

2023 © 29^{ème} Congrès du CNCH, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est interdite.

MicroFR : une révolution en marche?



Dr Grégoire Rangé
Les Hôpitaux de Chartres

2023 © 29^{ème} Congrès du CNCH, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est interdite.



DÉCLARATION DE LIENS D'INTÉRÊT POTENTIELS

Intervenant : Grégoire Rangé, Chartres

Je déclare les liens d'intérêt potentiels suivants :

Consultant : Abbott, Biotronik, Microport

2023 © 29^{ème} Congrès du CNCH, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est interdite.

2023 © 29^{ème} Congrès du CNCH, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est interdite.



Qu'en penses Chat GPT ?



RA

est ce que la frational flow reserve virtuelle est une revolution technologique



La Fractional Flow Reserve Virtuelle (FFRv) est une technologie relativement nouvelle qui permet d'évaluer la gravité de l'obstruction des artères coronaires à l'aide d'une simulation informatique plutôt que d'une intervention invasif.

Bien que la FFRv représente une avancée technologique intéressante pour l'industrie médicale, il est difficile de dire s'il s'agit d'une véritable révolution technologique. Cependant, elle représente certainement une avancée significative dans la manière dont les médecins peuvent diagnostiquer les maladies cardiaques et peut potentiellement aider à réduire les risques associés aux procédures invasives telles que les cathétérismes cardiaques.

2023 © 29^{eme} Congrès du CNCH, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est interdite.

2023 © 29^{eme} Congrès du CNCH, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est interdite.



La FFR virtuelle c'est quoi ?

Toute reproduction même partielle est interdite.



- Le calcul de la FFR virtuelle est basé sur l'association d'une **reconstruction 3D du vaisseau** et un **algorithme de flux dédié** (CFD : **computational flow dynamic**). Le calcul peut prendre en compte la pression aortique moyenne, le **degré de progression du contraste** ou encore **la masse myocardique** (au scanner).
- La **FFR angio (sans guide)** dérive d'un modèle mathématique basé sur la dynamique des fluides permettant, grâce à la reconstruction en 2 ou 3D d'un vaisseau couplée à l'analyse de l'avancée du produit de contraste iodé (PDCi) dans la coronaire, d'estimer le débit coronaire.
- Ce débit coronaire obtenu en présence de lésion(s) (Qd) est rapporté au débit coronaire qui devrait exister au sein de cette même coronaire en absence de lésions (Qa), ce qui fournit la valeur de **QFR (QFR = Qd/Qa)**.
- Une lésion est dite fonctionnellement significative pour une valeur de QFR $\leq 0,80$.

Toute reproduction même partielle est interdite.

2023 © 29^{ÈME} Congrès du CNCH, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est interdite.

Différents logiciels sur le marché

2 incidences (minimum 25°):

- ✓ **QFR** : Quantitative Flow Ratio (**Medis Medical** Imaging distribué par **Biotronik** France)
- ✓ **vFFR** (**Pf** Medical Imaging) : Vessel fractional flow reserve
- ✓ **CaFFR** (**RainMed**) : Computational pressure-flow dynamics derived FFR
- ✓ **FFR** angio (**CathWorks**) : angiography-derived FFR

1 incidence

- ✓ **μFR** (**Pulse Medical** distribué par **Microport**) : Murray law-based FFR.



QFR ? Micro FR ?

Inventeur des techniques QFR/UFR/OFR/CT-QFR



Shengxian Tu
PhD, FESC, FACC



10 mins

Prototype

2014 FFR_{QCA}

5 mins

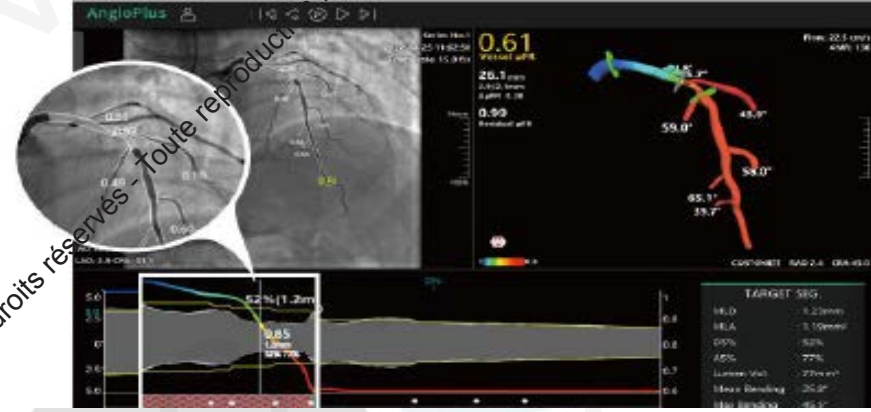
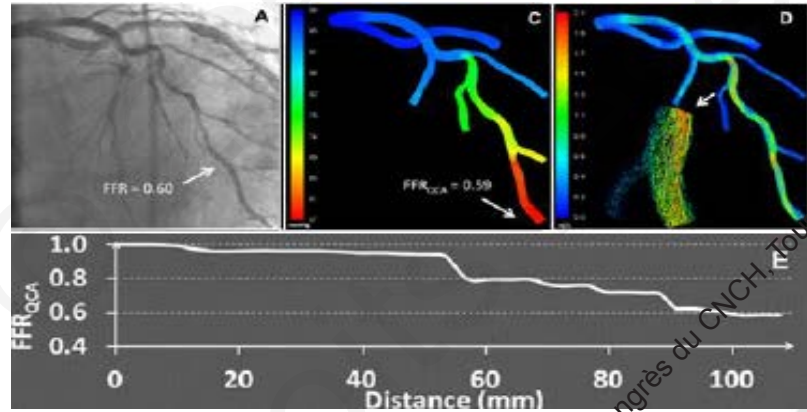
1^{ère} Gen

2016 QFR

1 min

2nd Gen

2021 μ FR



2 incidences (3D)

1 incidence (2D)
Respect de loi de Murray
AMR (résistance micro-vasculaire)

FFR vs MicroFR (ou QFR)

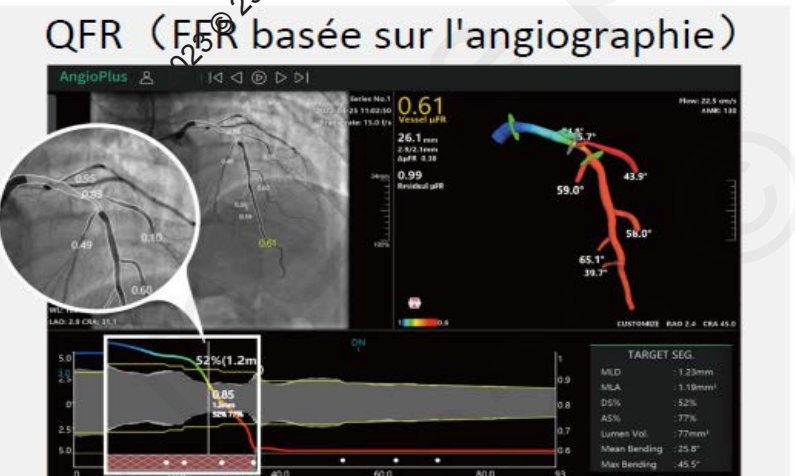
Avantages

Inconvénients



Validation clinique
Technique maîtrisée

Invasif
Guide pression (coût)
Hyperhémie nécessaire
Chronophage



Non invasif
Pas de guide
<1 mn
Pas d'hyperémie
Analyse post hoc++

Corrélation FFR ?
Validation clinique ?

Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est interdite.



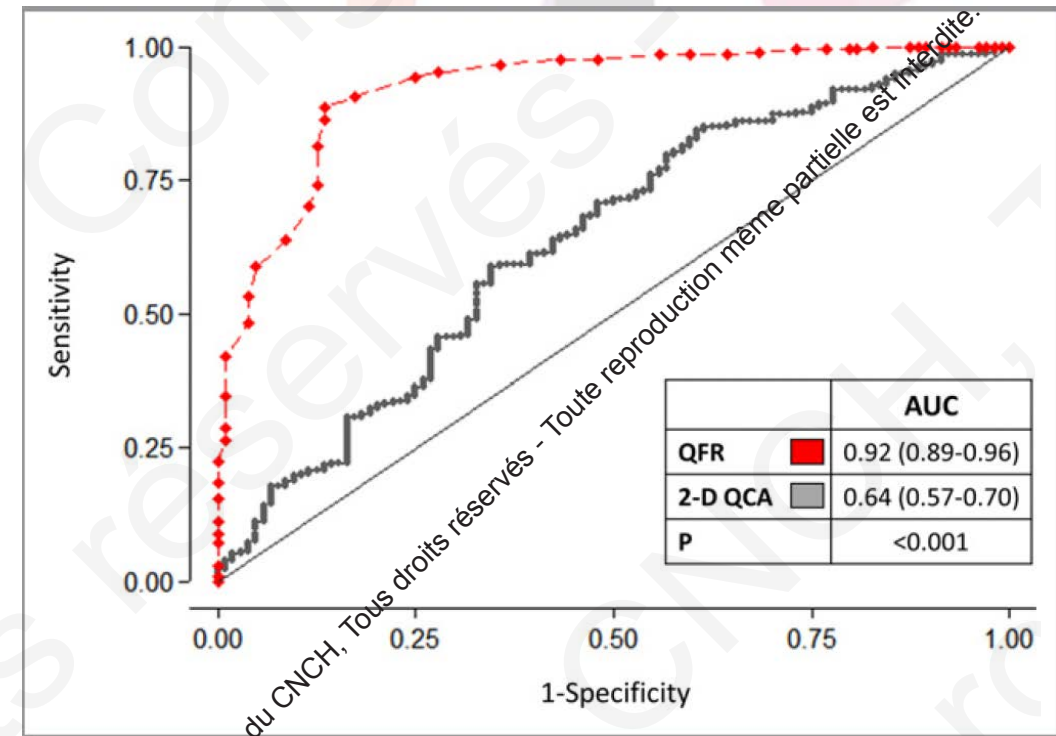
FAVOR 2 : 329 patients

Corrélation QFR / FFR

Diagnostic Performance of In-Procedure Angiography-Derived Quantitative Flow Reserve Compared to Pressure-Derived Fractional Flow Reserve: The FAVOR II Europe-Japan Study

