



HAL
open science

Utilisation en pratique clinique de l'échographie endocoronaire en cardiologie interventionnelle

Jean-Charles Spychaj

► **To cite this version:**

Jean-Charles Spychaj. Utilisation en pratique clinique de l'échographie endocoronaire en cardiologie interventionnelle. Sciences du Vivant [q-bio]. 2018. dumas-02008242

HAL Id: dumas-02008242

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02008242>

Submitted on 5 Feb 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Utilisation en pratique clinique de l'échographie endocoronaire
en cardiologie interventionnelle.**

T H È S E

Présentée et publiquement soutenue devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE MARSEILLE

Le 3 Octobre 2018

Par Monsieur Jean-Charles SPYCHAJ

Né le 20 novembre 1989 à Saint-Denis (LA REUNION)

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

D.E.S. de CARDIOLOGIE ET MALADIES VASCULAIRES

Membres du Jury de la Thèse :

Monsieur le Professeur BONNET Jean-Louis

Président

Monsieur le Professeur CUISSET Thomas

Assesseur

Monsieur le Professeur BONELLO Laurent

Assesseur

Monsieur le Docteur ARMERO Sébastien

Assesseur

**Utilisation en pratique clinique de l'échographie endocoronaire
en cardiologie interventionnelle.**

T H È S E

Présentée et publiquement soutenue devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE MARSEILLE

Le 3 Octobre 2018

Par Monsieur Jean-Charles SPYCHAJ

Né le 20 novembre 1989 à Saint-Denis (LA REUNION)

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

D.E.S. de CARDIOLOGIE ET MALADIES VASCULAIRES

Membres du Jury de la Thèse :

Monsieur le Professeur BONNET Jean-Louis

Président

Monsieur le Professeur CUISSET Thomas

Assesseur

Monsieur le Professeur BONELLO Laurent

Assesseur

Monsieur le Docteur ARMERO Sébastien

Assesseur

AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

Président : Yvon BERLAND

FACULTE DE MEDECINE

Doyen : Georges LEONETTI

Vice-Doyen aux Affaires Générales : Patrick DESSI
Vice-Doyen aux Professions Paramédicales : Philippe BERBIS

Assesseurs :

- * aux Etudes : Jean-Michel VITON
- * à la Recherche : Jean-Louis MEGE
- * aux Prospectives Hospitalo-Universitaires : Frédéric COLLART
- * aux Enseignements Hospitaliers : Patrick VILLANI
- * à l'Unité Mixte de Formation Continue en Santé : Fabrice BARLESI
- * pour le Secteur Nord : Stéphane BERDAH
- * aux centres hospitaliers non universitaires : Jean-Noël ARGENSON

Chargés de mission :

- * 1^{er} cycle : Jean-Marc DURAND et Marc BARTHET
- * 2^{ème} cycle : Marie-Aleth RICHARD
- * 3^{ème} cycle DES/DESC : Pierre-Edouard FOURNIER
- * Licences-Masters-Doctorat : Pascal ADALIAN
- * DU-DIU : Véronique VITTON
- * Stages Hospitaliers : Franck THUNY
- * Sciences Humaines et Sociales : Pierre LE COZ
- * Préparation à l'ECN : Aurélie DAUMAS
- * Démographie Médicale et Filiarisation : Roland SAMBUC
- * Relations Internationales : Philippe PAROLA
- * Etudiants : Arthur ESQUER

Chef des services généraux : * Déborah ROCCHICCIOLI

Chefs de service :

- * Communication : Laetitia DELOUIS
- * Examens : Caroline MOUTTET
- * Logistique : Joëlle FRAVEGA
- * Maintenance : Philippe KOCK
- * Scolarité : Christine GAUTHIER

DOYENS HONORAIRES

M. Yvon BERLAND
M. André ALI CHERIF
M. Jean-François PELLISSIER

PROFESSEURS HONORAIRES

MM	AGOSTINI Serge	MM	FIGARELLA Jacques
	ALDIGHIERI René		FONTES Michel
	ALESSANDRINI Pierre		FRANCOIS Georges
	ALLIEZ Bernard		FUENTES Pierre
	AQUARON Robert		GABRIEL Bernard
	ARGEME Maxime		GALINIER Louis
	ASSADOURIAN Robert		GALLAIS Hervé
	AUFFRAY Jean-Pierre		GAMERRE Marc
	AUTILLO-TOUATI Amapola		GARCIN Michel
	AZORIN Jean-Michel		GARNIER Jean-Marc
	BAILLE Yves		GAUTHIER André
	BARDOT Jacques		GERARD Raymond
	BARDOT André		GEROLAMI-SANTANDREA André
	BERARD Pierre		GIUDICELLI Roger
	BERGOIN Maurice		GIUDICELLI Sébastien
	BERNARD Dominique		GOUDARD Alain
	BERNARD Jean-Louis		GOUIN François
	BERNARD Pierre-Marie		GRISOLI François
	BERTRAND Edmond		GROULIER Pierre
	BISSET Jean-Pierre		HADIDA/SAYAG Jacqueline
	BLANC Bernard		HASSOUN Jacques
	BLANC Jean-Louis		HEIM Marc
	BOLLINI Gérard		HOUEL Jean
	BONGRAND Pierre		HUGUET Jean-François
	BONNEAU Henri		JAQUET Philippe
	BONNOIT Jean		JAMMES Yves
	BORY Michel		JOUVE Paulette
	BOTTA Alain		JUHAN Claude
	BOURGEADE Augustin		JUIN Pierre
	BOUVENOT Gilles		KAPHAN Gérard
	BOUYALA Jean-Marie		KASBARIAN Michel
	BREMOND Georges		KLEISBAUER Jean-Pierre
	BRICOT René		LACHARD Jean
	BRUNET Christian		LAFFARGUE Pierre
	BUREAU Henri		LAUGIER René
	CAMBOULIVES Jean		LEVY Samuel
	CANNONI Maurice		LOUCHET Edmond
	CARTOUZOU Guy		LOUIS René
			LUCIANI Jean-Marie
	CHAMLIAN Albert		MAGALON Guy
	CHARREL Michel		MAGNAN Jacques
	CHAUVEL Patrick		MALLAN- MANCINI Josette
	CHOUX Maurice		MALMEJAC Claude
	CIANFARANI François		MATTEI Jean François
	CLEMENT Robert		MERCIER Claude
	COMBALBERT André		METGE Paul
	CONTE-DEVOLX Bernard		MICHOTEY Georges
	CORRIOL Jacques		MILLET Yves
	COULANGE Christian		MIRANDA François
	DALMAS Henri		MONFORT Gérard
	DE MICO Philippe		MONGES André
	DELARQUE Alain		MONGIN Maurice
	DEVIN Robert		MONTIES Jean-Raoul
	DEVRED Philippe		NAZARIAN Serge
	DJIANE Pierre		NICOLI René
	DONNET Vincent		NOIRCLERC Michel
	DUCASSOU Jacques		OLMER Michel
	DUFOUR Michel		OREHEK Jean
	DUMON Henri		PAPY Jean-Jacques
	FARNARIER Georges		PAULIN Raymond
	FAVRE Roger		PELOUX Yves
	FIECHI Marius		PENAUD Antony

MM PENE Pierre
PIANA Lucien
PICAUD Robert
PIGNOL Fernand
POGGI Louis
POITOUT Dominique
PONCET Michel
POUGET Jean
PRIVAT Yvan
QUILICHINI Francis
RANQUE Jacques
RANQUE Philippe
RICHAUD Christian
ROCHAT Hervé
ROHNER Jean-Jacques
ROUX Hubert
ROUX Michel
RUFO Marcel
SAHEL José
SALAMON Georges
SALDUCCI Jacques
SAN MARCO Jean-Louis
SANKALE Marc
SARACCO Jacques
SARLES Jean-Claude
SASTRE Bernard
SCHIANO Alain
SCOTTO Jean-Claude
SEBAHOUN Gérard
SERMENT Gérard
SERRATRICE Georges
SOULAYROL René
STAHL André
TAMALET Jacques
TARANGER-CHARPIN Colette
THOMASSIN Jean-Marc
UNAL Daniel
VAGUE Philippe
VAGUE/JUHAN Irène
VANUXEM Paul
VERVLOET Daniel
VIALETTES Bernard
WEILLER Pierre-Jean

PROFESSEURS HONORIS CAUSA

1967

MM. les Professeurs
DADI (Italie)
CID DOS SANTOS (Portugal)

1974

MM. les Professeurs
MAC ILWAIN (Grande-Bretagne)
T.A. LAMBO (Suisse)

1975

MM. les Professeurs
O. SWENSON (U.S.A.)
Lord J.WALTON of DETCHANT (Grande-Bretagne)

1976

MM. les Professeurs
P. FRANCHIMONT (Belgique)
Z.J. BOWERS (U.S.A.)

1977

MM. les Professeurs
C. GAJDUSEK-Prix Nobel (U.S.A.)
C.GIBBS (U.S.A.)
J. DACIE (Grande-Bretagne)

1978

M. le Président
F. HOUPHOUET-BOIGNY (Côte d'Ivoire)

1980

MM. les Professeurs
A. MARGULIS (U.S.A.)
R.D. ADAMS (U.S.A.)

1981

MM. les Professeurs
H. RAPPAPORT (U.S.A.)
M. SCHOU (Danemark)
M. AMENT (U.S.A.)
Sir A. HUXLEY (Grande-Bretagne)
S. REFSUM (Norvège)

1982

M. le Professeur
W.H. HENDREN (U.S.A.)

1985

MM. les Professeurs
S. MASSRY (U.S.A.)
KLINSMANN (R.D.A.)

1986

MM. les Professeurs
E. MIHICH (U.S.A.)
T. MUNSAT (U.S.A.)
LIANA BOLIS (Suisse)
L.P. ROWLAND (U.S.A.)

1987

M. le Professeur
P.J. DYCK (U.S.A.)

1988

MM. les Professeurs
R. BERGUER (U.S.A.)
W.K. ENGEL (U.S.A.)
V. ASKANAS (U.S.A.)
J. WEHSTER KIRKLIN (U.S.A.)
A. DAVIGNON (Canada)
A. BETTARELLO (Brésil)

1989

M. le Professeur
P. MUSTACCHI (U.S.A.)

1990	
MM. les Professeurs	J.G. MC LEOD (Australie) J. PORTER (U.S.A.)
1991	
MM. les Professeurs	J. Edward MC DADE (U.S.A.) W. BURGDORFER (U.S.A.)
1992	
MM. les Professeurs	H.G. SCHWARZACHER (Autriche) D. CARSON (U.S.A.) T. YAMAMURO (Japon)
1994	
MM. les Professeurs	G. KARPATI (Canada) W.J. KOLFF (U.S.A.)
1995	
MM. les Professeurs	D. WALKER (U.S.A.) M. MULLER (Suisse) V. BONOMINI (Italie)
1997	
MM. les Professeurs	C. DINARELLO (U.S.A.) D. STULBERG (U.S.A.) A. MEIKLE DAVISON (Grande-Bretagne) P.I. BRANEMARK (Suède)
1998	
MM. les Professeurs	O. JARDETSKY (U.S.A.)
1999	
MM. les Professeurs	J. BOTELLA LLUSIA (Espagne) D. COLLEN (Belgique) S. DIMAURO (U. S. A.)
2000	
MM. les Professeurs	D. SPIEGEL (U. S. A.) C. R. CONTI (U.S.A.)
2001	
MM. les Professeurs	P-B. BENNET (U. S. A.) G. HUGUES (Grande Bretagne) J-J. O'CONNOR (Grande Bretagne)
2002	
MM. les Professeurs	M. ABEDI (Canada) K. DAI (Chine)
2003	
M. le Professeur Sir	T. MARRIE (Canada) G.K. RADDI (Grande Bretagne)
2004	
M. le Professeur	M. DAKE (U.S.A.)
2005	
M. le Professeur	L. CAVALLI-SFORZA (U.S.A.)
2006	
M. le Professeur	A. R. CASTANEDA (U.S.A.)
2007	
M. le Professeur	S. KAUFMANN (Allemagne)

EMERITAT

2008

M. le Professeur	LEVY Samuel	31/08/2011
Mme le Professeur	JUHAN-VAGUE Irène	31/08/2011
M. le Professeur	PONCET Michel	31/08/2011
M. le Professeur	KASBARIAN Michel	31/08/2011
M. le Professeur	ROBERTOUX Pierre	31/08/2011

2009

M. le Professeur	DJIANE Pierre	31/08/2011
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2012

2010

M. le Professeur	MAGNAN Jacques	31/12/2014
------------------	----------------	------------

2011

M. le Professeur	DI MARINO Vincent	31/08/2015
M. le Professeur	MARTIN Pierre	31/08/2015
M. le Professeur	METRAS Dominique	31/08/2015

2012

M. le Professeur	AUBANIAC Jean-Manuel	31/08/2015
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2015
M. le Professeur	CAMBOULIVES Jean	31/08/2015
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2015
M. le Professeur	MATTEI Jean-François	31/08/2015
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2015
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2015

2013

M. le Professeur	BRANCHEREAU Alain	31/08/2016
M. le Professeur	CARAYON Pierre	31/08/2016
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2016
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2016
M. le Professeur	HENRY Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	LE GUICHAOUA Marie-Roberte	31/08/2016
M. le Professeur	RUFO Marcel	31/08/2016
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2016

2014

M. le Professeur	FUENTES Pierre	31/08/2017
M. le Professeur	GAMERRE Marc	31/08/2017
M. le Professeur	MAGALON Guy	31/08/2017
M. le Professeur	PERAGUT Jean-Claude	31/08/2017
M. le Professeur	WEILLER Pierre-Jean	31/08/2017

2015

M. le Professeur	COULANGE Christian	31/08/2018
M. le Professeur	COURAND François	31/08/2018
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2016
M. le Professeur	MATTEI Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2016
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2016

2016

M. le Professeur	BONGRAND Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2017
M. le Professeur	BRUNET Christian	31/08/2019
M. le Professeur	CAU Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2017
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2017
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2019
M. le Professeur	JAMMES Yves	31/08/2019
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2019
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2017
M. le Professeur	POITOUT Dominique	31/08/2019
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2017
M. le Professeur	VIALETTES Bernard	31/08/2019

