE) > FFR-CT, PET et SPECT: **MACE * 7,2 à 10 an**

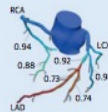
AI-QCT_{ISCHEMIA} outperforms myocardial perfusion imaging and FFR_{CT} in predicting coronary ischemia: validation performance

AI-QCT_{ISCHEMIA}



AUC: 0.85
Reference

FFR_{CT}



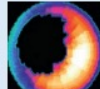
AUC: 0.78
P = 0.037

[¹⁵O]H₂O
PET



AUC: 0.89
P = 0.262

99mTc
SPECT

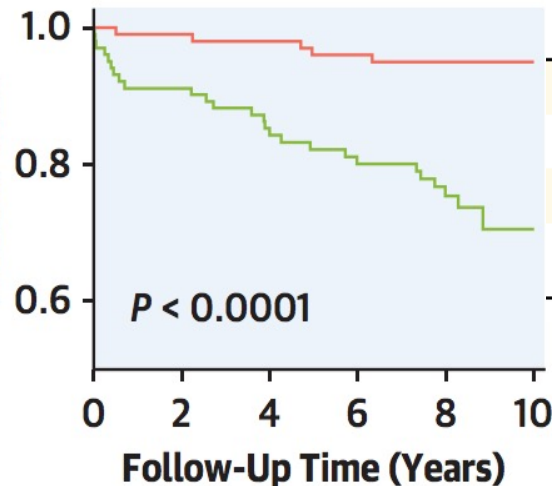


AUC: 0.72
P < 0.001

Reference standard: FFR from invasive angiography

AI-QCT_{ISCHEMIA} Provides Prognostic Value Beyond Presence of Stenosis

Probability of MACE-Free Survival



Test	Adjusted for RF aHR (95% CI)	P Value
AI-QCT _{ISCHEMIA}	7.2 (2.5-20.6)	<0.001
FFR _{CT}	5.9 (1.8-19.9)	0.004
PET	4.0 (1.6-10.3)	0.004
SPECT	1.4 (0.6-3.0)	0.437

Main outcomes

FFR VIRTUELLE

OUTIL THERAPEUTIQUE

QFR: intérêt dans les lésions étagées

PLANIFICATION
 Nombre de stents, Taille
 Prédiction du résultat

FFR Virtuelle modifie la stratégie prévue dans ¼ des cas

19,4% des lésions prévues pour angioplastie: non traitées post QFR; 4,4% des lésions non prévues ont été dilatées

Plus de patients avec un score Syntax fonctionnel résiduel = 0

Xu et al; Lancet. 2021 Dec 11;398(10317):2149-2159.