Jelmer Westra, BSc; Birgitte Krosgaard Andersen, BSc; Gianluca Campo, MD; Hitoshi Matsuo, MD, PhD; Lukasz Koltowski, MD; Ashkan Eftekhari, MD, PhD; Tommy Liu, MD; Luigi Di Serafino, MD, PhD; Domenico Di Girolamo, MD; Javier Escaned, MD, PhD; Holger Nef, MD, PhD; Christoph Naber, MD, PhD; Marco Barbierato, MD; Shengxian Tu, PhD; Omeed Neghabat, BSc; Morten Madsen, MSc; Matteo Tebaldi, MD; Toru Tanigaki, MD; Janusz Kochman, MD; Samer Sorni, MD, PhD; Giovanni Esposito, MD, PhD; Giuseppe Mercone, MD; Hernan Mejia-Renteria, MD; Federico Ronco, MD; Hans Erik Botker, MD, PhD; William Wijns, MD, PhD; Ewald Høj Christiansen, MD, PhD; Niels Ramsing Holm, MD

	QFR	2D-QCA	P Value
Accuracy	86.8%	65.9%	<0.001
AUC	0.92 (0.89–0.96)	0.64 (0.57–0.70)	<0.001
Sensitivity	86.5 (78.4–92.4)	44.2 (34.5–54.3)	<0.001
Specificity	86.9 (81.6–91.1)	76.5 (70.3–82.0)	0.002
PPV	76.3 (69.6–83.6)	47.9 (37.6–58.4)	<0.001
NPV	93.9 (88.5–96.1)	73.8 (67.4–79.4)	0.001
LR (+)	6.58 (4.62–9.37)	1.88 (1.36–2.61)	<0.001
LR (–)	0.16 (0.09–0.25)	0.73 (0.61–0.88)	0.001



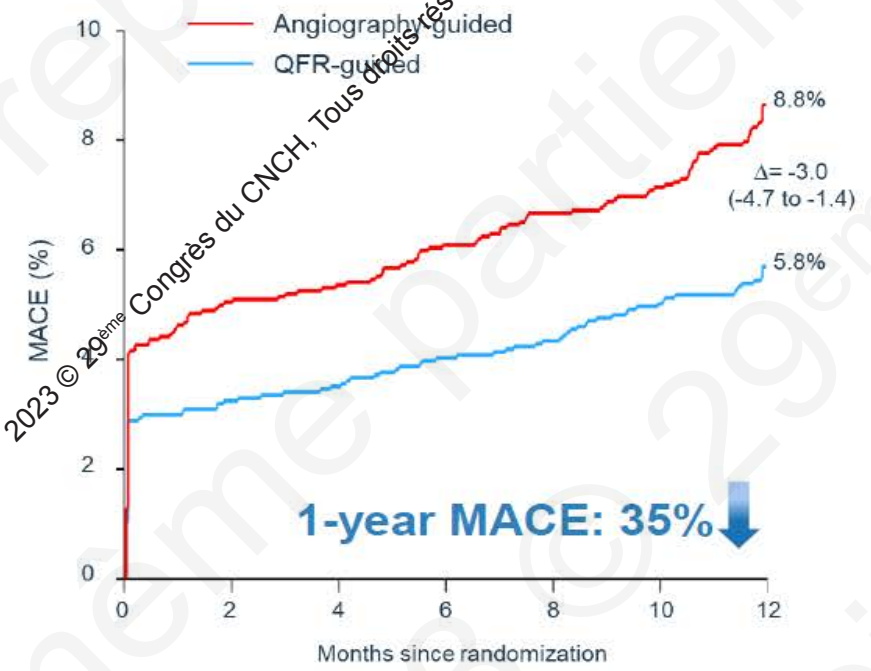
2023 © 29^{ème} Congrès du CNCH, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est interdite.

FAVOR 3 : RCT / 3830 patients QFR vs angio

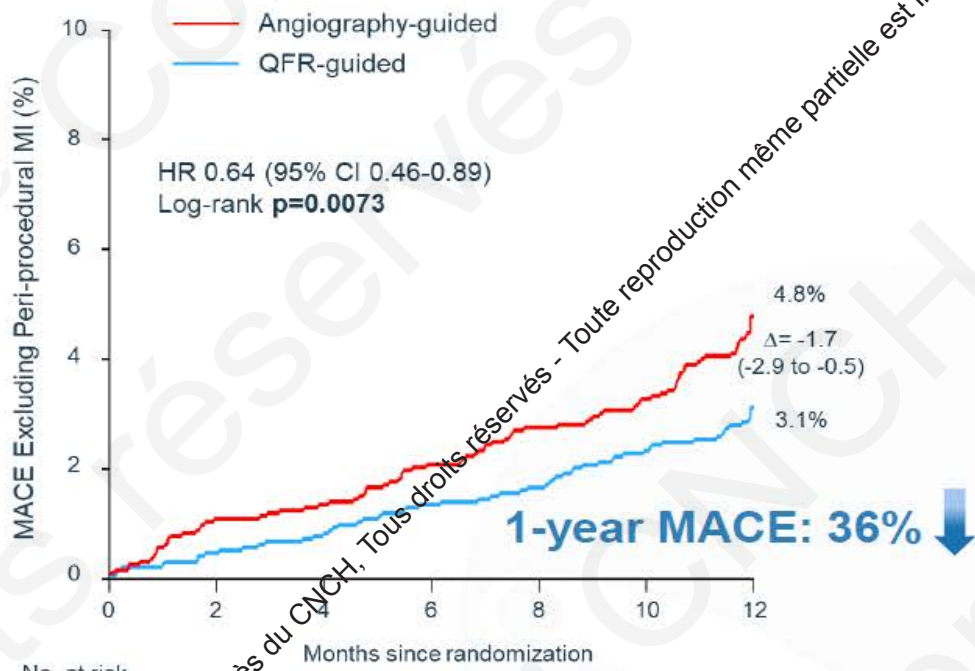


Décès toutes causes, MI, ID Revascularisation

MACE à 1 an : ↓ 35%



	0	2	4	6	8	10	12
QFR-guided	1913	1845	1840	1828	1821	1809	1795
Angiography-guided	1912	1804	1798	1783	1770	1762	1732



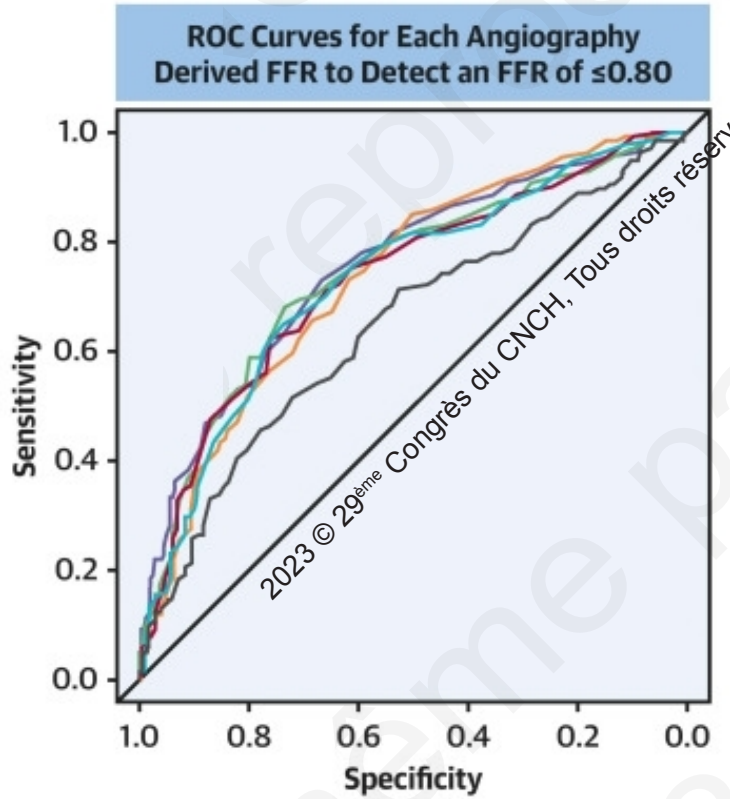
	0	2	4	6	8	10	12
QFR-guided	1913	1900	1894	1881	1874	1862	1846
Angiography-guided	1912	1883	1877	1862	1847	1839	1808