2017

M. le Professeur	ALESSANDRINI Pierre	31/08/2020
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2018
M. le Professeur	CHAUVEL Patrick	31/08/2020
M. le Professeur	COZZONE Pierre	31/08/2018
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2018
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2018
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2018
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2018

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

AGOSTINI FERRANDES Aubert	CHOSSEGROS Cyrille	GRIMAUD Jean-Charles
ALBANESE Jacques	<i>CLAVERIE Jean-Michel Surnombre</i>	GROB Jean-Jacques
ALIMI Yves	COLLART Frédéric	GUEDJ Eric
AMABILE Philippe	COSTELLO Régis	GUIEU Régis
AMBROSI Pierre	COURBIERE Blandine	GUIS Sandrine
ANDRE Nicolas	COWEN Didier	GUYE Maxime
ARGENSON Jean-Noël	CRAVELLO Ludovic	GUYOT Laurent
ASTOUL Philippe	CUISSET Thomas	GUYS Jean-Michel
ATTARIAN Shahram	CURVALE Georges	HABIB Gilbert
AUDOUIN Bertrand	DA FONSECA David	HARDWIGSEN Jean
AUQUIER Pascal	DAHAN-ALCARAZ Laetitia	HARLE Jean-Robert
AVIERINOS Jean-François	DANIEL Laurent	HOFFART Louis
AZULAY Jean-Philippe	DARMON Patrice	HOUVENAEGHEL Gilles
BAILLY Daniel	D'ERCOLE Claude	JACQUIER Alexis
BARLESI Fabrice	D'JOURNO Xavier	JOURDE-CHICHE Noémie
BARLIER-SETTI Anne	DEHARO Jean-Claude	JOUVE Jean-Luc
BARTHET Marc	DELPERO Jean-Robert	KAPLANSKI Gilles
BARTOLI Jean-Michel	DENIS Danièle	KARSENTY Gilles
BARTOLI Michel	<i>DESSEIN Alain Surnombre</i>	KERBAUL François
<i>BARTOLIN Robert Surnombre</i>	DESSI Patrick	KRAHN Martin
BARTOLOMEI Fabrice	DISDIER Patrick	LAFFORGUE Pierre
BASTIDE Cyrille	DODDOLI Christophe	LAGIER Jean-Christophe
BENSOUSSAN Laurent	DRANCOURT Michel	LAMBAUDIE Eric
BERBIS Philippe	DUBUS Jean-Christophe	LANCON Christophe
BERDAH Stéphane	DUFFAUD Florence	LA SCOLA Bernard
<i>BERLAND Yvon Surnombre</i>	DUFOUR Henry	LAUNAY Franck
BERNARD Jean-Paul	DURAND Jean-Marc	LAVIEILLE Jean-Pierre
BEROUD Christophe	DUSSOL Bertrand	LE CORROLLER Thomas
BERTUCCI François	<i>ENJALBERT Alain Surnombre</i>	<i>LE TREUT Yves-Patrice Surnombre</i>
BLAISE Didier	EUSEBIO Alexandre	LECHEVALLIER Eric
BLIN Olivier	FAKHRY Nicolas	LEGRE Régis
BLONDEL Benjamin	<i>FAUGERE Gérard Surnombre</i>	LEHUCHER-MICHEL Marie-Pascale
BONIN/GUILLAUME Sylvie	FELICIAN Olivier	LEONE Marc
BONELLO Laurent	FENOLLAR Florence	LEONETTI Georges
BONNET Jean-Louis	FIGARELLA/BRANGER Dominique	LEPIDI Hubert
BOTTA/FRIDLUND Danielle	FLECHER Xavier	LEVY Nicolas
BOUBLI Léon	FOURNIER Pierre-Edouard	MACE Loïc
BOYER Laurent	<i>FRANCES Yves Surnombre</i>	MAGNAN Pierre-Edouard
BREGEON Fabienne	FUENTES Stéphane	<i>MARANINCHI Dominique Surnombre</i>
BRETELLE Florence	GABERT Jean	<i>MARTIN Claude Surnombre</i>
BROUQUI Philippe	GAINNIER Marc	MATONTI Frédéric
BRUDER Nicolas	GARCIA Stéphane	MEGE Jean-Louis
BRUE Thierry	GARIBOLDI Vlad	MERROT Thierry
BRUNET Philippe	GAUDART Jean	METZLER/GUILLEMAIN Catherine
BURTEY Stéphane	GAUDY-MARQUESTE Caroline	MEYER/DUTOUR Anne
CARCOPINO-TUSOLI Xavier	GENTILE Stéphanie	MICCALEF/ROLL Joëlle
CASANOVA Dominique	GERBEAUX Patrick	MICHEL Fabrice
CASTINETTI Frédéric	GEROLAMI/SANTANDREA René	MICHEL Gérard
CECCALDI Mathieu	GILBERT/ALESSI Marie-Christine	MICHELET Pierre
CHABOT Jean-Michel	GIORGI Roch	MILH Mathieu
CHAGNAUD Christophe	GIOVANNI Antoine	MOAL Valérie
CHAMBOST Hervé	GIRARD Nadine	MONCLA Anne
CHAMPSAUR Pierre	GIRAUD/CHABROL Brigitte	MORANGE Pierre-Emmanuel
CHANEZ Pascal	GONCALVES Anthony	MOULIN Guy
CHARAFFE-JAUFFRET Emmanuelle	GORINCOUR Guillaume	MOUTARDIER Vincent
CHARREL Rémi	GRANEL/REY Brigitte	<i>MUNDLER Olivier Surnombre</i>
<i>CHARPIN Denis Surnombre</i>	GRANVAL Philippe	NAUDIN Jean
CHAUMOITRE Kathia	GREILLIER Laurent	NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier
CHIARONI Jacques	<i>GRILLO Jean-Marie Surnombre</i>	NICOLLAS Richard
CHINOT Olivier		OLIVE Daniel

OUAFIK L'Houcine
PAGANELLI Franck
PANUEL Michel
PAPAZIAN Laurent
PAROLA Philippe
PARRATTE Sébastien
PELISSIER-ALICOT Anne-Laure
PELLETIER Jean
PETIT Philippe
PHAM Thao
PIERCECCHI/MARTI Marie-Dominique
PIQUET Philippe
PIRRO Nicolas
POINSO François
RACCAH Denis
RAOULT Didier
REGIS Jean
REYNAUD/GAUBERT Martine
REYNAUD Rachel
RICHARD/LALLEMAND Marie-Aleth
RIDINGS Bernard Surnombre

ROCHE Pierre-Hugues
ROCH Antoine
ROCHWERGER Richard
ROLL Patrice
ROSSI Dominique
ROSSI Pascal
ROUDIER Jean
SALAS Sébastien
SAMBUC Roland Surnombre
SARLES Jacques
SARLES/PHILIP Nicole
SCAVARDA Didier
SCHLEINITZ Nicolas
SEBAG Frédéric
SEITZ Jean-François
SIELEZNEFF Igor
SIMON Nicolas
STEIN Andréas
TAIEB David
THIRION Xavier
THOMAS Pascal

THUNY Franck
TREBUCHON-DA FONSECA Agnès
TRIGLIA Jean-Michel
TROPIANO Patrick
TSIMARATOS Michel
TURRINI Olivier
VALERO René
VAROQUAUX Arthur Damien
VELLY Lionel
VEY Norbert
VIDAL Vincent
VIENS Patrice
VILLANI Patrick
VITON Jean-Michel
VITTON Véronique
VIEHWEGER Heide Elke
VIVIER Eric
XERRI Luc

PROFESSEUR DES UNIVERSITES

ADALIAN Pascal
AGHABABIAN Valérie
BELIN Pascal
CHABANNON Christian
CHABRIERE Eric
FERON François
LE COZ Pierre
LEVASSEUR Anthony
RANJEVA Jean-Philippe
SOBOL Hagay

PROFESSEUR CERTIFIE

BRANDENBURGER Chantal

PRAG

TANTI-HARDOUIN Nicolas

PROFESSEUR ASSOCIE DE MEDECINE GENERALE A MI-TEMPS

ADNOT Sébastien
FILIPPI Simon

PROFESSEUR ASSOCIE A TEMPS PARTIEL

BURKHART Gary

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

ACHARD Vincent (<i>disponibilité</i>)	FABRE Alexandre	NINOVE Laetitia
ANGELAKIS Emmanouil	FOLETTI Jean- Marc	NOUGAIREDE Antoine
ATLAN Catherine (<i>disponibilité</i>)	FOUILLOUX Virginie	OLLIVIER Matthieu
BARTHELEMY Pierre	FROMNOT Julien	OUDIN Claire
BARTOLI Christophe	GABORIT Bénédicte	OVAERT Caroline
BEGE Thierry	GASTALDI Marguerite	PAULMYER/LACROIX Odile
BELIARD Sophie	GELSI/BOYER Véronique	PERRIN Jeanne
BERBIS Julie	GIUSIANO Bernard	RANQUE Stéphane
BERGE-LEFRANC Jean-Louis	GIUSIANO COURCAMBECK Sophie	REY Marc
BEYER-BERJOT Laura	GONZALEZ Jean-Michel	ROBERT Philippe
BIRNBAUM David	GOURIET Frédérique	SABATIER Renaud
BONINI Francesca	GRAILLON Thomas	SARI-MINODIER Irène
BOUCRAUT Joseph	GRISOLI Dominique	SARLON-BARTOLI Gabrielle
BOULAMERY Audrey	GUENOUN MEYSSIGNAC Daphné	SAVEANU Alexandru
BOULLU/CIOCCA Sandrine	GUIDON Catherine	SECQ Véronique
BUFFAT Christophe	HAUTIER/KRAHN Aurélie	TOGA Caroline
CAMILLERI Serge	HRAIECH Sami	TOGA Isabelle
CARRON Romain	KASPI-PEZZOLI Elise	TROUSSE Delphine
CASSAGNE Carole	L'OLLIVIER Coralie	TUCHTAN-TORRENTS Lucile
CHAUDET Hervé	LABIT-BOUVIER Corinne	VALLI Marc
COZE Carole	LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina	VELY Frédéric
DADOUN Frédéric (<i>disponibilité</i>)	LAGIER Aude (<i>disponibilité</i>)	VION-DURY Jean
DALES Jean-Philippe	LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude	ZATTARA/CANNONI Hélène
DAUMAS Aurélie	LEVY/MOZZICONACCI Annie	
DEGEORGES/VITTE Joëlle	LOOSVELD Marie	
DEL VOLGO/GORI Marie-José	MANCINI Julien	
DELLIAUX Stéphane	MARY Charles	
DESPLAT/JEGO Sophie	MASCAUX Céline	
DEVEZE Arnaud (<i>Disponibilité</i>)	MAUES DE PAULA André	
DUBOURG Grégory	MILLION Matthieu	
DUFOUR Jean-Charles	MOTTOLA GHIGO Giovanna	
EBBO Mikaël	NGUYEN PHONG Karine	

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

(mono-appartenants)

ABU ZINEH Mohammad	DEGIOANNI/SALLE Anna	POGGI Marjorie
BARBACARU/PERLES T. A.	DESNUES Benoît	RUEL Jérôme
BERLAND/BENHAIM Caroline		STEINBERG Jean-Guillaume
BOUCAULT/GARROUSTE Françoise	MARANINCHI Marie	THOLLON Lionel
BOYER Sylvie	MERHEJ/CHAUVEAU Vicky	THIRION Sylvie
COLSON Sébastien	MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte	VERNA Emeline

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

GENTILE Gaëtan

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE à MI-TEMPS

BARGIER Jacques
BONNET Pierre-André
CALVET-MONTREDON Céline
GUIDA Pierre
JANCZEWSKI Aurélie

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE à MI-TEMPS

REVIS Joana

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE à TEMPS-PLEIN

TOMASINI Pascale

PROFESSEURS DES UNIVERSITES et MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS
PROFESSEURS ASSOCIES, MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES mono-appartenants

ANATOMIE 4201

CHAMPSAUR Pierre (PU-PH)
LE CORROLLER Thomas (PU-PH)
PIRRO Nicolas (PU-PH)

GUENOUN-MEYSSIGNAC Daphné (MCU-PH)
LAGIER Aude (MCU-PH) disponibilité

THOLLON Lionel (MCF) (60ème section)

ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES 4203

CHARAFE/JAUFFRET Emmanuelle (PU-PH)
DANIEL Laurent (PU-PH)
FIGARELLA/BRANGER Dominique (PU-PH)
GARCIA Stéphane (PU-PH)
XERRI Luc (PU-PH)

DALES Jean-Philippe (MCU-PH)
GIUSIANO COURCAMBECK Sophie (MCU PH)
LABIT/BOUVIER Corinne (MCU-PH)
MAUES DE PAULA André (MCU-PH)
SECQ Véronique (MCU-PH)

**ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION CHIRURGICALE ;
MEDECINE URGENCE 4801**

ALBANESE Jacques (PU-PH)
BRUDER Nicolas (PU-PH)
KERBAUL François (PU-PH)
LEONE Marc (PU-PH)
MARTIN Claude (PU-PH) Surnombre
MICHEL Fabrice (PU-PH)
MICHELET Pierre (PU-PH)
VELLY Lionel (PU-PH)

GUIDON Catherine (MCU-PH)

ANGLAIS 11

BRANDENBURGER Chantal (PRCE)

BURKHART Gary (PAST)

**BIOLOGIE ET MEDECINE DU DEVELOPPEMENT
ET DE LA REPRODUCTION ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5405**

METZLER/GUILLEMAIN Catherine (PU-PH)

PERRIN Jeanne (MCU-PH)

BIOPHYSIQUE ET MEDECINE NUCLEAIRE 4301

GUEDJ Eric (PU-PH)
GUYE Maxime (PU-PH)
MUNDLER Olivier (PU-PH) Surnombre
TAIEB David (PU-PH)

BELIN Pascal (PR) (69ème section)
RANJEVA Jean-Philippe (PR) (69ème section)

CAMMILLERI Serge (MCU-PH)
VION-DURY Jean (MCU-PH)

BARBACARU/PERLES Téodora Adriana (MCF) (69ème section)