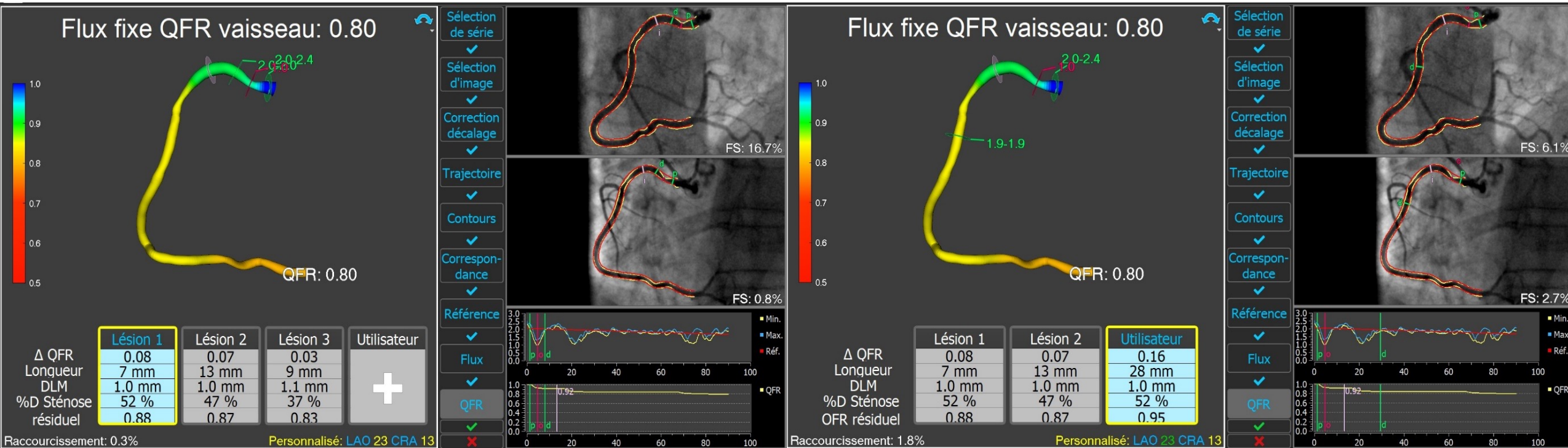


Image 1 : Montre 3 lésions et la QFR Résiduelle montre que les 2 premières ont la plus forte implication...