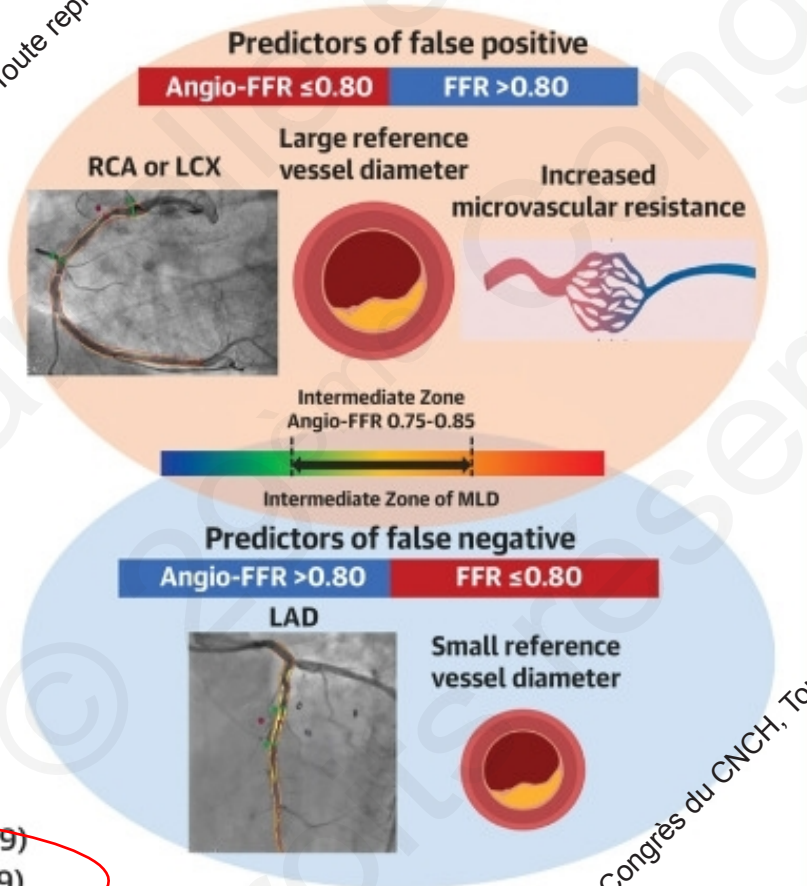
QFR : études en cours

- **FAVOR III Europe/Japan (n=2000)**
 - QFR and Conventional FFR for Guiding Coronary Intervention. A Randomized Clinical Non-inferiority Trial
- **FAVOR IV-QVAS (n=792)**
 - QFR Guided Revascularization Strategy for Patients Undergoing Primary Valve Surgery With Comorbid Coronary Artery Disease.

Etudes indépendantes 4 QFR vs FFR



- A: AUC 0.75 (0.70-0.80)
- B: AUC 0.74 (0.69-0.80)
- C: AUC 0.74 (0.68-0.79)
- D: AUC 0.73 (0.68-0.79)
- E: AUC 0.73 (0.68-0.79)
- 2D-QCA %DS: 0.65 (0.59-0.71)

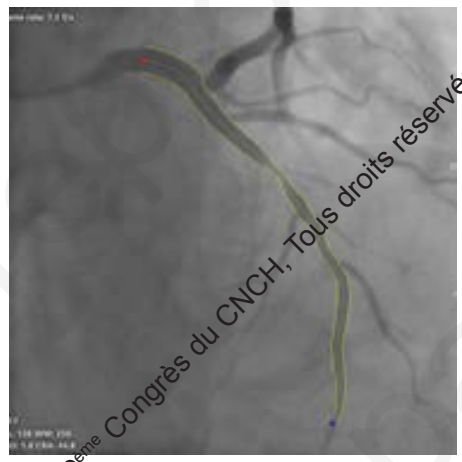


- Key Findings**
- All five angio-FFR software methods had comparable diagnostic accuracies with a higher discrimination compared to 2D-QCA.
 - The diagnostic performances of angio-FFR did not reach the diagnostic performance (AUC ≥ 0.9) reported in validation studies from the various vendors.
 - Pressure-wire based physiologic evaluation is still needed in specific lesion subsets.



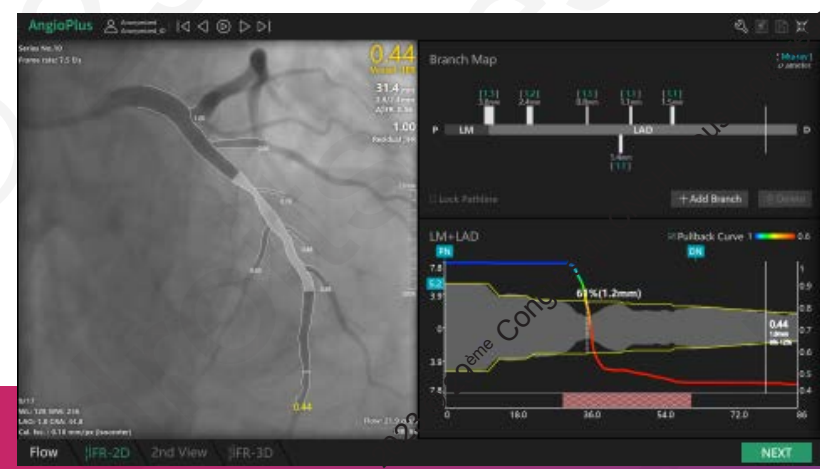
La μ FR en pratique :

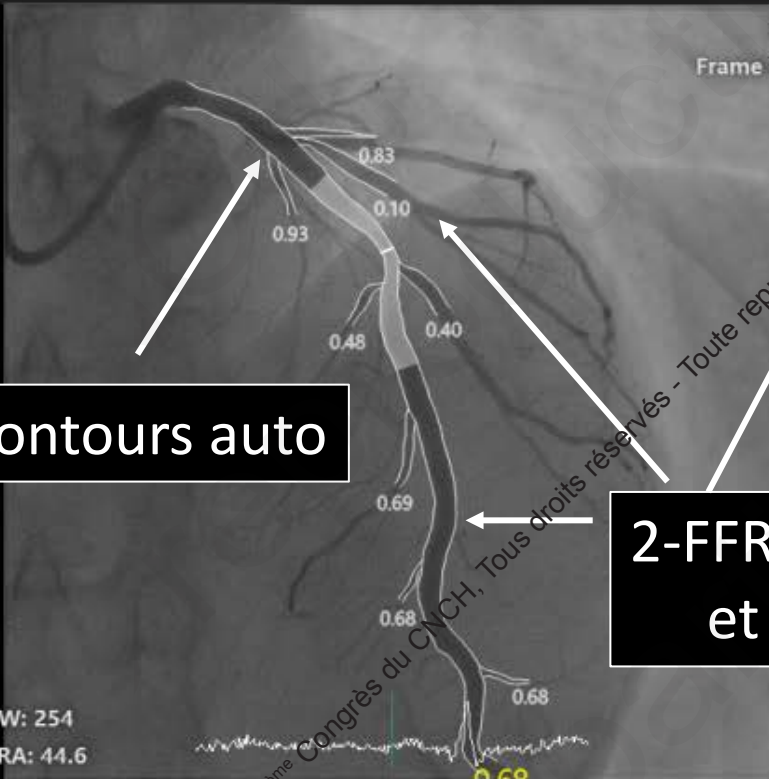
1 incidence + 1 PC + 1 minute



2023 © 29^{eme} Congrès du CNCH, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est interdite.

2023 © 29^{eme} Congrès du CNCH, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est interdite.