**BIOSTATISTIQUES, INFORMATIQUE MEDICALE
ET TECHNOLOGIES DE COMMUNICATION 4604**

CLAVERIE Jean-Michel (PU-PH) Surnombre
GAUDART Jean (PU-PH)
GIORGI Roch (PU-PH)

CHAUDET Hervé (MCU-PH)
DUFOUR Jean-Charles (MCU-PH)

ANTHROPOLOGIE 20

ADALIAN Pascal (PR)

DEGIOANNI/SALLE Anna (MCF)
VERNA Emeline (MCF)

BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE 4501

CHARREL Rémi (PU PH)
DRANCOURT Michel (PU-PH)
FENOLLAR Florence (PU-PH)
FOURNIER Pierre-Edouard (PU-PH)
NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier (PU-PH)
LA SCOLA Bernard (PU-PH)
RAOULT Didier (PU-PH)

ANGELAKIS Emmanouil (MCU-PH)
DUBOURG Grégory (MCU-PH)
GOURIET Frédérique (MCU-PH)
NOUGAIREDE Antoine (MCU-PH)
NINOVE Laetitia (MCU-PH)

CHABRIERE Eric (PR) (64ème section)
LEVASSEUR Anthony (PR) (64ème section)
DESNUES Benoit (MCF) (65ème section)
MERHEJ/CHAUVEAU Vicky (MCF) (87ème section)

BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE 4401

BARLIER/SETTI Anne (PU-PH)
ENJALBERT Alain (PU-PH) Surnombre
GABERT Jean (PU-PH)
GUIEU Régis (PU-PH)
OUAFIK L'Houcine (PU-PH)

BUFFAT Christophe (MCU-PH)
FROMNOT Julien (MCU-PH)
MOTTOLA GHIGO Giovanna (MCU-PH)
SAVEANU Alexandru (MCU-PH)

BIOLOGIE CELLULAIRE 4403

ROLL Patrice (PU-PH)

GASTALDI Marguerite (MCU-PH)
KASPI-PEZZOLI Elise (MCU-PH)
LEVY-MOZZICONNACCI Annie (MCU-PH)

CARDIOLOGIE 5102

AVIERINOS Jean-François (PU-PH)
BONELLO Laurent (PU PH)
BONNET Jean-Louis (PU-PH)
CUISSSET Thomas (PU-PH)
DEHARO Jean-Claude (PU-PH)
FRANCESCHI Frédéric (PU-PH)
HABIB Gilbert (PU-PH)
PAGANELLI Franck (PU-PH)
THUNY Franck (PU-PH)

CHIRURGIE DIGESTIVE 5202

BERDAH Stéphane (PU-PH)
HARDWIGSEN Jean (PU-PH)
LE TREUT Yves-Patrice (PU-PH) Surnombre
SIELEZNEFF Igor (PU-PH)

BEYER-BERJOT Laura (MCU-PH)

CHIRURGIE GENERALE 5302

GIUSIANO Bernard (MCU-PH)
MANCINI Julien (MCU-PH)

ABU ZAINEH Mohammad (MCF) (5ème section)
BOYER Sylvie (MCF) (5ème section)

CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE 5002

ARGENSON Jean-Noël (PU-PH)
BLONDEL Benjamin (PU-PH)
CURVALE Georges (PU-PH)
FLECHER Xavier (PU-PH)
PARRATTE Sébastien (PU-PH)
ROCHWERGER Richard (PU-PH)
TROPIANO Patrick (PU-PH)

OLLIVIER Matthieu (MCU-PH)

CANCEROLOGIE ; RADIOTHERAPIE 4702

BERTUCCI François (PU-PH)
CHINOT Olivier (PU-PH)
COWEN Didier (PU-PH)
DUFFAUD Florence (PU-PH)
GONCALVES Anthony (PU-PH)
HOUVENAEGHEL Gilles (PU-PH)
LAMBAUDIE Eric (PU-PH)
MARANINCHI Dominique (PU-PH) *Surnombre*
SALAS Sébastien (PU-PH)
VIENS Patrice (PU-PH)

SABATIER Renaud (MCU-PH)

CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE 5103

COLLART Frédéric (PU-PH)
D'JOURNO Xavier (PU-PH)
DODDOLI Christophe (PU-PH)
GARIBOLDI Vlad (PU-PH)
MACE Loïc (PU-PH)
THOMAS Pascal (PU-PH)

FOUILLOUX Virginie (MCU-PH)
GRISOLI Dominique (MCU-PH)
TROUSSE Delphine (MCU-PH)

CHIRURGIE VASCULAIRE ; MEDECINE VASCULAIRE 5104

ALIMI Yves (PU-PH)
AMABILE Philippe (PU-PH)
BARTOLI Michel (PU-PH)
MAGNAN Pierre-Edouard (PU-PH)
PIQUET Philippe (PU-PH)

SARLON-BARTOLI Gabrielle (MCU-PH)

HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE ET CYTOGENETIQUE 4202

GRILLO Jean-Marie (PU-PH) *Surnombre*
LEPIDI Hubert (PU-PH)

ACHARD Vincent (MCU-PH) *disponibilité*
PAULMYER/LACROIX Odile (MCU-PH)

DERMATOLOGIE - VENEREOLOGIE 5003

BERBIS Philippe (PU-PH)
GAUDY/MARQUESTE Caroline (PU-PH)
GROB Jean-Jacques (PU-PH)
RICHARD/LALLEMAND Marie-Aleth (PU-PH)

DUSI

COLSON Sébastien (MCF)

**ENDOCRINOLOGIE ,DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES ;
GYNECOLOGIE MEDICALE 5404**

BRUE Thierry (PU-PH)
CASTINETTI Frédéric (PU-PH)

EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION 4601

AUQUIER Pascal (PU-PH)
BOYER Laurent (PU-PH)
CHABOT Jean-Michel (PU-PH)
GENTILE Stéphanie (PU-PH)
SAMBUC Roland (PU-PH) *Surnombre*
THIRION Xavier (PU-PH)

DELPERO Jean-Robert (PU-PH)
MOUTARDIER Vincent (PU-PH)
SEBAG Frédéric (PU-PH)
TURRINI Olivier (PU-PH)

BEGE Thierry (MCU-PH)
BIRNBAUM David (MCU-PH)

CHIRURGIE INFANTILE 5402

GUYSS Jean-Michel (PU-PH)
JOUVE Jean-Luc (PU-PH)
LAUNAY Franck (PU-PH)
MERRROT Thierry (PU-PH)
VIEHWEGER Heide Elke (PU-PH)

CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE 5503

CHOSSEGROS Cyrille (PU-PH)
GUYOT Laurent (PU-PH)

FOLETTI Jean-Marc (MCU-PH)

CHIRURGIE PLASTIQUE,

RECONSTRUCTRICE ET ESTHETIQUE ; BRÛOLOGIE 5004

CASANOVA Dominique (PU-PH)
LEGRE Régis (PU-PH)

HAUTIER/KRAHN Aurélie (MCU-PH)

GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE ; ADDICTOLOGIE 5201

BARTHET Marc (PU-PH)
BERNARD Jean-Paul (PU-PH)
BOTTA-FRIDLUND Danielle (PU-PH)
DAHAN-ALCARAZ Laetitia (PU-PH)
GEROLAMI-SANTANDREA René (PU-PH)
GRANDVAL Philippe (PU-PH)
GRIMAUD Jean-Charles (PU-PH)
SEITZ Jean-François (PU-PH)
VITTON Véronique (PU-PH)

GONZALEZ Jean-Michel (MCU-PH)

GENETIQUE 4704

BEROUD Christophe (PU-PH)
KRAHN Martin (PU-PH)
LEVY Nicolas (PU-PH)
MONCLA Anne (PU-PH)
SARLES/PHILIP Nicole (PU-PH)

NGYUEN Karine (MCU-PH)
TOGA Caroline (MCU-PH)
ZATTARA/CANNONI Hélène (MCU-PH)

GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5403

AGOSTINI Aubert (PU-PH)
BOUBLI Léon (PU-PH)
BRETTELLE Florence (PU-PH)
CARCOPINO-TUSOLI Xavier (PU-PH)
COURBIERE Blandine (PU-PH)
CRAVELLO Ludovic (PU-PH)
D'ERCOLE Claude (PU-PH)

BERBIS Julie (MCU-PH)
LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude (MCU-PH)

MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte (MCF)(06ème section)
TANTI-HARDOUIN Nicolas (PRAG)

IMMUNOLOGIE 4703

KAPLANSKI Gilles (PU-PH)
MEGE Jean-Louis (PU-PH)
OLIVE Daniel (PU-PH)
VIVIER Eric (PU-PH)

FERON François (PR) (69ème section)

BOUCRAUT Joseph (MCU-PH)
DEGEORGES/VITTE Joëlle (MCU-PH)
DESPLAT/JEGO Sophie (MCU-PH)
ROBERT Philippe (MCU-PH)
VELY Frédéric (MCU-PH)

BOUCAULT/GARROUSTE Françoise (MCF) 65ème section)

MALADIES INFECTIEUSES ; MALADIES TROPICALES 4503

BROUQUI Philippe (PU-PH)
LAGIER Jean-Christophe (PU-PH)
PAROLA Philippe (PU-PH)
STEIN Andréas (PU-PH)

MILLION Matthieu (MCU-PH)

MEDECINE INTERNE ; GERIATRIE ET BIOLOGIE DU VIEILLISSEMENT ; MEDECINE GENERALE ; ADDICTOLOGIE 5301

BONIN/GUILLAUME Sylvie (PU-PH)
DISDIER Patrick (PU-PH)
DURAND Jean-Marc (PU-PH)
FRANCES Yves (PU-PH) Surnombre
GRANEL/REY Brigitte (PU-PH)
HARLE Jean-Robert (PU-PH)
ROSSI Pascal (PU-PH)
SCHLEINITZ Nicolas (PU-PH)

EBBO Mikael (MCU-PH)

GENTILE Gaëtan (MCF Méd. Gén. Temps plein)

ADNOT Sébastien (PR associé Méd. Gén. à mi-temps)
FILIPPI Simon (PR associé Méd. Gén. à mi-temps)

BARGIER Jacques (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)
BONNET Pierre-André (MCF associé Méd. Gén à mi-temps)
CALVET-MONTREDON Céline (MCF associé Méd. Gén. à temps plein)
GUIDA Pierre (MCF associé Méd. Gén. à mi-temps)
JANCZEWSKI Aurélie (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

NUTRITION 4404

DARMON Patrice (PU-PH)
RACCAH Denis (PU-PH)
VALERO René (PU-PH)

ATLAN Catherine (MCU-PH) disponibilité
BELIARD Sophie (MCU-PH)

MARANINCHI Marie (MCF) (66ème section)

ONCOLOGIE 65 (BIOLOGIE CELLULAIRE)

CHABANNON Christian (PR) (66ème section)
SOBOL Hagay (PR) (65ème section)

OPHTALMOLOGIE 5502

DENIS Danièle (PU-PH)
HOFFART Louis (PU-PH)
MATONTI Frédéric (PU-PH)
RIDINGS Bernard (PU-PH) Surnombre

HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION 4701

BLAISE Didier (PU-PH)
COSTELLO Régis (PU-PH)
CHIARONI Jacques (PU-PH)
GILBERT/ALESSI Marie-Christine (PU-PH)
MORANGE Pierre-Emmanuel (PU-PH)
VEY Norbert (PU-PH)

GELSI/BOYER Véronique (MCU-PH)
LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina (MCU-PH)
LOOSVELD Marie (MCU-PH)

POGGI Marjorie (MCF) (64ème section)

MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE 4603

LEONETTI Georges (PU-PH)
PELISSIER/ALICOT Anne-Laure (PU-PH)
PIERCECCHI/MARTI Marie-Dominique (PU-PH)

BARTOLI Christophe (MCU-PH)
TUCHANT-TORRENTS Lucile (MCU-PH)

BERLAND/BENHAIM Caroline (MCF) (1ère section)

MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION 4905

BENSOUSSAN Laurent (PU-PH)
VITON Jean-Michel (PU-PH)

MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL 4602

LEHUCHER/MICHEL Marie-Pascale (PU-PH)

BERGE-LEFRANC Jean-Louis (MCU-PH)
SARI/MINODIER Irène (MCU-PH)

NEPHROLOGIE 5203

BERLAND Yvon (PU-PH) Surnombre
BRUNET Philippe (PU-PH)
BURTEY Stéphanne (PU-PH)
DUSSOL Bertrand (PU-PH)
JOURDE CHICHE Noémie (PU PH)
MOAL Valérie (PU-PH)

NEUROCHIRURGIE 4902

DUFOUR Henry (PU-PH)
FUENTES Stéphane (PU-PH)
REGIS Jean (PU-PH)
ROCHE Pierre-Hugues (PU-PH)
SCAVARDA Didier (PU-PH)

CARRON Romain (MCU PH)
GRAILLON Thomas (MCU PH)

NEUROLOGIE 4901

ATTARIAN Sharham (PU PH)
AUDOIN Bertrand (PU-PH)
AZULAY Jean-Philippe (PU-PH)
CECCALDI Mathieu (PU-PH)
EUSEBIO Alexandre (PU-PH)
FELICIAN Olivier (PU-PH)
PELLETIER Jean (PU-PH)

PEDOPSYCHIATRIE; ADDICTOLOGIE 4904

DA FONSECA David (PU-PH)
POINSO François (PU-PH)

OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE 5501

DESSI Patrick (PU-PH)
FAKHRY Nicolas (PU-PH)
GIOVANNI Antoine (PU-PH)
LAVIELLE Jean-Pierre (PU-PH)
NICOLLAS Richard (PU-PH)
TRIGLIA Jean-Michel (PU-PH)

DEVEZE Arnaud (MCU-PH) Disponibilité

REVIS Joana (MAST) (Orthophonie) (7ème Section)

PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE 4502

DESSEIN Alain (PU-PH) Surnombre

CASSAGNE Carole (MCU-PH)
L'OLLIVIER Coralie (MCU-PH)
MARY Charles (MCU-PH)
RANQUE Stéphane (MCU-PH)
TOGA Isabelle (MCU-PH)