Image 2 : Montre qu'en enlevant la lésion 3 nous avons une QFR Résiduelle à 0.95

FFR VIRTUELLE

OUTIL THERAPEUTIQUE

FFR ANGIO

FFR CT

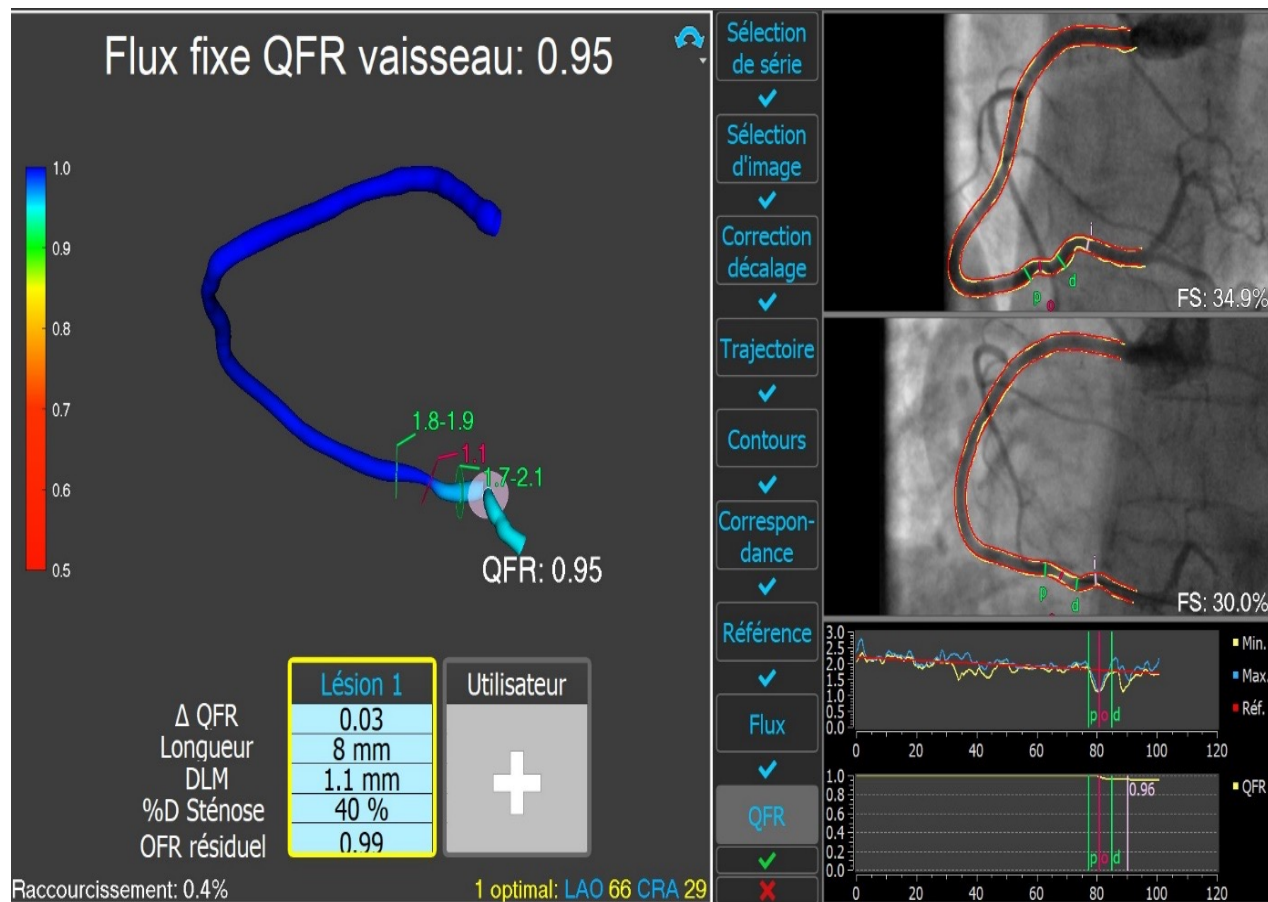


Image 3 : QFR post stenting lésion 1 et 2 = 0.95 comme sur le prévisionnel...
reste une lésion à 40% NS

New recommendations (7)

Recommendations	Class	Level
<i>Functional assessment of epicardial artery stenosis severity during invasive coronary angiography</i>		
During ICA, selective assessment of functional severity of intermediate diameter stenoses is recommended to guide the decision to revascularize, using the following techniques:		
• FFR/iFR (significant ≤ 0.8 or ≤ 0.89 , respectively);	I	A
• QFR (significant ≤ 0.8).	I	B
<i>In addition:</i>		
• CFR/HSR/CFC should be considered as a complementary investigation;	IIa	B
• resting invasive measurement of Pd/Pa, dPR, RFR, or angiography-derived vessel FFR may be considered as alternative parameters.	IIb	C
Systematic and routine wire-based coronary pressure assessment of all coronary vessels is not recommended.	III	A

New recommendations (8)

Recommendations	Class	Level
<i>Selection of individual diagnostic tests in individuals with suspected chronic coronary syndrome</i>		
To rule out obstructive CAD in individuals with low or moderate (>5%–50%) pre-test likelihood, CCTA is recommended as the preferred diagnostic modality.	I	B
CCTA is recommended in individuals with low or moderate (>5%–50%) pre-test likelihood of obstructive CAD if functional imaging for myocardial ischaemia is not diagnostic.	I	B
Invasive coronary angiography with the availability of invasive functional assessment is recommended to confirm or exclude the diagnosis of obstructive CAD or ANOCA/INOCA in individuals with an uncertain diagnosis on non-invasive testing.	I	B
In patients with a known intermediate coronary artery stenosis in a proximal or mid coronary segment on CCTA, CT-based FFR may be considered.	IIb	B

New recommendations (16)

Recommendations	Class	Level
<i>Assessment of procedural risks and post-procedural outcomes</i>		
Intracoronary imaging guidance by IVUS or OCT is recommended when performing PCI on anatomically complex lesions, in particular left main stem, true bifurcations, and long lesions.	I	A
Intracoronary pressure measurement (FFR or iFR) or computation (QFR):		
• is recommended to guide lesion selection for intervention in patients with multivessel disease;	I	A
• should be considered at the end of the procedure to identify patients at high risk of persistent angina and subsequent clinical events;	IIa	B
• may be considered at the end of the procedure to identify lesions potentially amenable to treatment with additional PCI.	IIb	B
<i>Choice of revascularization modality</i>		
It is recommended that physicians select the most appropriate revascularization modality based on patient profile, coronary anatomy, procedural factors, LVEF, patient preferences, and outcome expectations.	I	C

CONCLUSION FFR virtuelle (angio, CoroScanner)

Plus simple, moins invasif, moins long

Analyse on / off line: outil **DIAGNOSTIC**

PRONOSTIC (paramètres de plaque CT++)

Analyse lésions diffuses / séquentielles: **PLANIFICATION**

Lésions pluri-tronculaires

OUVERTURE VERS UNE ANALYSE FONCTIONNELLE VIRTUELLE:

- EPICARDIQUE (FFR Angio, CT)
- et MICROCIRCULATOIRE (angio-IMR)