Series No.10
Frame rate: 15.0 f/s

0.68
Vessel IFR
33.6 mm
3.4/3.2mm
 Δ IFR 0.26

0.94
Residual IFR

4-Choix du stent

5-FFR post stent

2-FFR étagée de l'artère et de ses branches

1-Contours auto

Flow: 19.7 cm/s
MR: 160

ECG

Image Enhancer Low

DS% Filter 20%

Virtual Stent 1 2

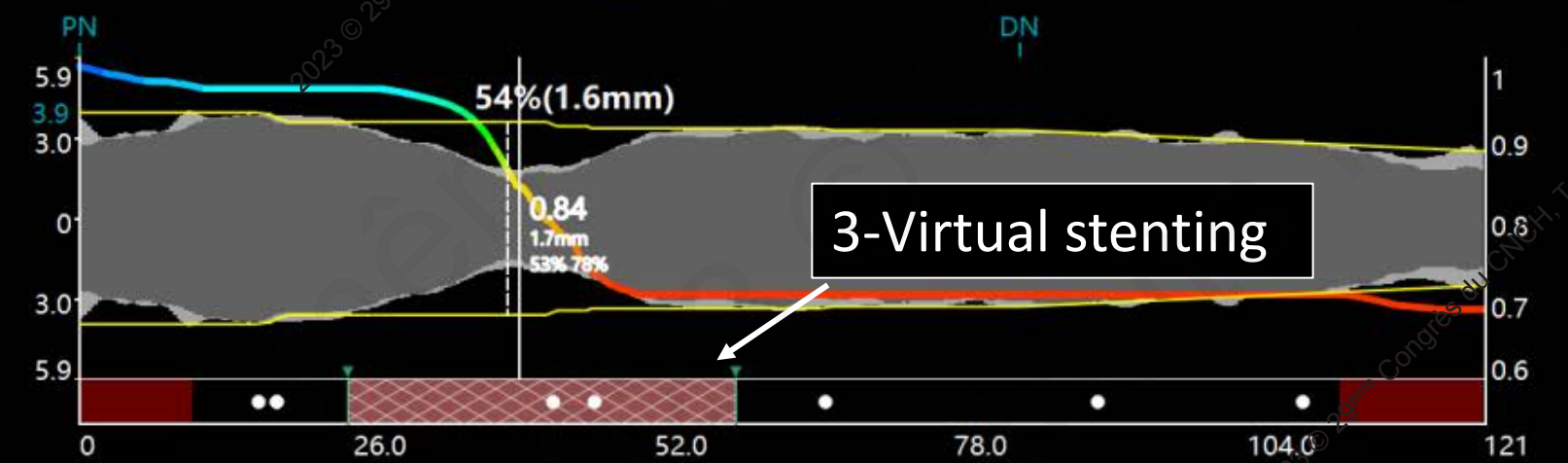
Pullback Curve

3D Stent

Settings

30/44
WL: 122 WW: 254
RAO: 0.1 CRA: 44.6

CUSTOMIZE RAO 0.1 CRA 44.6



3-Virtual stenting

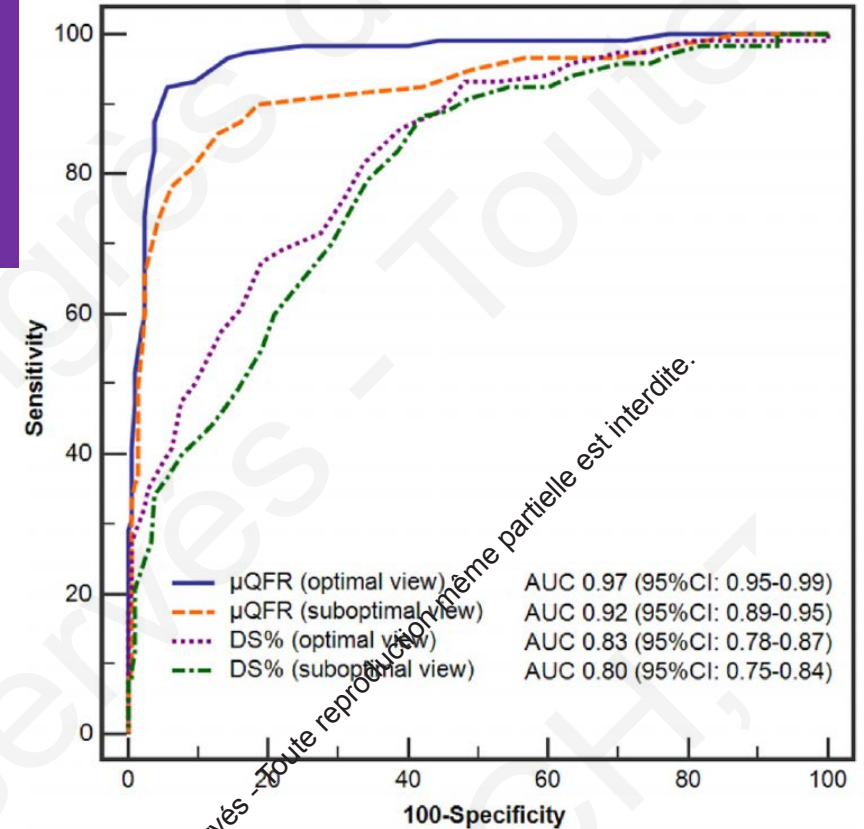
TARGET SEG.	
MLD	: 1.63mm
MLA	: 2.09mm ²
DS%	: 54%
AS%	: 79%
Lumen Vol.	: 179mm ³
Mean Bending	: 18.8°
Max Bending	: 41.1°

μFR vs FFR sous étude de China 2

TABLE 1 Diagnostic performance of μQFR and QCA-derived DS% in predicting FFR ≤0.80

	μQFR ≤0.80	DS% ≥50%
Accuracy, % (95% CI)	93.0 (90.2, 95.8)	76.1 (71.4, 80.7)
Sensitivity, % (95% CI)	87.5 (80.2, 92.8)	57.5 (48.1, 66.5)
Specificity, % (95% CI)	96.2 (92.6, 98.3)	86.7 (81.3, 91.0)
PPV, % (95% CI)	92.9 (86.5, 96.9)	71.1 (61.0, 79.9)
NPV, % (95% CI)	93.1 (88.9, 96.1)	78.1 (72.2, 83.2)
+LR (95% CI)	23.0 (11.6, 45.5)	4.3 (3.0, 6.3)
-LR (95% CI)	0.13 (0.08, 0.20)	0.49 (0.40, 0.60)

Abbreviations: Data for +LR and -LR are presented as ratio (95% CI) and for the rest of parameters as % (95% CI). CI, confidence interval; DS%, percent diameter stenosis; FFR, fractional flow reserve; +LR, positive likelihood ratio; -LR, negative likelihood ratio; NPV, negative predictive value; PPV, positive predictive value; μQFR, Murray law-based quantitative flow ratio; QCA, quantitative coronary angiography.



280 vessels from 262 patients

ORIGINAL STUDIES

WILEY

Diagnostic accuracy of quantitative flow ratio for assessment of coronary stenosis significance from a single angiographic view: A novel method based on bifurcation fractal law

Shengxian Tu PhD^{1,2} | Daixin Ding MSc^{1,3} | Yunxiao Chang MSc⁴ |
Chunming Li BSc¹ | William Wijns MD, PhD³ | Bo Xu MBBS⁵

μFR (2D) vs QFR (3D)

Table 2. Baseline vessel characteristics.

Characteristics	280 Vessels
Interrogated vessel	
Left main coronary artery	1 (0.4%)
Left anterior descending artery	158 (56%)
Diagonal branch	1 (0.4%)
Left circumflex artery	48 (17%)
Obtuse marginal branch	4 (1%)
Ramus intermediate	1 (0.4%)
Right coronary artery	73 (26%)
Posterior descending artery	1 (0.4%)
Posterolateral branch	1 (0.4%)
FFR	
Mean ± SD	0.82 ± 0.12
Median (quartiles)	0.85 (0.77, 0.91)
μQFR1	
Mean ± SD	0.83 ± 0.12
Median (quartiles)	0.86 (0.76, 0.91)
μQFR2	
Mean ± SD	0.83 ± 0.12
Median (quartiles)	0.86 (0.76, 0.92)
3-D μQFR	
Mean ± SD	0.83 ± 0.12
Median (quartiles)	0.86 (0.77, 0.92)

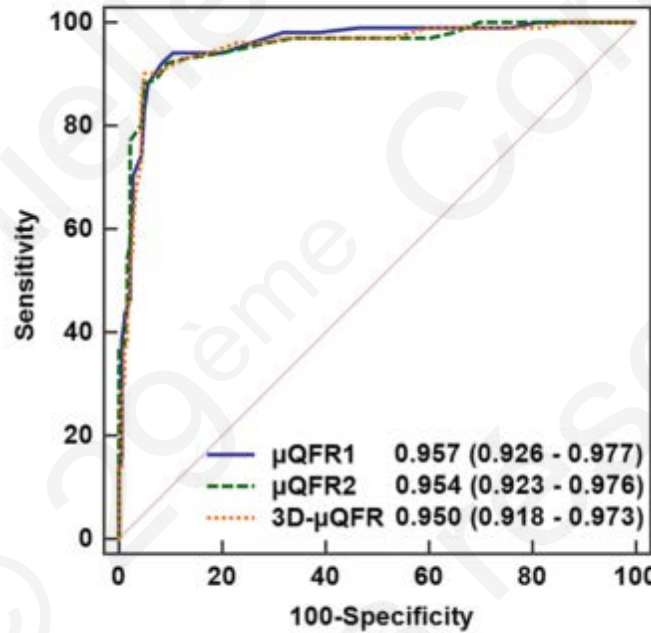


Table 3. Diagnostic performances of μQFR1, μQFR2, and 3D-μQFR of ≤0.80 in predicting FFR of ≤0.80.

	μQFR1 ≤ 0.80	μQFR2 ≤ 0.80	3D-μQFR ≤ 0.80
Accuracy, % (95% CI)	92.1 (89.0-95.3)	92.5 (89.4-95.6)	93.2 (90.3-96.2)
Sensitivity, % (95% CI)	88.1 (80.2-93.7)	88.1 (80.2-93.7)	90.1 (82.5-93.7)
Specificity, % (95% CI)	94.4 (90.0-97.3)	95.0 (90.7-97.7)	95.0 (90.7-97.7)
PPV, % (95% CI)	89.9 (82.2-95.0)	90.8 (83.3-95.7)	91.0 (83.6-95.8)
NPV, % (95% CI)	93.4 (88.7-96.5)	93.4 (88.8-96.5)	94.4 (90.0-97.3)
Positive LR (95% CI)	15.8 (8.6-28.9)	17.5 (9.2-33.3)	17.9 (9.4-34.0)
Negative LR (95% CI)	0.13 (0.07-0.2)	0.13 (0.07-0.2)	0.10 (0.06-0.2)
AUC (95% CI)	0.96 (0.93-0.98)	0.95 (0.92-0.98)	0.95 (0.92-0.97)
Optimal cutoff by Youden index	≤0.81	≤0.80	≤0.80