PEDIATRIE 5401

ANDRE Nicolas (PU-PH)
CHAMBOST Hervé (PU-PH)
DUBUS Jean-Christophe (PU-PH)
GIRAUD/CHABROL Brigitte (PU-PH)
MICHEL Gérard (PU-PH)
MILH Mathieu (PU-PH)
REYNAUD Rachel (PU-PH)
SARLES Jacques (PU-PH)
TSIMARATOS Michel (PU-PH)

COZE Carole (MCU-PH)
FABRE Alexandre (MCU-PH)
OUDIN Claire (MCU-PH)
OVAERT Caroline (MCU-PH)

PSYCHIATRIE D'ADULTES ; ADDICTOLOGIE 4903

BAILLY Daniel (PU-PH)
LANCON Christophe (PU-PH)
NAUDIN Jean (PU-PH)

CHOLOGIE - PSYCHOLOGIE CLINIQUE, PSYCHOLOGIE SOCIALE 16

AGHABABIAN Valérie (PR)

RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE 4302

BARTOLI Jean-Michel (PU-PH)
CHAGNAUD Christophe (PU-PH)
CHAUMOITRE Kathia (PU-PH)
GIRARD Nadine (PU-PH)
GORINCOUR Guillaume (PU-PH)
JACQUIER Alexis (PU-PH)
MOULIN Guy (PU-PH)
PANUEL Michel (PU-PH)
PETIT Philippe (PU-PH)
VAROQUAUX Arthur Damien (PU-PH)
VIDAL Vincent (PU-PH)

REANIMATION MEDICALE ; MEDECINE URGENCE 4802

GAINNIER Marc (PU-PH)
GERBEAUX Patrick (PU-PH)
PAPAZIAN Laurent (PU-PH)
ROCH Antoine (PU-PH)

HRAIECH Sami (MCU-PH)

RHUMATOLOGIE 5001

GUIS Sandrine (PU-PH)
LAFFORGUE Pierre (PU-PH)
PHAM Thao (PU-PH)
ROUDIER Jean (PU-PH)

**PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE -
PHARMACOLOGIE CLINIQUE; ADDICTOLOGIE 4803**

BLIN Olivier (PU-PH)
FAUGERE Gérard (PU-PH) Surnombre
MICALLEF/ROLL Joëlle (PU-PH)
SIMON Nicolas (PU-PH)

BOULAMERY Audrey (MCU-PH)
VALLI Marc (MCU-PH)

PHILOSOPHIE 17

LE COZ Pierre (PR) (17ème section)

PHYSIOLOGIE 4402

BARTOLOMEI Fabrice (PU-PH)
BREGON Fabienne (PU-PH)
MEYER/DUTOUR Anne (PU-PH)
TREBUCHON/DA FONSECA Agnès (PU-PH)

BARTHELEMY Pierre (MCU-PH)
BONINI Francesca (MCU-PH)
BOULLU/CIOCCA Sandrine (MCU-PH)
DADOIN Frédéric (MCU-PH) (disponibilité)
DEL VOLGO/GORI Marie-José (MCU-PH)
DELLIAUX Stéphane (MCU-PH)
GABORIT Bénédicte (MCU-PH)
REY Marc (MCU-PH)

LIMERAT/BOUDOURESQUE Françoise (MCF) (40ème section) Retraite 1/5/2018
RUEL Jérôme (MCF) (69ème section)
STEINBERG Jean-Guillaume (MCF) (66ème section)
THIRION Sylvie (MCF) (66ème section)

PNEUMOLOGIE; ADDICTOLOGIE 5101

ASTOUL Philippe (PU-PH)
BARLESI Fabrice (PU-PH)
CHANEZ Pascal (PU-PH)
CHARPIN Denis (PU-PH) Surnombre
GREILLIER Laurent (PU-PH)
REYNAUD/GAUBERT Martine (PU-PH)

MASCAUX Céline (MCU-PH)

TOMASINI Pascale (Maitre de conférences associé des universités)

THERAPEUTIQUE; MEDECINE D'URGENCE; ADDICTOLOGIE 4804

AMBROSI Pierre (PU-PH)
BARTOLIN Robert (PU-PH) Surnombre
VILLANI Patrick (PU-PH)

DAUMAS Aurélie (MCU-PH)

UROLOGIE 5204

BASTIDE Cyrille (PU-PH)
KARSENTY Gilles (PU-PH)
LECHEVALLIER Eric (PU-PH)
ROSSI Dominique (PU-PH)

À Monsieur le Professeur Jean-Louis BONNET,

Vous me faites l'honneur de présider ce jury de thèse.

C'est une grande fierté que d'être votre élève. Je vous remercie pour votre disponibilité, pour votre écoute au quotidien et votre accompagnement tout au long de mon internat (planification de ma maquette de D.E.S., écriture du mémoire, organisation de mon post-internat...) ainsi que dans la réalisation de ce travail.

Vous avez fait preuve envers moi de paternalisme et d'indulgence.

Veillez recevoir ici le témoignage de ma sincère reconnaissance pour vos enseignements (souvent étayés d'une partie historique), votre pédagogie au bloc et vos conseils avisés (qui avaient déjà débutés avant même mon arrivée sur Marseille).

Votre investissement dans le service ainsi que dans votre travail et votre attachement à la formation des étudiants sont exemplaires.

Je vous remercie de m'accorder votre confiance et de pouvoir collaborer avec vous dans le futur.

À Monsieur le Professeur Thomas CUISSET,

C'est un plaisir et un honneur de pouvoir progresser auprès d'une personne comme toi, dynamique et investie ; cela à toute heure du jour et de la nuit.

J'ai beaucoup appris à tes côtés tant sur le plan technique que théorique avec toujours ce souci de simplification et d'efficacité ; je te remercie pour ta pédagogie et ton compagnonnage. Ta passion pour ton travail et ton implication dans ta vie familiale sont pour moi un exemple à suivre.

Tu as rendu possible mon futur fellowship à la Clinique Pasteur. Je te remercie de ta confiance et espère être à la hauteur de ce projet.

À Monsieur le Professeur Laurent BONELLO,

Vous me faites l'honneur de juger ce travail. Merci pour votre gentillesse, votre temps et vos conseils. Veuillez trouver ici le témoignage de ma gratitude et de mes sincères remerciements.

À Monsieur le Docteur Sébastien ARMERO,

Je suis très heureux et je te remercie d'avoir accepté de siéger dans mon jury.

J'ai découvert avec passion la cardiologie interventionnelle et je te remercie d'y avoir grandement participé (« level 1 »). Que ce soit sur le versant professionnel ou personnel tu sais rendre les situations les plus complexes accessibles, surmontables et motivantes.

C'était un plaisir de pouvoir travailler au quotidien avec une personne comme toi, profondément bienveillante, souriante, toujours motivée et avec ce souci permanent de l'organisation.

À tous les services qui ont participé à ma formation :

- Au service de Chirurgie vasculaire du Pr PIQUET

À l'équipe de chirurgie vasculaire ainsi qu'à toute l'équipe des écho-dopplers vasculaires et particulièrement au Docteur Serge COHEN qui a initié ma formation d'échographiste, m'a accompagné pour mes premiers pas d'interne et d'orateur en herbe.

- Au service de Cardiologie du Pr BONNET de 2014 à maintenant :

Au Dr Marc LAMBERT : vous avez eu la patience et la gentillesse de former une fois de plus un nouvel interne. J'ai beaucoup appris à vos cotés, en cardiologie interventionnelle mais aussi, par vos nombreuses anecdotes, sur l'histoire de la cardiologie marseillaise. Je vous remercie pour votre enseignement et votre indulgence (sans faille malgré l'hypoglycémie profonde de certains mercredis).

À Guillaume : sensément tu es maintenant un ami. Discret mais brillant, j'admire l'investissement que tu mets en œuvre pour tes patients ainsi que l'exhaustivité et la qualité de chacune de tes prises en charge. Ton perfectionnisme est une indéniable qualité même si il est parfois difficile à gérer. Je te remercie pour ta profonde gentillesse ainsi que pour tout ce que tu m'as transmis professionnellement et personnellement ; toujours entre deux vocalises.

À Pierre : ton enthousiasme, ta motivation, ton assurance et ton humeur au beau fixe, ajoutés à tes compétences, ne cessent de m'impressionner. Chacune de tes explications, reflet de ta personnalité, sont claires, efficaces et précises. Apprendre à tes cotés au bloc a toujours été avec « grand plaisir » !

À Mathieu : merci pour ces 6 mois d'apprentissage parfois masqué par une personnalité unique et un humour décalé.

À Jacques : pour ton extrême gentillesse dans toutes les situations. C'est auprès de toi que j'ai assisté à ma première coronarographie et j'en garde un souvenir mémorable.

À Coline : dès mon arrivée sur Marseille tu as fait preuve d'une grande gentillesse et bienveillance auprès de moi ; ce qui a parfois choqué certains. Tu as été un vrai moteur dans mon intégration dans cette ville et dans cet hôpital. « Formidable » (en chanson) la cardiologue et la maman !

À Claudine FIACCHETTI, pour son aide précieuse dans nos travaux de recherche et à qui j'adresse toutes mes pensées.

Et à toute l'équipe soignante du service, parce que vous faites tourner le service avec dévouement et professionnalisme, même si ce n'est pas évident tous les jours et, c'est pour moi plus qu'un plaisir de travailler avec vous. Une mention particulière pour Sylvie (Shiva) qui malgré notre harcèlement quotidien reste immuable à son poste. Une seconde mention à ceux qui m'ont connu jeune interne et m'ont vu grandir. Et pour ceux qui ont/vont quitter le navire ; je souhaite l'accomplissement et la réussite qu'ils espèrent.

- Au service de Néphrologie du Pr BERLAND

Merci à tous les médecins et internes qui m'ont gentiment ouvert les portes de la néphrologie.

Au Pr Henri VACHET-COPONAT pour ses explications acharnées de physiopathologie et au Dr Julie MOUSSI-FRANCES pour sa gentillesse et sa disponibilité. J'espère ne t'avoir pas trop déboussolée entre la Réunion, la Chine et la Pologne.

À l'équipe paramédicale des soins intensifs néphrologiques avec qui j'ai passé 6 mois formidables.

- À l'Unité de Réanimation post Chirurgie Cardiaque et Vasculaire

À tous les médecins du service : madame Catherine GUIDON, Judith VILLACORTA, Gabrielle QUINTANA, Françoise GAILLAT, Raphaële DUPONQ, Nicolas PERNOUD, Patrice NEDIR, Maurice BELLEZZA, Romain GOMER (« amigo »), Florent HERAUT, David LAGIER, Jean-Baptiste DUCLOS, David TONON et Benoît GUINARD. C'était un réel plaisir de travailler dans cette équipe pendant ce semestre d'internat et après durant les gardes. Par votre approche un peu différente de la pathologie cardiaque, j'ai beaucoup appris à vos cotés.

À l'équipe paramédicale : c'est toujours avec plaisir que je venais travailler dans ce service et c'est en grande partie grâce à vous ; merci.

À l'équipe de chirurgie cardiaque : Alberto RIBERI, Val GARIBOLDI, Dominique GRISOLI, Nicolas JAUSSAUD, Pierre MORERA, Alizée et Edeline ainsi que Virginie CHALVIGNAC et Alexis THERON. J'admire le dévouement que vous avez pour votre travail.

Je remercie monsieur le Pr Frédéric COLLART qui m'a permis de poursuivre ma formation en cardiologie interventionnelle.

- Au service de cardiologie du Pr HABIB

À Messieurs les Pr Gilbert HABIB et Pr Jean-François AVIERINOS pour leurs enseignements au cours de ce semestre et durant tout notre internat.

Je remercie le Dr Sébastien RENARD, Sandrine HUBERT, Philippe ALDEBERT (m'autorisant quelques incursions en cardiologie interventionnelle pédiatrique) et Erwan SALAUN ainsi que l'équipe paramédicale dont Corinne et Sandrine.

Aux Dr Jean-Paul CASALTA et Frédérique GOURIET pour leur disponibilité et leur aide.

- Au service de cardiologie de l'Hôpital Européen

À Ludivine SABY (« ex-dragon » mais en fait si gentille : avec notre humour commun on aura bien rigolé), Elise CAMILLERI (pour ta délicatesse et ta gentillesse), Lionel BENHAMOU (pour ton paternalisme et ta douceur), Thibaud VAUGRENARD (« T.V. » entre tes vacances c'était vraiment super de bosser avec toi), Sylvain CARILLO, Chantal et Delphine : un semestre plus que génial à vos cotés ! Je suis très heureux que notre collaboration se soit transformée en amitié et c'est toujours un plaisir de vous retrouver.

À l'équipe de coronarographie : le Dr Paul BARANGAN, le Dr Philippe COMMEAU, le Dr Eugenio LA SCALA et le Dr Pierre Olivier ROQUEBERT.

À l'équipe paramédicale, merci d'avoir supporté un « mini-seb ».

- Au service de cardiologie du Pr DEHARO

À Monsieur le Pr Jean-Claude DEHARO, pour son enseignement ainsi que la rigueur et le perfectionnisme qu'il inculque à ses élèves.

Je remercie le Pr Frédéric FRANCESCHI et le Dr Linda KOUTBI pour la patience qu'ils ont eu à essayer de me faire progresser en rythmologie.

À Jérôme HOURDAIN : ton investissement à l'hôpital, le temps et l'implication que tu accordes à chaque malade, chaque dossier, chaque avis, cela peu importe la charge de travail qu'il te reste après, sont exemplaires. Tu fais preuve de beaucoup de finesse et d'intelligence dans tes analyses et je te remercie pour tes conseils et ta bienveillance. J'ai retrouvé en toi un peu de cette ambiance de « la boîte » dans tout ce qu'il y a de positif.

À Monsieur le Dr Bernard VAISSE pour sa grande disponibilité.

À l'équipe paramédicale pour son professionnalisme et à Francine pour sa gentillesse.

- Aux soins intensifs cardiologique de la Timone

Au Dr Jean-Philippe MOURET (« Jean-Phi » !) : tu es présent depuis le début, toujours à l'écoute, disponible, bienveillant et souriant. Par tes remarques, qui sont faites sur le ton de l'humour mais toujours avec un fond de vérité, ton sens clinique et tes connaissances, tu motives et fais progresser tes élèves. Tu fais l'unanimité auprès des internes. Merci de tous tes conseils.

À toute l'équipe paramédicale : parce que vous faites en sorte que tout se déroule toujours bien, merci pour votre efficacité.

- Au bloc de coronarographie (Bloc Fallot)

Merci à toute l'équipe de m'avoir accueilli pendant un an. Manips et infirmiers (Cathy, Cyrielle, Flo, Flo, Marianne, Sabrina, Sophie, Bruno, Pascal, Seb, Xavier), à tous les « postes extérieurs » et Lilia ; malgré les difficultés le bloc tourne toujours ! C'était un vrai plaisir de travailler et d'apprendre auprès de vous.

- Au service de cardiologie du Pr PAGANELLI

À Messieurs le Pr Franck PAGANELLI et le Pr Franc THUNY pour leurs enseignements.

Au Dr Marc LAINE pour le temps qu'il prenait pour ses explications lors des coronarographies en plein milieu de la nuit.

À Jennifer, toujours souriante, gentille et disponible.

À l'équipe paramédicale, essentiellement le SIC que je n'ai connu que lors des gardes ; j'ai beaucoup apprécié votre professionnalisme.

À tous mes co-internes :

À Laurie-Anne et Angéline qui ont été les premières. J'ai découvert le monde l'internat avec douceur. Merci de votre amitié.

À Walfroy, car c'est toujours mieux de travailler avec quelqu'un qui ne râle jamais.

À Elisa et Marion : depuis ce stage nous sommes devenu un trio et nous avons avancé, évolué ensemble ; depuis les prescriptions de Diffu-K jusqu'à la thèse aujourd'hui pour moi. Vos compétences médicales sont indéniables mais vos qualités d'amies le sont encore plus. Je suis très heureux de vous avoir à mes côtés. Sans oublier, Chris, Sylvain, Ella et Théo.

À Etienne : j'ai le sourire à chaque fois que j'y repense. A ce semestre mais aussi à nos sorties plongée et randonnées dans Mafate. Māuruuru !

À Arnaud : chef pour tout ce que tu m'as appris et ami le reste du temps. Grâce à ton intelligence et ta détermination, ton parcours ne cesse de m'impressionner.

À mes co-internes d'anesthésie-réanimation : Delphine, Morgane, Ambroise, Guillaume, Loïc, Lucas, Michel. Merci pour les cafés ! J'ai passé un super semestre à vos côtés.

À Laura, toujours enjouée, nous avons surmonté à trois ce semestre. Je te souhaite le meilleur à Martigues.

À Sarah, second parasite et premier petit pois. Rayonnante, souriante et tu manges des graines... ou simplement géniale ; merci pour ces 6 mois de bonne humeur.

À Charlene : le « chat noir » mais si attachante. Il n'y a qu'à toi qu'il peut arriver ce genre de choses mais tu t'en sors toujours et ne baisses jamais les bras.

À Anne-Sophie pendant ces 6 mois de bureau commun, tu as su me supporter avec ton flegme caractéristique.

À Tilman, de bleu !

À Antoine et Nicolas : de vrais amis ! Antoine c'était super de bosser avec toi ces 6 mois et j'espère que ça va continuer. Nico, on a fait 2 semestres ensemble et je le referais sans hésiter ; bravo au rythmologue et bravo au papa.

À Olivier C., mon père matri même si tu ne t'en souviens pas. Très bon médecin mais surtout excellent ami. Je vous souhaite à Sophie, à toi et à tes deux petites (tous enfin réunis) le meilleur à Paris.

À Caroline, Claire, Henitsoa et Elodie : je n'étais pas souvent en service et c'est bien grâce à vous. Je vous souhaite le meilleur pour la suite mais ne me fais pas trop de soucis ; vous êtes super !

À Mary (mon petit canard) et Sarah (si gentille ; aucun mot ne te qualifierait mieux que celui-là ; même si tu n'aimes pas) : un semestre pas simple professionnellement et personnellement... Merci de votre présence, de votre soutien, de votre affection et de m'avoir supporté lors de la préparation de cette thèse. Vous m'avez toutes les deux impressionné.

à tous les internes de cardiologie :

À ma super promotion : Elisa, Laura, Marie, Marion, Nicolas et Thibault.

- Mes aînés

À Anissa et Cindy, pour leur gentillesse, les potins et le plaisir que j'avais à venir aux relèves de l'USC.

À Clémence, avec qui j'ai doublé ma première garde.

À Anne-Claire pour son dynamisme, son efficacité et ses visites au SIC.

À Chloé, Eléonore, Julie, Mélanie, Morgane, Stéphanie, Baptiste (moustache, mulet et ventriglisse), Benjamin & Johan (le duo), Lory.

- Les plus jeunes

À Flora, mon ancienne externe. Lilith et ton enthousiasme permanent. Florent pour être le seul à avoir su canaliser la commandante Martinez. Torras cette S... ! Marine pour ton excentricité. Hélène toujours sereine. Olivier M mon véliplanchiste préféré. Jason, le vrai. Thibaut D que j'aurai plaisir à retrouver au bloc.

Au bureau EPIC : Jérôme, Antoine, Maxime et Vassili.

À Elisabeth, Floriane, Noémie, Cédric, Alexandra, Arnaud, Camille, Florence, Aliénor, Florian et Hilla à qui je souhaite le meilleur.

Aux plus jeunes avec qui je n'ai pas forcément travaillé (excepté les nocturnes de Jeremy) ; bon courage pour la suite.

Et à tous ceux que j'aurais oubliés en cette période de stress mais avec qui j'ai adoré travailler.

À mes amis

Les réunionnais, qu'avec regret je ne vois plus aussi souvent qu'avant mais qui restent, malgré l'éloignement, tellement proches.

À Indra : tu sais que je n'ai pas ton talent d'écriture mais je te remercie d'être mon amie. Pour ta gentillesse, ta bonne humeur, ta force de caractère et parfois tes coups de booste. Ajouté à cela, tu es ma mémoire infailible. Julien on compte sur toi.

À Reshad (« Rechouuuu ») : pour tout ce que l'on a partagé depuis tant d'années ; merci et surtout ne change rien.

À Ludovic (crevette) et Thomas : koi fé la !

À Naéma (cuicui), Aurélie et Hussein, Mourad, Rachëlle, Ludovic et Ev, Olivier (TOS), Priscilla et Jonathan, Xavier L., Christelle et Eric, Anaïs B, Yousha.

Les Navalais, nous nous connaissons maintenant depuis 11 ans ! Presque une seconde famille.

À Pierre-Nicolas (« Pinou »), tu sais toute l'affection que j'ai pour toi. On a partagé bien plus qu'une simple coloc, n'en déplaise à Alexandra. Je n'envisage que le meilleur pour vous deux et j'ai vraiment hâte qu'un petit pointe le bout de sa Lang.

À Guillaume (« Fresh ») : l'école, la coloc, les bonnes bouffes, les soirées, la moto, le pesto, le canap, les Chloés... Mais surtout le véritable ami pour qui j'ai un profond attachement. Tu sais jongler avec mes quelques défauts d'attention mais sache que je resterai présent quoi qu'il arrive. A ta petite Charlie et sa maman Angélique.

À Thibault (« Larnaudie ») : tu n'es pas seulement un ami, tu es aussi presque un frère... comme ta petite taille le laissait deviner. Tu as toujours été présent depuis 2007 jusque dans ton aide, avec Marine, lors de la préparation ferret-capienne de cette thèse.

À Edouard (« Doudou ») aussi fiable dans le travail qu'en amitié et à Delphine M. (!) pour ton extravagance.

À Camille (« ben choucachou »), on a beaucoup partagé avant ton exile à Lyon ; moins de contacts mais toujours des liens d'amitiés aussi fort. Les « petits (vieux) suisses » auront beaucoup de chance de t'avoir.

À Delphine pour ta gentillesse et les « Beauvettes du jour ».

À Claire et Gautier, Erwan, François-Valéry (« Bozo »), Justine, Marie (« Millette »), Alexandre et Claire E., Thibault L., Chloé M., Anne et Logan, Lorraine et Romain : des amis en or !

À l'ensemble de ma promotion 2007 « Navalais compagnons de la libération » et à ma famille mari. « Navalais un jour, Navalais toujours » !

À l'Ecole de Santé Navale, élèves et strass ainsi qu'à l'université Bordeaux II ; merci pour ces 6 années bordelaises et ces beaux souvenirs.

Aux inclassables mais néanmoins amis,

À Nicolas CARLES (« Nico / Coco »): une rencontre choc sur/avec un ponton corse. En plus d'être un skipper hors paire, tu es devenu un véritable ami. Toujours motivé, gentil et à l'écoute, ça a été une belle surprise de te voir débarquer à ton tour à Marseille. Hâte de reprendre la mer avec toi (et les abricots).

À Thibault et Guillaume SIMON : merci mes poulets ! Et merci à Tam pour son aide.

À Sarah et Franck (bientôt) TOURET : amis, voisins, voyageurs invétérés, amateurs de houblon et dresseurs de Tommette.

À Dominique S. : pour son aide et son accueil avant même notre arrivée sur Marseille.

À Thibaut VILLECROIX, ami d'enfance.

À Elsa, à qui je souhaite le meilleur.

À ma Famille

À mes parents,

Par votre éducation et, bercé de votre amour inconditionnel, vous avez fait de moi ce que je suis aujourd'hui. Assuré de votre soutien et de vos encouragements permanents, j'ai pu avancer dans la vie. Je suis extrêmement fier d'avoir des parents comme vous. Les mots me manquent aujourd'hui pour vous témoigner toute la grandeur de mon amour et de ma gratitude.

À Mes Grands-Parents,

À NaiNai, grand mère exceptionnelle, dynamique et cuisinière hors paire. Extrêmement bienveillante, aux conseils toujours justes tu m'as gâté tout au long de mon enfance.

À KoungKoung : contrairement à la rudesse de ta vie, tu as toujours fait preuve d'une extrême tendresse envers moi. Tu nous as quitté cette année et ce qui me manque le plus aujourd'hui c'est l'amour que je voyais dans ton regard à chacune de nos rencontres.

À Jeanina et Jean, mes grands-parents paternels que j'ai malheureusement trop peu connu.

À ma famille maternelle,

À mes grands oncles et tantes.

À Sylvie ma marraine, Richard mon parrain, tatie Brigitte, Doris, Bruno (car « tonton ça fait trop vieux ») et François.

À mes petites cousines Matilde et Ann, avec toute mon affection.

À mon cousin Gauthier, bon courage pour ce qui t'attend !

À Yvette et Hugues, qui m'ont accompagné durant toute mon enfance.

À ma famille paternelle,

À tonton Jean-Marie et tatie Annie, que je vois trop peu mais qui ont toujours été très affectueux et chaleureux.

À mon cousin Jean-François, fier d'être lensois.

À ma belle-famille, vous m'avez accueilli à bras ouverts,

À Carole, témoignage de tout mon soutien et à Laurent (Lolo) qui nous a quitté bien trop tôt.

À Eva (Boubou), si parfois la manière fait défaut, le fond est toujours d'une profonde gentillesse, plein d'attention et de bonne volonté. Adrien on compte sur toi.

À Franck et Danièle, Claude et Alain, Véronique, Serge et Sophie (qui a rendu possible l'achat de notre « chez-nous »), Katel et Hubert. Et Samuel, Roxane, Salomé, Alexandre et Arthur.

A Laure, en témoignage de mon amour sincère et entier.

J'admire la femme que tu es : forte, battante, belle, avec une personnalité hors normes et cette petite facette de fragilité que tu ne montres qu'à moi. J'ai également un profond respect pour ton parcours et le chirurgien que tu es devenue.

Je suis comblé depuis que je vis avec toi et chaque moment passé à tes côtés renforce mon amour pour toi.

Tu m'as soutenue à chaque instant et cela depuis plus de 11 ans.

Pour tout cela je te dis merci.

SOMMAIRE

I. Introduction	2
II. Méthodologie	4
Aspect technique	4
- Principe physique de l'échographie intra-vasculaire	4
- Matériel d'échographie	5
- Déroulement de l'examen	5
- Analyse et interprétation iconographique IVUS	6
III. Résultats	18
- Caractéristiques de la population	18
- Caractéristiques de la procédure	18
- Classification des indications de réalisation d'une échographie intra-coronaire	19
▪ IVUS analytique	19
- Evaluation de la sévérité de la lésion :	19
- Evaluation de la nature de la lésion :	19
- Images ambiguës angiographiques	20
▪ IVUS en aide à l'angioplastie coronaire	20
IV. Discussion	21
▪ IVUS analytique	21
- Evaluation de sévérité de la lésion	21
• Evaluation des lésions du TCG en IVUS :	21
• Evaluation de la sévérité des artères coronaires non TCG par IVUS.	22
- Analyse morphologique de la lésion	23
• Comblement athéroscléreux (burden plaque)	23
• Nature et morphologie de la lésion	24
• Identification de la lésion coupable	25
- Images ambiguës angiographiques	25
▪ IVUS en aide à l'angioplastie	26
- Nécessité de préparer la lésion	26
- Choix de la longueur du stent	27
- Choix du diamètre du stent et guidage de la post dilatation optimale de l'endoprothèse	27
- Identification des complications aiguës (dissection d'amont ou d'aval, malapposition du stent, saillie tissulaire)	28
- Clarification du mécanisme des complications tardives post-stenting (thrombose de stent, hyperplasie néointimale, sur-dilatation du stent, fracture de stent, néoathérosclérose)	28
- Contrôle post-implantation	28
V. Comparaison avec l'OCT	31
- Analyse morphologique :	31
▪ Evaluation de la sévérité :	31
▪ Nature de la lésion	31
▪ Identification des lésions coupables de syndrome coronarien aigu	32
▪ Analyse des lésions intra-stents	32
- Aide à l'angioplastie	33
▪ Mesure du vaisseau et choix des stents	33
▪ Evaluation post angioplastie	33
VI. Conclusion	35
BIBLIOGRAPHIE	36
ICONOGRAPHIE EN CAS CLINIQUE	46

I. Introduction

La coronarographie est actuellement l'examen de référence pour l'exploration de l'étendue et de la sévérité des lésions coronaires (Classe A). Cet examen invasif doit être réalisé au terme d'une démarche d'évaluation clinique et para-clinique rigoureuse et adaptée au risque de chaque patient.