Les limites +++

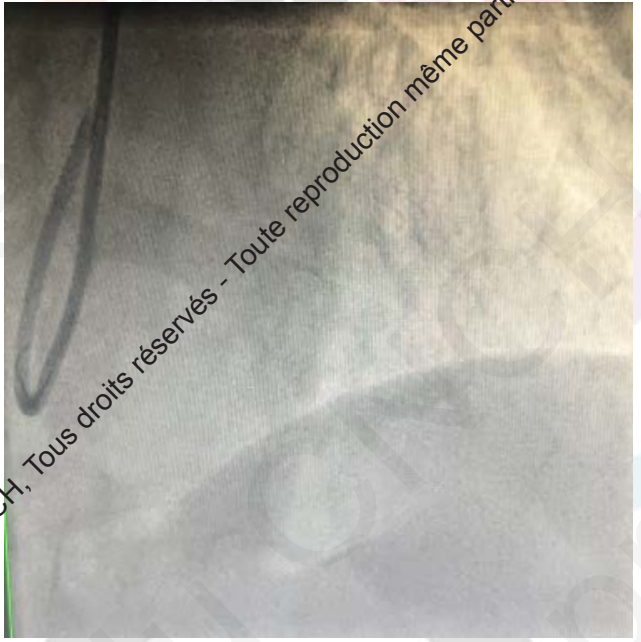
- Mauvaise qualité d'injection ou incidence
 - Eviter Travelling et KT non sélectif
 - Injection 15 images /sec , PDC 8cc x 4cc/sec
 - Bien dégagé la lésion
- Importantes superpositions, tortuosités, TC , ostium, calcifications , aucune zone saine de référence,...
- Définir les zones de référence proximales et distales saines
 - Learning curve

Cas n°1

STEMI ant reperfusé

IVA 95 % dilaté en phase aigue (DES 3.0 x 13 / POT IVA1 3,5)

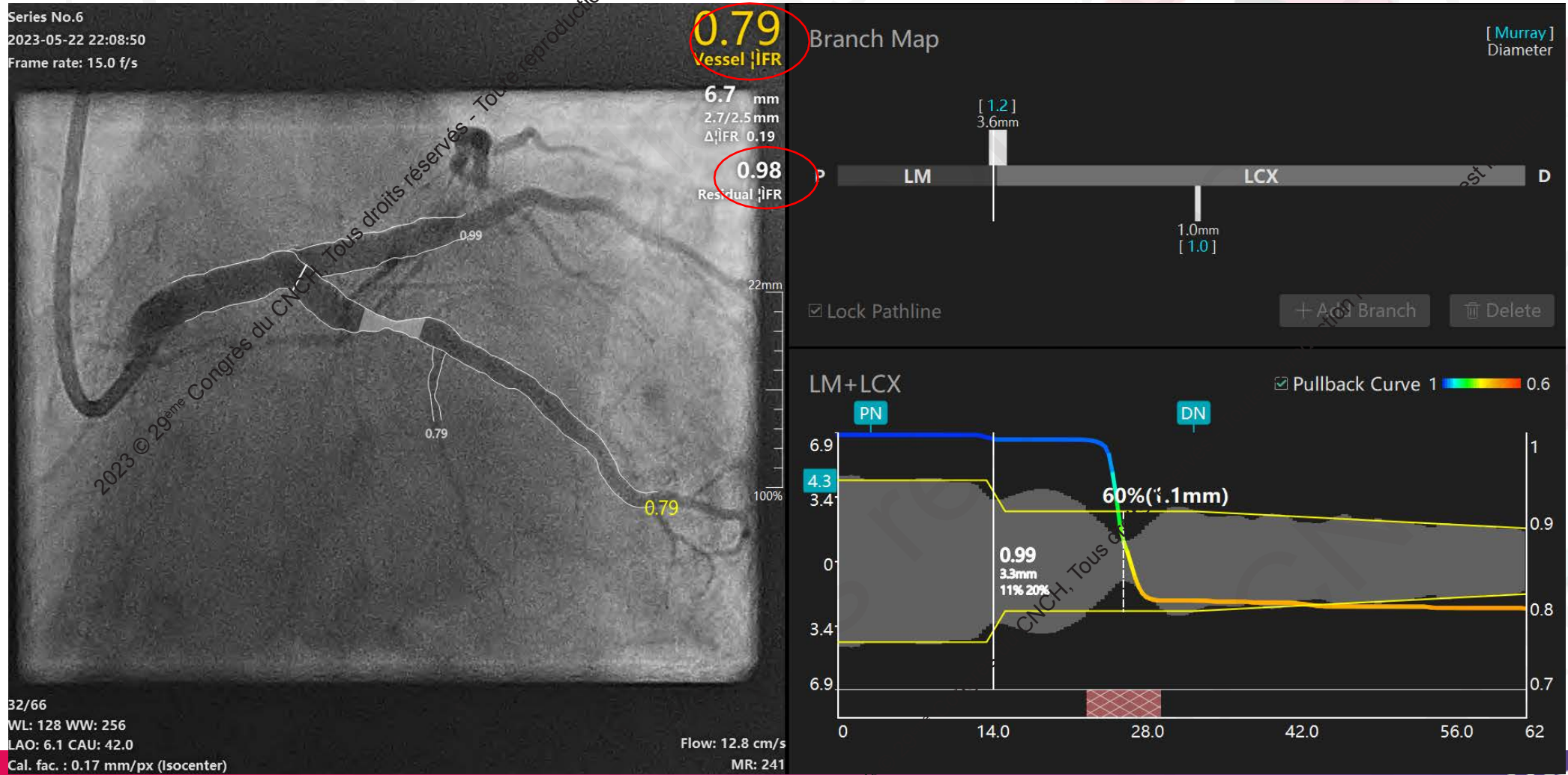
ATL Cx 80 % prévu à J2





MicroFR Cx = 0,79

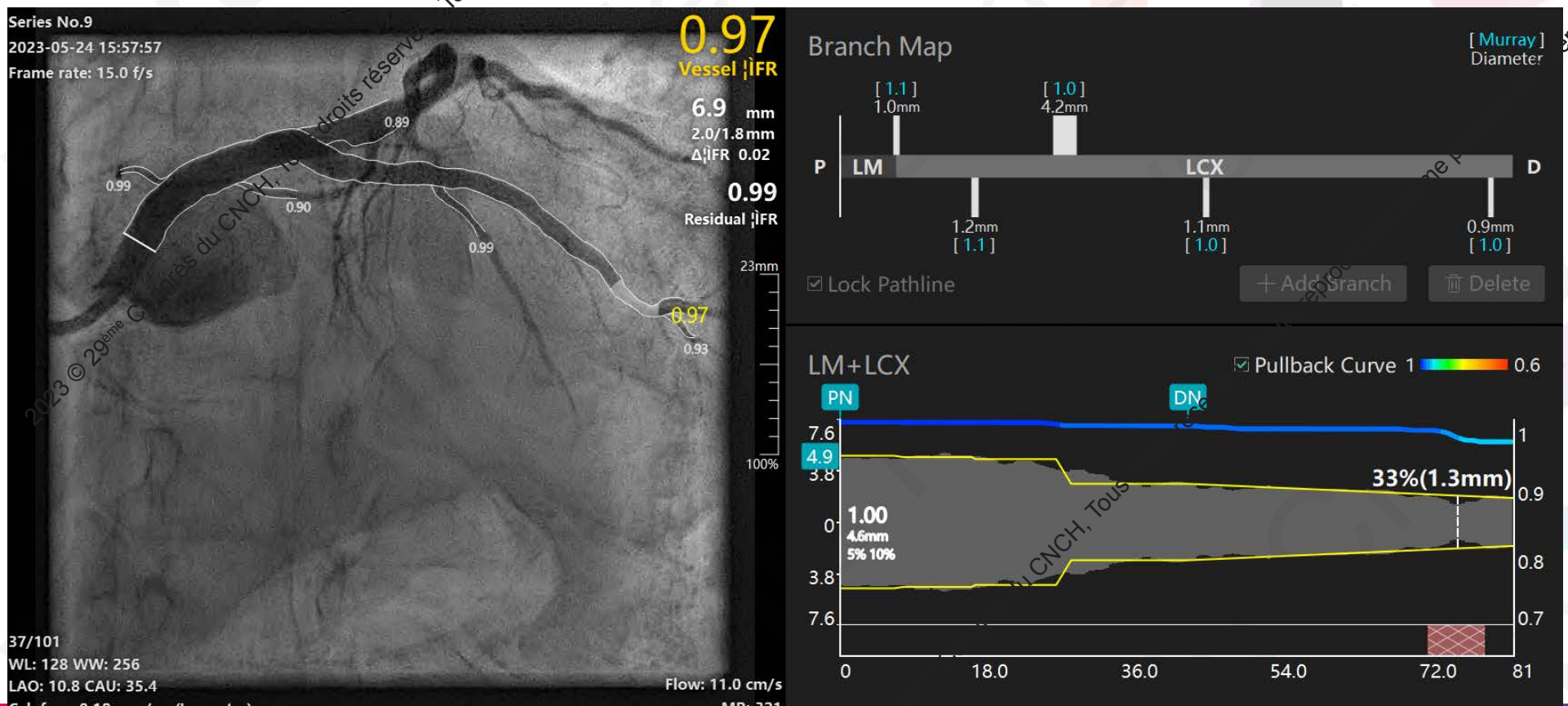
Validation de l'indication de revascularisation