L'angiographie fournit un «luminogramme» en temps réel de l'anatomie coronaire. Cependant elle présente d'une part un certain nombre de limitations découlant de sa projection bidimensionnelle de l'arbre coronaire qui est lui tridimensionnel. D'autre part, elle ne permet pas l'évaluation de la paroi vasculaire, de la composition de la plaque et de l'étendue ainsi que de la distribution de l'athérosclérose (1). De plus, l'angiographie est associée à une variabilité inter-observateur de l'estimation visuelle du degré de sténose (1–3).

L'échographie endocoronaire (*IVUS, intravascular ultrasound*) s'est développée depuis les travaux de N. Bom et al. en 1971 permettant les premières images échographiques intra-vasculaires (4,5). La première imagerie des artères coronaires humaines a été possible en 1988. Depuis, l'amélioration du matériel ainsi que l'innocuité reconnue de cette technique d'imagerie, a permis son utilisation en pratique clinique de cardiologie interventionnelle, et s'inscrit dans les recommandations de la société européenne de cardiologie pour certaines indications ciblées (6).

L'IVUS est, en théorie, une technique de choix dans l'évaluation d'une lésion coronaire. Elle permet en effet une analyse en temps réel de la lumière artérielle ainsi que de la paroi vasculaire. Elle ne peut cependant être réalisée qu'en complément de l'angiographie qui permet une luminographie exhaustive de l'arbre coronaire et identifie les lésions sténosantes justifiant une analyse spécifique plus fine.

L'utilisation systématique de l'IVUS, en France, lors de procédures de coronarographies diagnostiques ou thérapeutiques n'est pas envisageable, en particulier pour des raisons médico-économiques. De plus cet examen peut s'avérer long et d'interprétation difficile, c'est pourquoi les indications de l'IVUS restent limitées.

Dans notre centre à vocation universitaire, cet outil est utilisé depuis 1995 à raison de 40 à 60 examens par an (7). Ses indications très diverses n'ont à ce jour pas été clairement répertoriées.

L'objectif de notre travail était d'essayer de définir, à partir de l'analyse descriptive de l'activité de notre centre, les indications les plus pertinentes d'utilisation de l'IVUS permettant d'améliorer les prises en charges sans prolongation excessive du temps dévolu à l'examen et à son interprétation.

II. Méthodologie

Etude descriptive mono centrique du Centre Hospitalo-Universitaire de la Timone à Marseille, portant sur l'analyse de 120 patients successifs pris en charge dans le service de cardiologie interventionnelle. Les examens avaient été interprétés de manière prospective selon la même méthodologie (Cf chapitre : « analyse et interprétation iconographie de l'IVUS »), conforme aux recommandations et pour chaque patient les images clés angiographiques et échographiques avaient été enregistrées dans un dossier dédié (6,8,9).

Une analyse rétrospective des dossiers médicaux, des films d'angiographie et des films d'imagerie endocoronaire a été réalisée afin d'identifier l'indication de chacune des procédures.

Aspect technique

- Principe physique de l'échographie intra-vasculaire

Les ultrasons utilisés en imagerie endo-coronaire sont des ondes mécaniques de haute fréquence : 20 à 40 MHz.

Utilisant les propriétés piezo-électriques d'un cristal (céramique), le transducteur, positionné dans la lumière artérielle, émet et capte alternativement le faisceau d'ultrason qui sera transmis puis réfléchi par les tissus biologiques (paroi du vaisseau).

La propagation du faisceau varie selon les caractéristiques des tissus biologiques traversés Son atténuation en profondeur est exponentielle.

Dans le champ proche, le faisceau émis est parallèle, cohérent (avec possibilité de focalisation pour optimiser l'imagerie) et dans le champ lointain, le faisceau diverge et l'image se détériore.

A l'interface de deux tissus d'impédance acoustique différente, le faisceau est en partie réfléchi et en partie transmis : au maximum, une interface très réfléchive (calcification /tissu mou) s'accompagne d'un cône d'ombre postérieur par réflexion complète du faisceau. Le faisceau réfléchi est converti, par le transducteur, en signal électrique, analysé dans la chaîne de l'échographe pour produire l'image échographique.

Du fait des propriétés physiques des ultrasons, pour optimiser le type d'exploration, un compromis est nécessaire entre la puissance du faisceau et la longueur du champ. Ainsi les hautes fréquences, tout en augmentant la résolution de l'image, diminuent la pénétration intra-tissulaire du faisceau et limitent l'analyse en profondeur.

L'image échographique endocoronaire a pour caractéristiques essentielles :

- une résolution axiale d'environ 80 microns, une résolution latérale de 150 à 200 microns.
- un contraste dépendant de l'échelle des gris, dont la dynamique permet d'optimiser l'imagerie.

- **Matériel d'échographie**

Deux types de matériels sont actuellement disponibles :

- Les systèmes mécaniques : le transducteur mono-élément est soumis à une rotation rapide, à 1800 tours/mn, dans une gaine de protection.
- Les systèmes électroniques : multi-éléments disposés en anneau, à l'extrémité de la sonde, fonctionnant selon le principe de "Phased Array" avec une fréquence de l'ordre de 20 à 25 MHz.

Chaque technique a ses avantages et ses inconvénients. Ici, les systèmes mécaniques ont actuellement l'avantage d'une meilleure résolution mais la rotation est potentiellement génératrice d'artefacts et nécessite des rinçages réguliers.

- **Déroulement de l'examen**

Matériel utilisé dans notre étude : Boston Scientific OPTICROSS™.

Un environnement anti-thrombotique nécessaire avec administration systématique d'héparine (selon protocole préétabli).

Mise en place de la sonde d'échographie sur un fil guide 0,014mm dans la coronaire, sous scopie permanente et moteur arrêté. Positionnement de l'extrémité du dispositif en aval de la lésion. Nouvelle purge à l'eau saline héparinée et calibration des paramètres de l'image avant le début du retrait. L'acquisition des images se fait

lors du retrait de la sonde jusqu'à l'ostium coronaire.

L'utilisation du retrait automatique, motorisé, permet l'appréciation de la longueur et l'étude volumétrique des lésions ainsi que la reproductibilité ultérieure des examens. Une analyse avec retrait manuel peut être associée afin de mieux préciser une zone d'intérêt.

Un rinçage concomitant de l'artère par solution saline ou produit de contraste iodé, non obligatoire, peut permettre une meilleure analyse de la lésion.

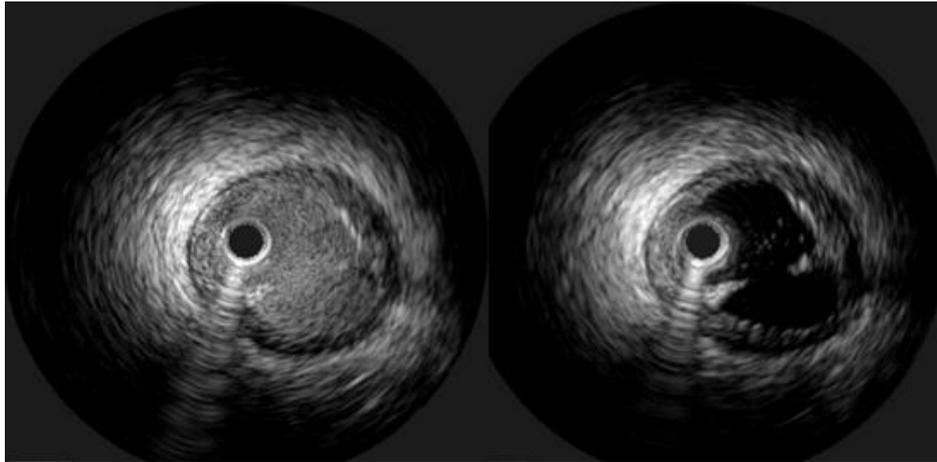


Figure 1 : à gauche image spontanée ; à droite image avec rinçage

En fin d'examen, après retrait prudent de la sonde, un contrôle angiographique systématique de l'artère doit être réalisé.

- **Analyse et interprétation iconographique IVUS**

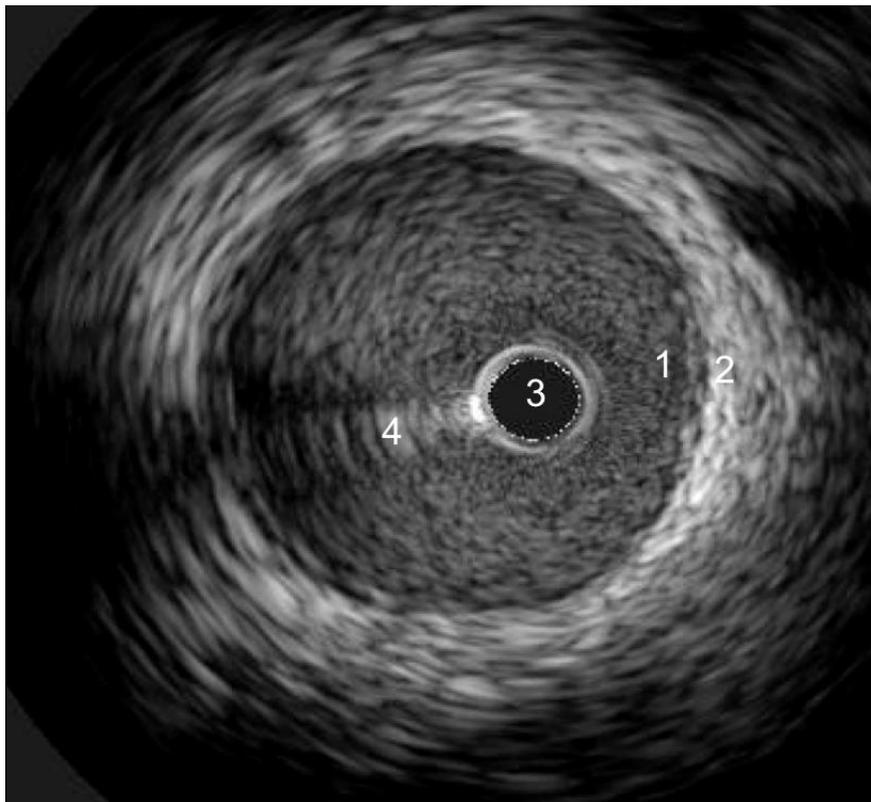
Une artère normale comporte trois tuniques histologiques, de l'intérieur vers l'extérieur :

- l'intima, monocouche de cellules endothéliales reposant sur un sous-endothélium
- la media, séparée de l'intima par la limitante élastique interne et composée essentiellement de cellules musculaires lisses et de fibres élastiques
- l'adventice, couche conjonctive protectrice et nourricière, riche en vasa vasorum et en filets nerveux, séparée de la media par la limitante élastique externe.

Depuis la sonde d'échographie endoluminale, les ondes ultrasonores rencontrent chez le sujet sain deux principales interfaces de réflexion:

- la première (anneau interne) à la frontière entre le sang (ou le produit de contraste) et la paroi endovasculaire. L'intima mince et constituée principalement de cellules endothéliales et de tissu conjonctif d'impédance similaire au sang ne peut être visualisée en échographie. L'anneau interne correspond donc à la zone de réflexion entre la limitante élastique interne (LEI) et la média.
- La seconde (anneau externe) est à la frontière entre la média et l'adventice correspondant à la limitante élastique externe (LEE).

La zone généralement hypo-échogène entre ces deux anneaux correspond à la média et à l'extérieur de la LEE l'adventice non différenciée des tissus périphériques graisseux.



*Figure 2 : IVUS d'une artère normale
1 : anneau interne ; 2 anneau externe ;
3 sonde IVUS ; 4 artéfact du guide*

L'analyse complète et systématique d'un IVUS comprend plusieurs étapes (10) :

1. Repérage spatial et corrélation avec l'image angiographique

Afin de pouvoir se repérer dans l'espace et faire concorder l'image échographique lors du *pullback* à celle de l'angiographie il est important de définir des points fiduciaires tels que les branches de division ou des calcifications.

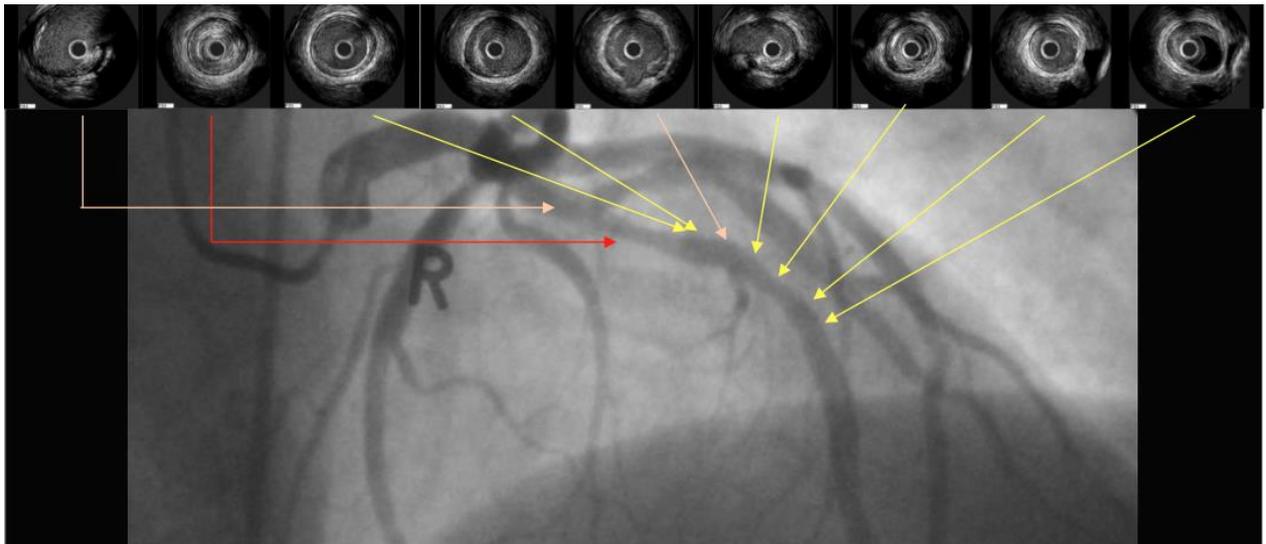


Figure 3 : IVUS de l'IVA

Flèches oranges : points fiduciaires (première diagonale et seconde septale)

Flèche rouge : zone d'intérêt (lésion suspect)

2. Eliminer / identifier les artéfacts

Du fait de ces différentes propriétés physiques, des artéfacts peuvent être observés et doivent être reconnus pour l'interprétation de l'imagerie :

- Artéfacts d'origine technique
 - Artéfacts liés à la largeur du faisceau (effet de volume partiel) qui effectue une coupe d'une certaine épaisseur n'entraînant pas de focalisation dans le plan sagittal et ayant pour effet de confondre des échos voisins.

- Artéfacts liés aux lobes latéraux (réduite par la technique de double focalisation). Les sondes émettant latéralement au faisceau principal des faisceaux d'intensité décroissante vers la périphérie générant des échos de faible intensité mais pouvant parasiter l'acquisition principale en cas d'interaction avec des surfaces réfléchissantes
- Artéfacts liés aux milieux traversés
- Artéfacts de réflexion résultant d'une ou plusieurs réflexions du faisceau ultrasonore pouvant se présenter sous la forme de réverbération ou d'image en miroir
 - Artéfacts d'atténuation responsable d'une pseudo-échogénicité
 - Artéfacts de réfraction/diffraction surviennent lorsque le faisceau passe tangentiellement à une interface
 - Artéfacts de vitesse : selon la vitesse de propagation dans les différents milieux traversés, l'écho revient plus ou moins vite au capteur. L'appareil interprétant cette augmentation de temps comme une profondeur plus grande.
- Artéfacts spécifiques de l'imagerie endocoronaire
- Artéfacts de rotation (NURD : *Non-uniform rotational distortion*) : distorsion de l'image suite à une rotation non uniforme des sondes mécaniques uniquement. Peut survenir dans de multiples situations comme des tortuosités artérielles ou du cathéter trop importantes ou encore une valve hémostatique trop serrée...

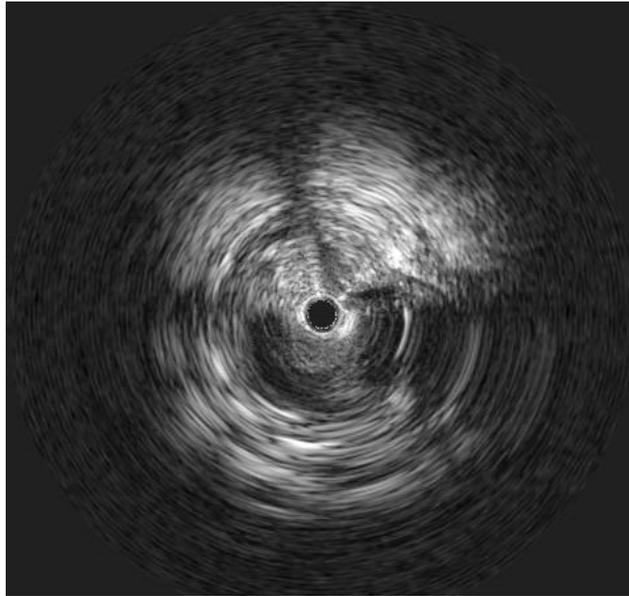


Figure 3 : Artéfacts de rotation (NURD : Non-uniform rotational distortion)

- Artéfacts de mouvement : surviennent en cas d'instabilité du cathéter avec le déplacement du vaisseau avant que l'image circconférentielle ait pu être acquise
- Artefact en anneau : soit un halo hyper-réflécteur situé dans le champ proche au contact de la sonde, soit un anneau sombre entourant les cathéters électroniques. Il peut être corrigé par la purge du cathéter d'IVUS.

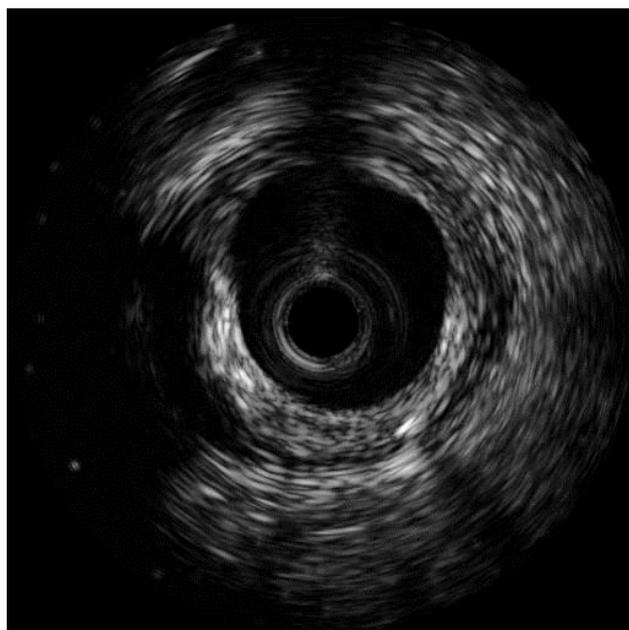


Figure 4 : Halo hyper-réflécteur (« ring down »)

- Artefacts du guide qui au contact de la sonde (système mono-rail) créent une hyper-réflexivité avec un cône d'ombre postérieur. (*Figure 2*)
- Artéfacts liés à l'échogénicité du sang : ils se majorent à mesure que la vitesse sanguine décroît. Ils peuvent être corrigés par l'injection de produit de contraste iodé ou d'une solution saline lors de l'acquisition de l'imagerie.

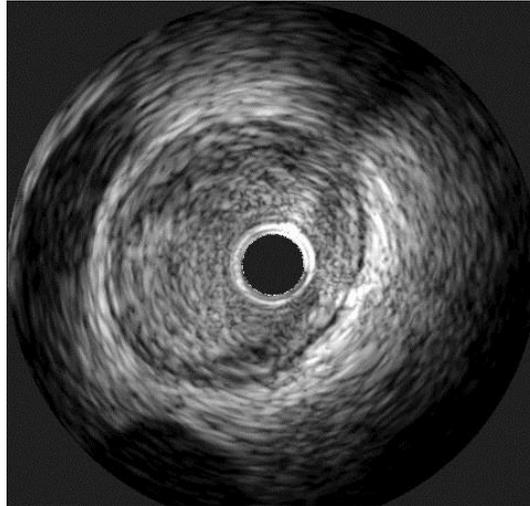


Figure 5 : artéfacts de réflexion du sang

- Les distorsions géométriques sont créées par le positionnement du capteur, excentré et/ou angulé dans l'artère. L'image de l'artère devient soit elliptique, soit déformée en "pétale". Ces artéfacts altèrent l'analyse quantitative des images.

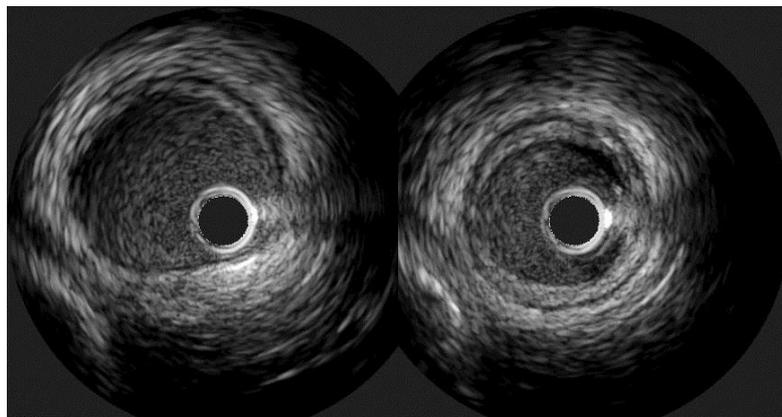


Figure 6 : distorsion géométrique à gauche

3. Analyse quantitative

Simple d'acquisition et d'archivage, plusieurs mesures sont utiles à l'interprétation d'un IVUS :

- Mesure de longueur : grâce aux points fiduciaires permettant un repérage dans l'espace ainsi qu'un retrait automatisé de la sonde d'échographie, il est aisé d'obtenir la mesure de la longueur d'un segment vasculaire (notamment d'une lésion permettant le choix de la longueur d'un stent par exemple).

Longueur (mm) = nombre de secondes * vitesse du retrait (en général, 0,5 mm/sec).

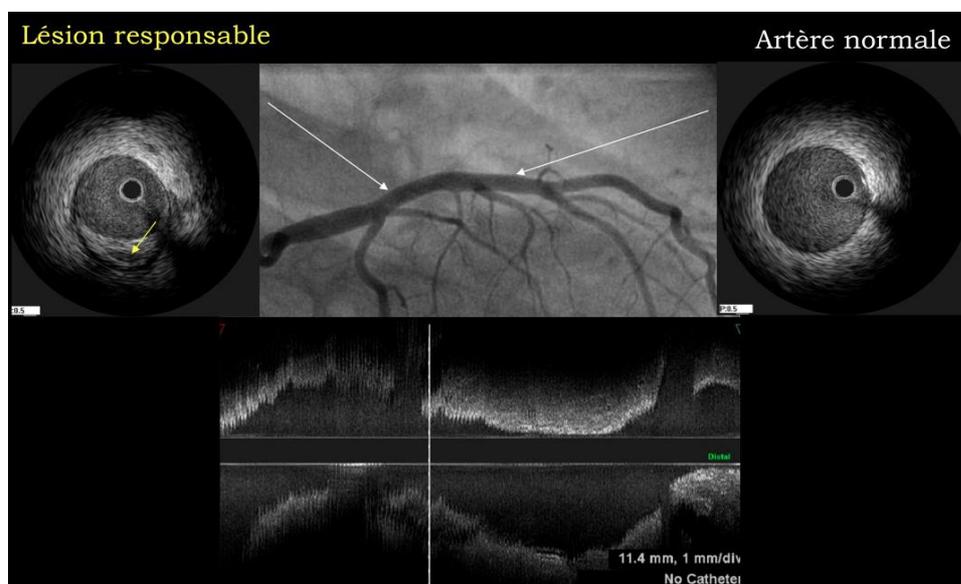


Figure 7 : mesure de la longueur

- Définition des segments de référence et de lésion

Trois segments sont à sélectionner :

- 1) le segment proximal de référence : coupe située dans les 10 mm proximaux de la lésion où la surface endoluminale est la plus grande
- 2) le segment distal de référence : coupe située dans les 10 mm distaux de la lésion où la surface endoluminale est la plus grande,
- 3) le segment de lésion : coupe où la surface endoluminale est minimale au sein de la lésion

- Mesure des diamètres

- 1) Diamètre endoluminal maximum (DL max) : plus grand diamètre de la lumière artérielle de la LEI à la LEI
- 2) Diamètre endoluminal minimum (DL min) : plus petit diamètre de la lumière artérielle,
- 3) Diamètre artériel (DA) : diamètre mesuré de l'adventice à l'adventice.

- Mesure des surfaces

- 1) Surface Artérielle endoluminale (SAL) en mm² : zone circonscrite par l'intima/ LEI ou la face endoluminale de la plaque
- 2) Surface Artérielle Totale (SAT) en mm² : zone circonscrite par l'adventice et la LEE

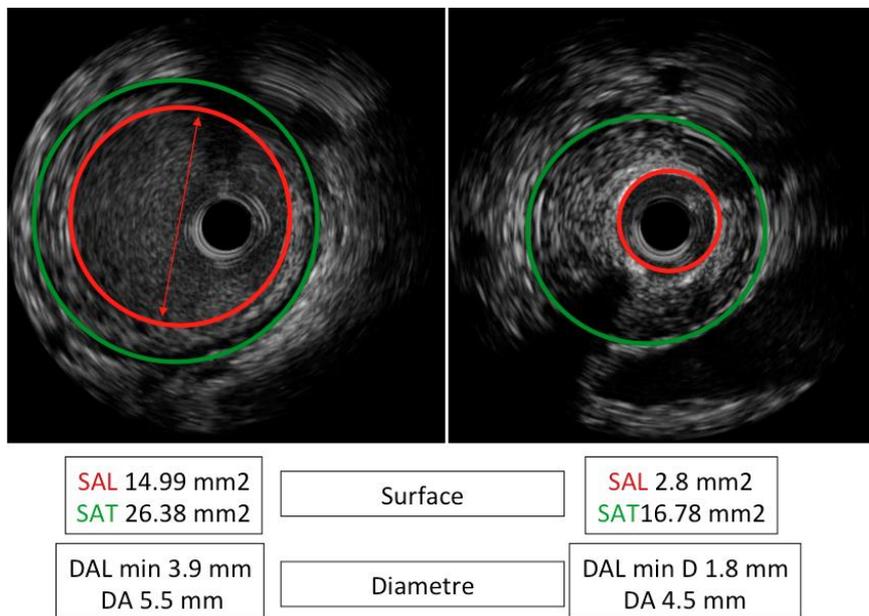


Figure 8 : mesure des diamètres et surfaces

- Mesures indirectes utiles

- Surface Plaque + média (SPM) en mm² : Surface artérielle totale - Surface artérielle endoluminale : $SPM = SAT - SAL$
- Comblement athéroscléreux (CA, %) : $CA = (SPM/SAT) * 100$
- % de Surface Artérielle Sténosée : $[(\text{référence SAL} - \text{minimum SAL}) / \text{référence SAL}] * 100$

4. Remodelage

L'index de remodelage artériel (IR) = SAT Lésion / SAT Référence moyen

Le remodelage est défini comme positif (dilatation artérielle) quand IR > 1.0. Il est défini comme négatif (constriction artérielle chronique) quand IR < 1.0 souvent caractéristique de lésion stable.