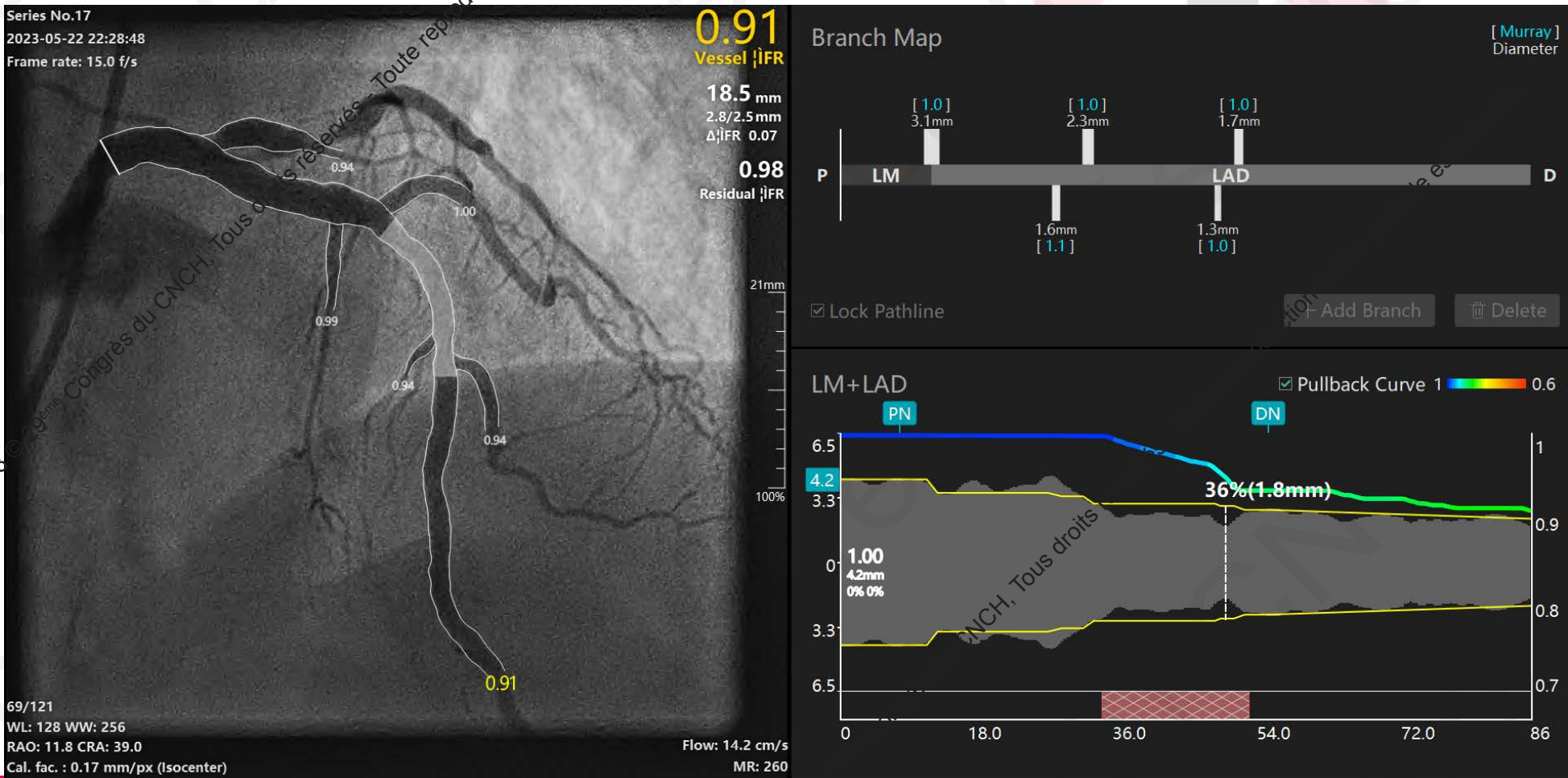
FFR post stenting Cx 0,97 (0,98 attendue)

Toute reproduction même partielle est interdite.





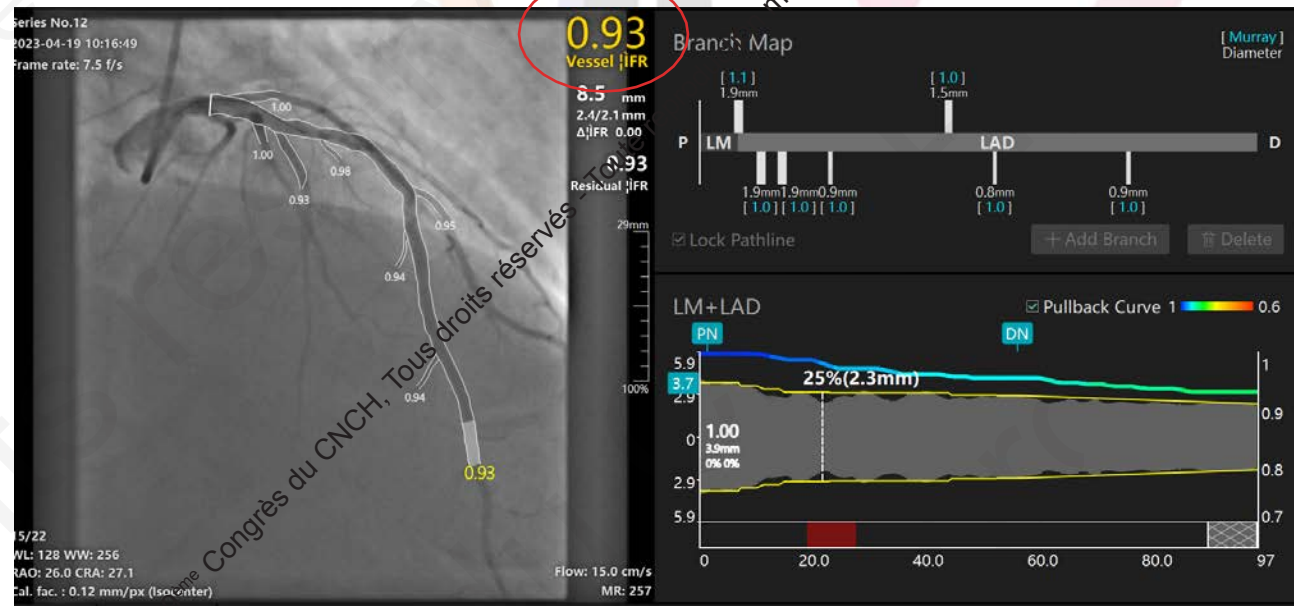
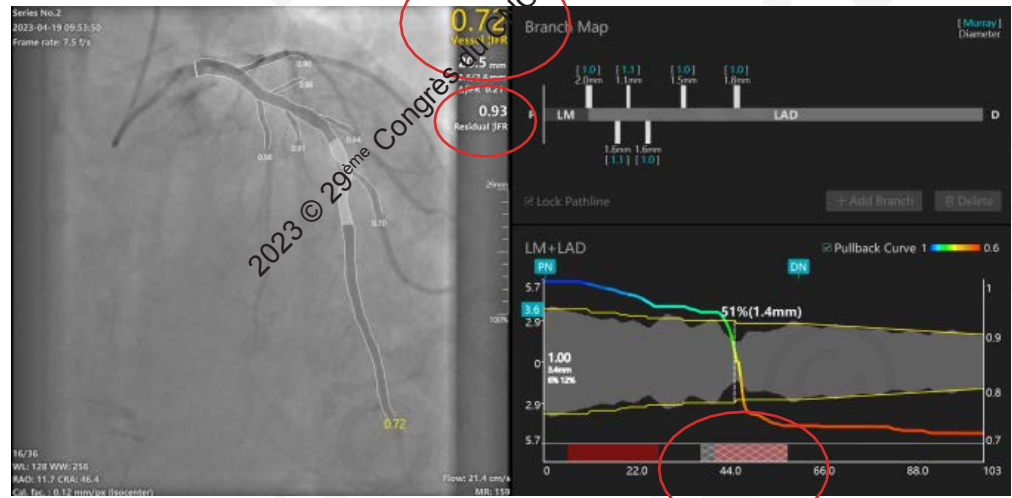
Micro FR IVA post stenting = 0,91





Cas n°2

Lésions en chapelet sur IVA 1 et 2 intérêt du stenting virtuel

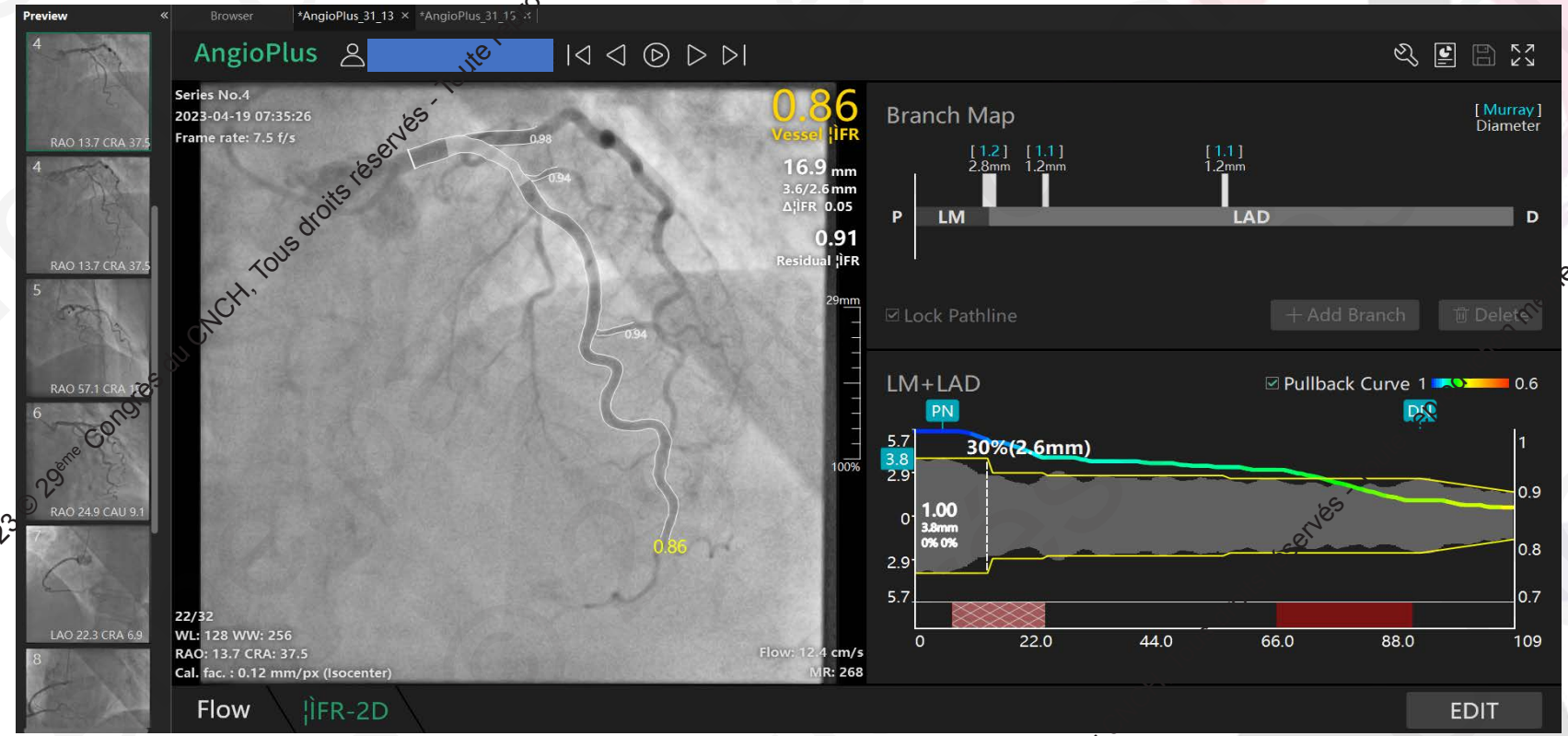




Cas n°3

FFR = MicroFR = 0,86

Lésion diffuse sur vue pull back (PPG index)



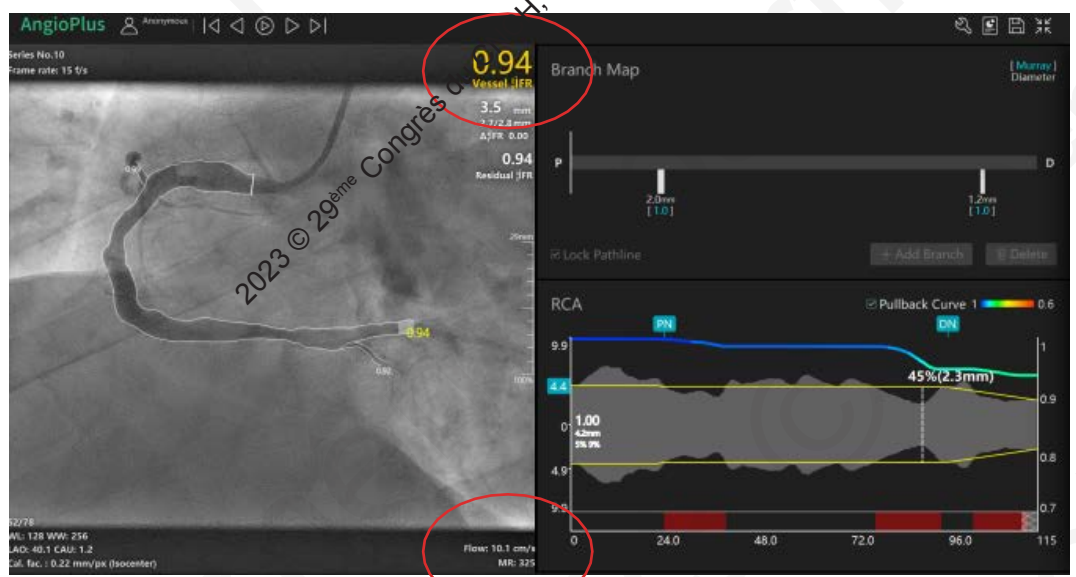
PPG : pull back pressure gradient
1 = focale / 0 = diffus



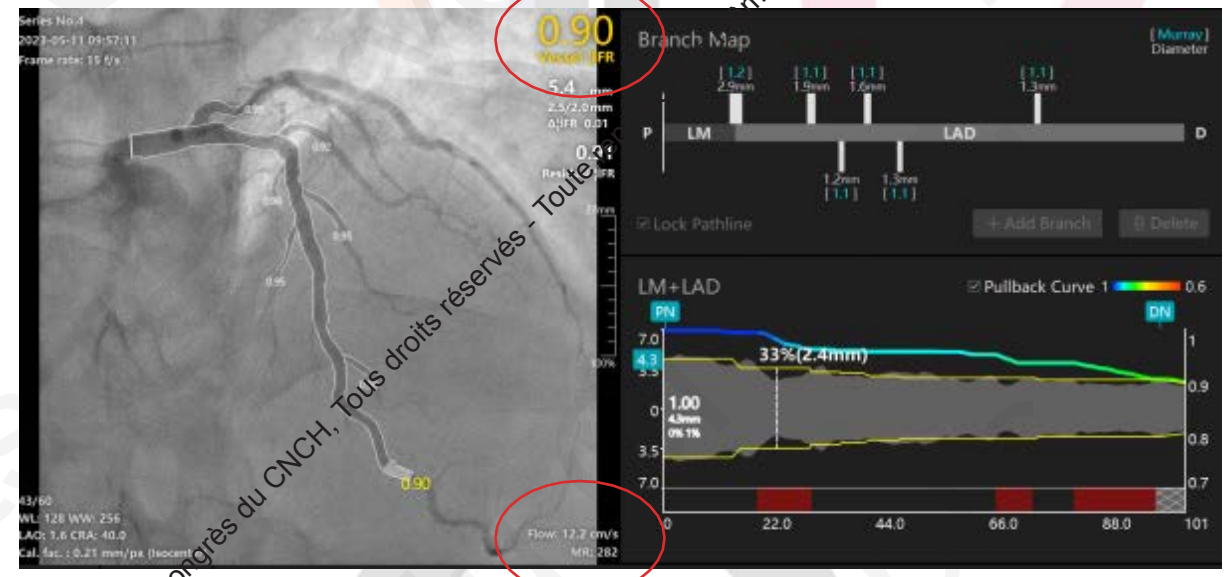
Cas n°4

Patient avec IRM de stress positif
Pas de lésion coronaire significative

μ FR négative mais AMR 282 Wood (> 250 = pathologique)



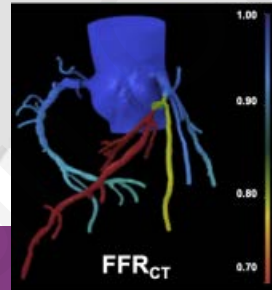
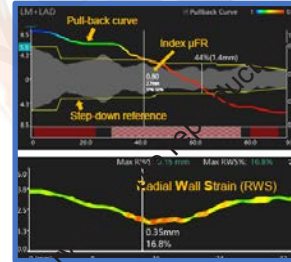
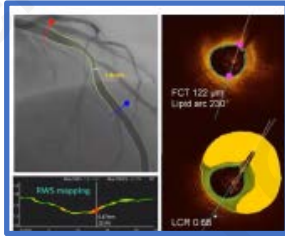
AMR élevée à 325 Wood soit IMR = 32.5



AMR élevée à 282 Wood soit IMR = 28.2

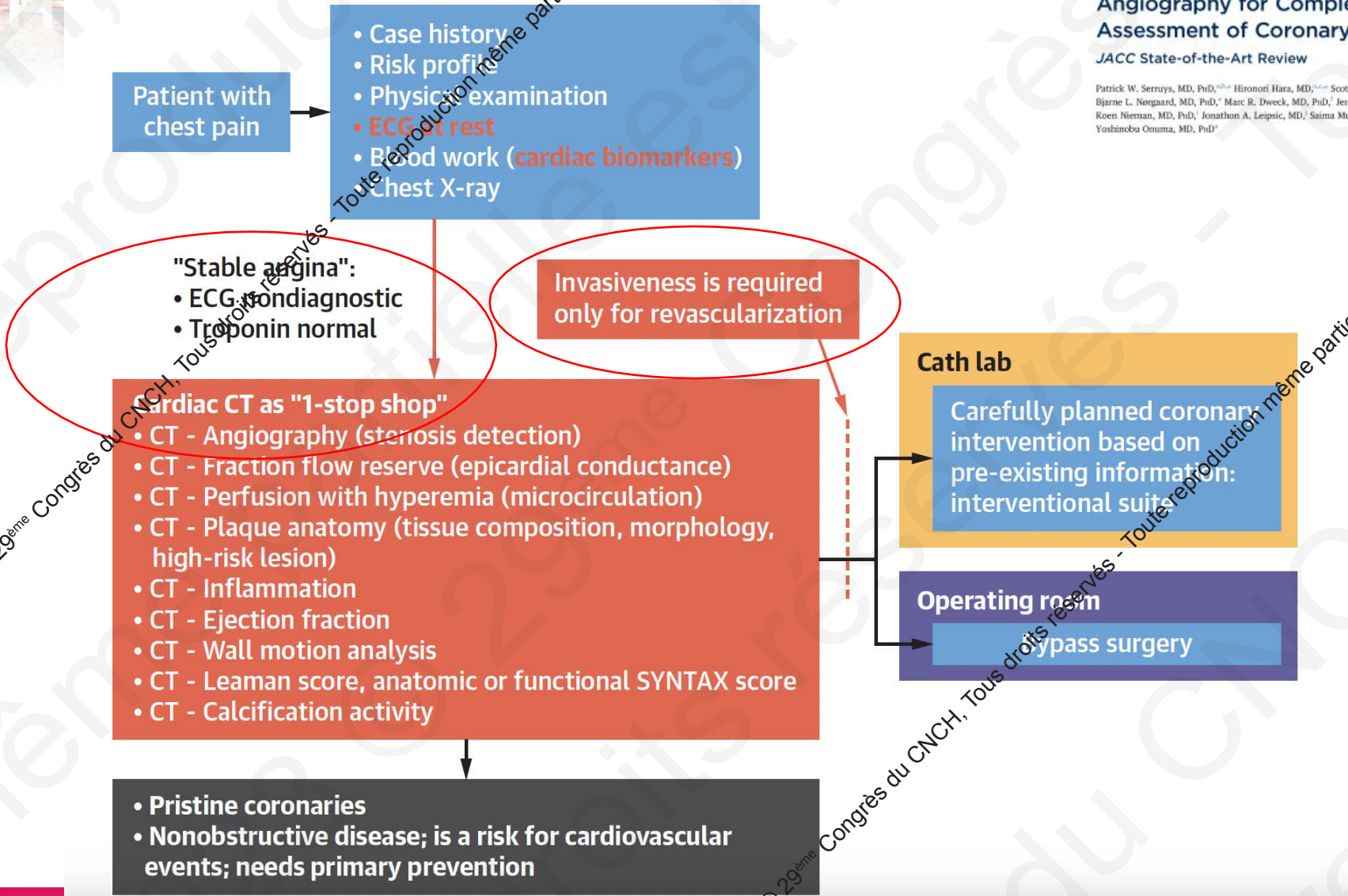
Micro FR

- Révolution en marche
 - Va remplacer la FFR classique
 - Potentialités d'IA +++
 - Microcirculation (AMR / INOCA)
 - Prédiction d'évolution de plaque (Radial Wall Strain)
 - Couplage à OCT (OFR)
- Etape avant FFR CT
 - Disparition de la coro diagnostique (hors STEMI)
 - Patients adressés au Cath lab uniquement pour PCI



THE PRESENT AND FUTURE
 JACC STATE-OF-THE-ART REVIEW
Coronary Computed Tomographic Angiography for Complete Assessment of Coronary Artery Disease
 JACC State-of-the-Art Review
 Patrick W. Serruys, MD, PhD^{1,2,3}, Hironori Fara, MD^{1,2,3}, Scott Garg, MD, PhD⁴, Hiroyuki Kawahara, MD^{5,6}, Ehsan J. Naghavi, MD, PhD⁷, Marc R. Dweck, MD, PhD⁸, Jeroen J. Bax, MD, PhD⁹, Juhani Knuuti, MD, PhD¹⁰, Koen Nieman, MD, PhD¹¹, Jonathan A. Leipsic, MD¹², Saba Mooltury, MD¹³, Dorotea Ardicovici, MD, PhD¹⁴, Yoshitaka Okumura, MD, PhD¹⁵

FIGURE 2 Future Vision for the Chest Pain Pathway



Coronary Computed Tomographic Angiography for Complete Assessment of Coronary Artery Disease

JACC State-of-the-Art Review

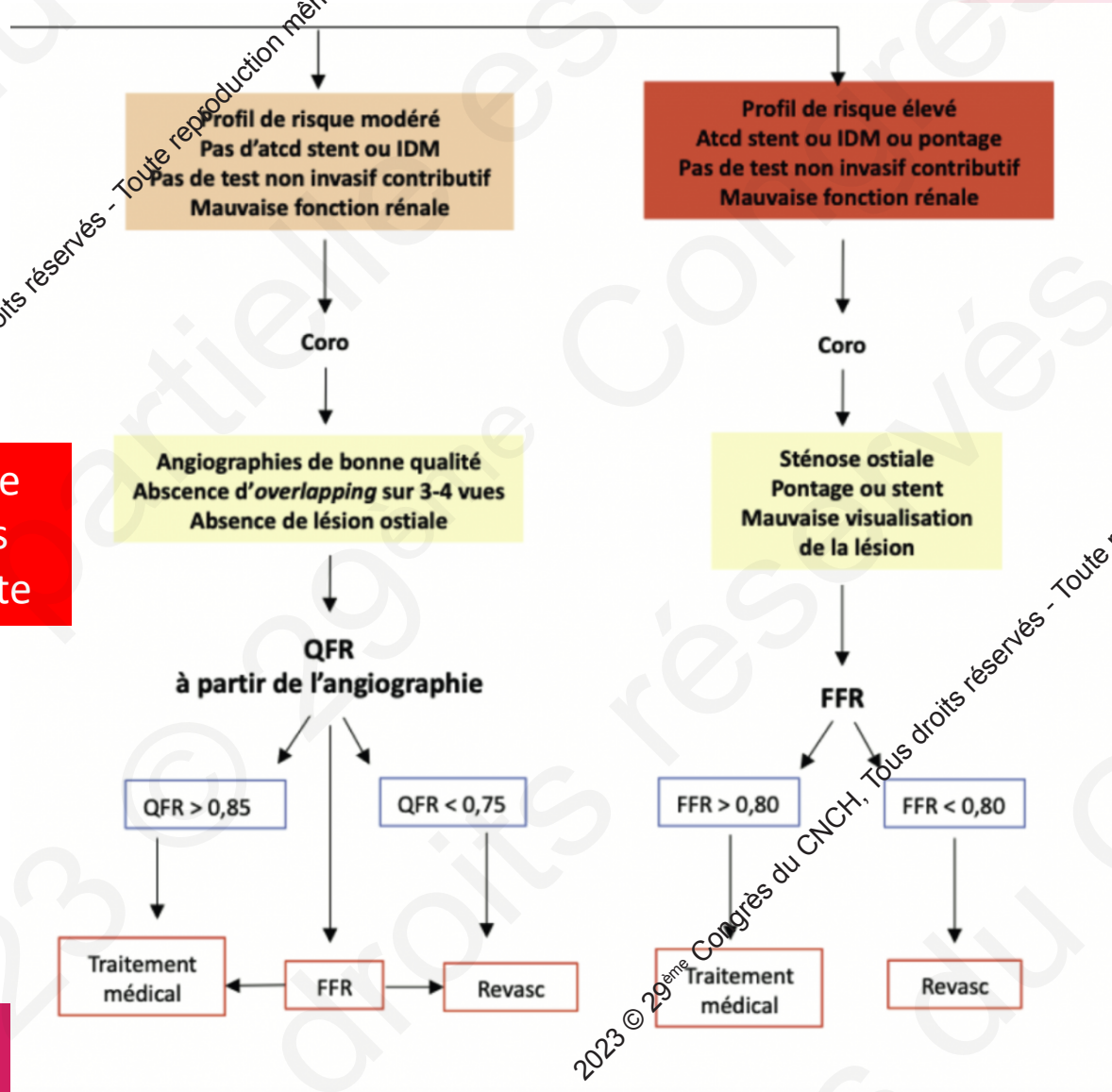
Patrick W. Serruys, MD, PhD,^{1,2,3,4} Hiromori Hara, MD,^{5,6,7} Scot Garg, MD, PhD,⁸ Hideyuki Kawashima, MD,^{9,10} Bjarne L. Norgaard, MD, PhD,¹¹ Marc R. Dweck, MD, PhD,¹² Jeroen J. Bax, MD, PhD,¹³ Juhani Knuuti, MD, PhD,¹⁴ Koen Nieman, MD, PhD,¹⁵ Jonathon A. Leipsic, MD,¹⁶ Saima Mushtaq, MD,¹⁷ Daniele Andreini, MD, PhD,¹⁸ Yoshinobu Onuma, MD, PhD¹⁹



2023 © 29^{ème} Congrès du CNCH, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est interdite.

2023 © 29^{ème} Congrès du CNCH, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est interdite.

Arbre décisionnel



En attendant que FFR virtuelle soit fiable dans 100% des cas
Faire FFR guidé en cas de doute

29^{ÈME}
CONGRES
CNCH



Collège
National des
Cardiologues des
Hôpitaux

Suivez le CNCH sur le Social Média !

#CNCHcongres



@CNCHcollege



@CNCHcollege



@CNCHcollege



Si vous voulez devenir Ambassadeur social média CNCH adressez-nous un email à cnch@sfcadio.fr