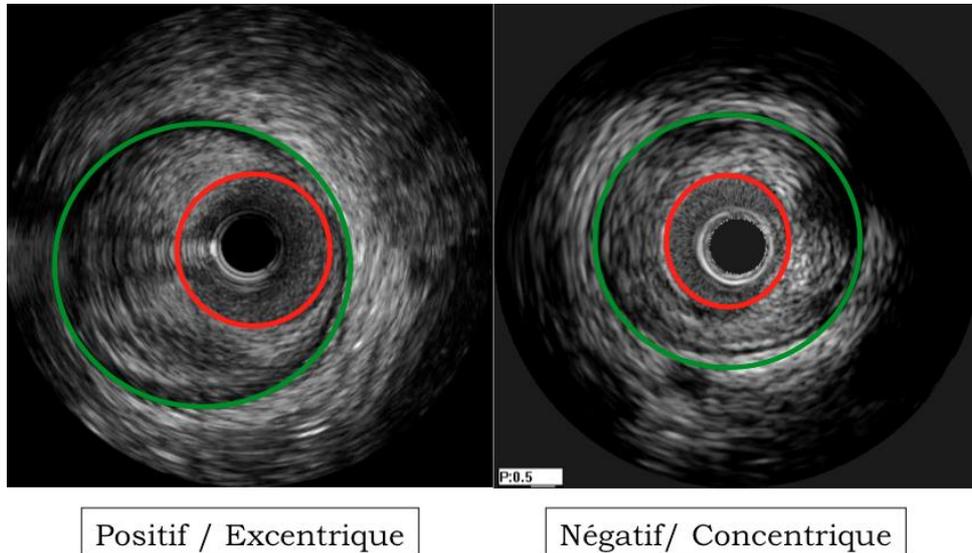


Figure 9 : remodelage coronaire au niveau de la lésion

5. Analyse qualitative

- Echogénicité

Cette analyse est fondée sur la comparaison de la zone d'intérêt avec la couche adventitielle dont la composition est quasi constante (couche de collagène à faible cellularité) (11).

- Une zone anéchogène apparaît noire, vide d'écho, et elle peut évoquer la présence de sang, de lipides extracellulaires, un amas de cellules inflammatoires, sanguines, ou spumeuses. Il n'existe aucun élément collagène.

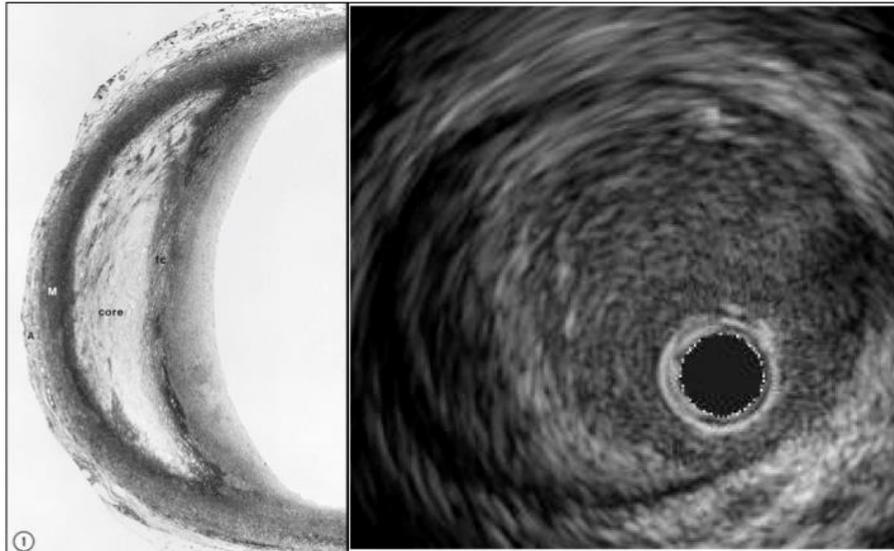


Figure 10 : coeur lipidique anéchogène et cap fibreuse ; image histologique à gauche et IVUS à droite (12)

- Une zone hypo-échogène (réflectivité < 50% de celle de l'adventice) évoque une zone à forte cellularité (80%) avec faible dépôt de collagène, de fibrine ou d'élastine.
- Une zone iso-échogène (réflectivité proche de celle de l'adventice) évoque une zone riche en collagène (80%), à faible cellularité.



Figure 11 : plaque iso-échogène

- Une zone hyper-échogène (réflectivité supérieure à celle de l'adventice) évoque une zone fibreuse dense acellulaire, ou des dépôts calcaires. Du fait d'une atténuation totale des ultrasons, elle est associée à un cône d'ombre postérieur ainsi que des phénomènes de réverbérations acoustiques. Afin de différencier une plaque fibreuse d'une plaque calcifiée, l'analyse concomitante en angiographie avec la recherche de calcification s'avère discriminante.

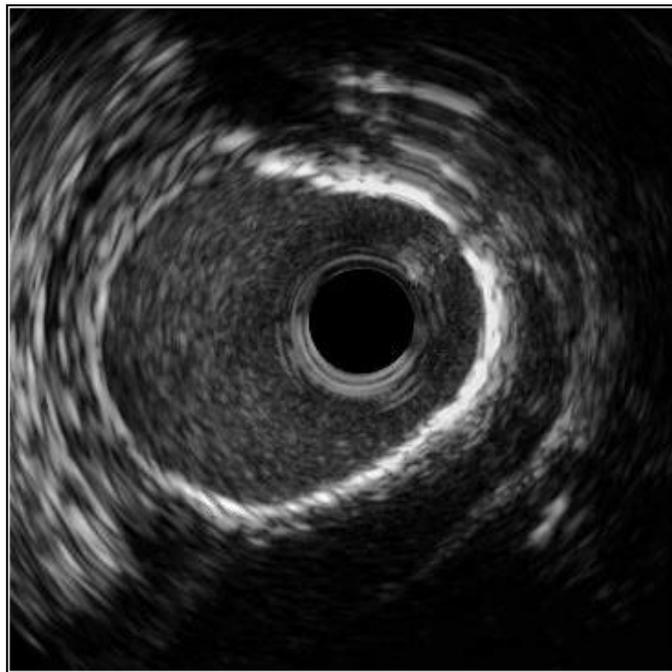


Figure 12 : plaque hyper-échogène avec cône d'ombre sur la partie supérieure (calcification ou fibrose)

- Images complexes

L'IVUS permet l'analyse d'images angiographiques complexes comme les dissections, les ruptures de plaque, les anévrysmes et faux anévrysmes... (Cf. chapitre iconographie en cas clinique)

Elle permet aussi l'analyse des prothèses endovasculaires. En effet les mailles des stents sont des hyper-réfecteurs acoustiques donc apparaissent hyperéchogènes. Cependant, l'image échographique objective les échos des mailles et non pas la maille elle-même. Ces échos sont beaucoup plus larges et leur orientation spatiale dépend directement de la position du transducteur.

Les mesures et contours doivent se faire systématiquement à partir du centre de l'écho de chaque maille.

Cette analyse se veut qualitative (en détectant par exemple une mal apposition de stent ; Cf chapitre iconographie) mais aussi quantitative.

Ainsi sont évalués :

- les diamètres intra-stent endoluminaux (DIS), minimaux et maximaux en mm
- les surfaces intra-stent (SIS), en mm²

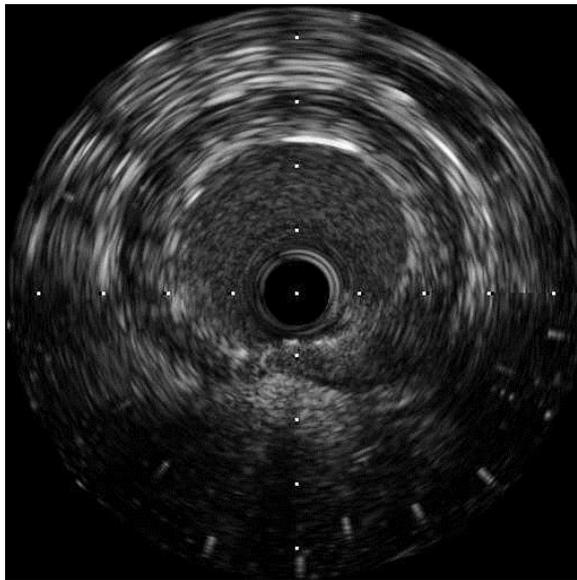


Figure 13 : mal apposition de stent

Schématiquement les lésions stables sont iso ou hyper-échogènes, concentriques par remodelage négatif et les lésions instable sont hyper-échogènes excentriques à remodelage positif.

III. Résultats

- Caractéristiques de la population

Les examens avaient été réalisés de février 2013 à juin 2018.

La population était majoritairement masculine (80% ; N=96) avec un âge moyen de 58,3 ans [de 23 ans à 89 ans].

57,5% (N=69) de la population avait moins de trois facteurs de risque cardiovasculaires.

	Age-sexe	HTA	Tabac	Diabète	Dyslipidémie	Hérédité
N	83	51	66	15	44	23
%	69,2 %	42,5 %	55 %	12,5 %	36,7 %	19,2 %

Tableau 1 : répartition des facteurs de risque cardiovasculaire

46,7% (N=56) avaient une coronaropathie connue pré-existante ; 35,8 % (N=43) avaient bénéficié d'une angioplastie avec implantation de stents et un patient avait bénéficié d'une revascularisation coronaire chirurgicale.

74 procédures (61,7%) ont été réalisées en urgence (syndrome coronarien aigu).

- Caractéristiques de la procédure

On dénombrait 111 analyses mono tronculaires et 9 échographies combinées de plusieurs vaisseaux du réseau gauche uniquement.

	TCG	IVA	Cx	CD
N	21	72	9	28
%	17,5 %	60 %	7,5%	23,3 %

Tableau 2 : répartition de l'analyse par IVUS de l'arbre coronaire

L'utilisation de la voie radiale était prédominante (90% N=108) en diamètre 6 French dans 68,3% (N=82), le reste des procédures par voie radiales étaient réalisées en 5 French.

On ne note aucune complication aiguë grave per-IVUS. Deux patients ont présenté un phénomène spastique coronaire transitoire, amendé après administration de vaso-dilatateurs intra-coronaires.

- **Classification des indications de réalisation d'une échographie intra-coronaire**

Nous avons identifié deux types d'utilisation de cette technique d'imagerie :

- la première à visée analytique afin d'établir un diagnostic et orienter la prise en charge (indication d'angioplastie ou modification de la thérapeutique)
- la seconde en tant qu'aide à l'angioplastie coronaire.

- IVUS analytique :

L'utilisation de l'IVUS s'est faite dans 106 procédures (88,3%) à visée qualitative afin d'aboutir à un diagnostic. Dans 64,5% des cas lors d'examens non programmés.

Trois sous-groupes d'indications se sont dégagés de notre analyse :

- Evaluation de la sévérité de la lésion :

L'évaluation du caractère sténosant de la lésion angiographique par la mesure de la surface artérielle endoluminale (SAL) minimale (<4 mm²) était l'objectif initial de 35 procédures (33%).

- Evaluation de la nature de la lésion :

59 imageries endocoronaires (55,7%) avaient pour objectif de caractériser la nature de la lésion angiographique identifiée. 4 d'entre elles s'inscrivaient dans la recherche de la lésion coupable d'un tableau clinique de MINOCA. Ces lésions étaient identifiées comme instables lorsqu'elles étaient hypoéchogènes avec remodelage excentrique, et comme stables lorsqu'elles étaient iso ou hyperéchogènes avec remodelage concentrique.

Les patients ayant bénéficié d'un IVUS dans cette indication étaient de sexe masculin à 81,4% (N=48), ils avaient en moyenne 55,6 ans et 39 d'entre eux (66%) avaient moins de 3 facteurs de risque cardiovasculaires.

25,4% des lésions étaient stables (N=15).

- Images ambiguës angiographiques

Les images ambiguës comprenaient à la fois des images angiographiques atypiques mais aussi lors de l'absence de concordance entre le tableau clinique et l'angiographie.

Pour 12 patients (10%), l'IVUS a permis de mieux caractériser une image angiographique ambiguë pour l'opérateur. 7 d'entre elles étant des angiographies non programmées, retrouvant 4 lésions décrites comme instables et conduisant à la réalisation de 8 angioplasties. L'âge moyen de ce sous-groupe était de 72,1 ans, 41,7 % (5 patients sur 12) présentaient une coronaropathie préexistante mais avec un niveau de risque cardiovasculaire moindre (2,25 facteurs de risque cardiovasculaire en moyenne).

Sur l'ensemble des examens réalisés, on obtient une corrélation autour de 2/3 entre le caractère stable ou instable du tableau clinique et les critères de stabilité échographique (66,7% des patients instables avaient des lésions instables en IVUS et 67,1% des patients stables cliniquement avaient des lésions stables en IVUS).

Parmi les patients ayant bénéficié de l'IVUS à visée analytique, 47,2% (N=50) ont bénéficié d'une revascularisation coronaire (48 percutanées et 2 revascularisations chirurgicales).

- IVUS en aide à l'angioplastie coronaire

Quatorze patients ont bénéficié de l'utilisation de l'IVUS en indication initiale en tant qu'aide à l'angioplastie. 6 patients dans un contexte aigu.

L'âge moyen de ce sous groupe était de 61,78 ans, à prédominance masculine (3 femmes / 11 hommes) avec 2,9 facteurs de risque cardiovasculaires en moyenne.

L'analyse révélait 5 lésions jugées instables. 5 échographies du TCG, 7 de l'IVA, 3 de la CD et une Cx.

Tous ont eu une évaluation IVUS pré-angioplastie et 10 une imagerie de contrôle post-angioplastie.

IV. Discussion

L'analyse de notre série de patients nous a permis d'identifier deux versants de l'utilisation de l'échographie endocoronaire en pratique clinique quotidienne : l'une s'ajoutant à l'angiographie coronaire permettant d'avancer dans la démarche diagnostique et l'autre en outil permettant une optimisation de l'angioplastie.

- IVUS analytique

IVUS à but diagnostique avait 3 utilisations principales : l'évaluation de la sévérité de la lésion, l'évaluation de sa nature et en complément d'exploration devant des images ambiguës angiographiques.

- Evaluation de sévérité de la lésion

Dans l'évaluation de la sévérité des lésions coronaires, l'indice hémodynamique invasif FFR (*Fractional Flow Reserve*) apparaît à l'heure actuelle comme l'examen de référence. Ainsi les revascularisations coronaires guidées par FFR ont montré un bénéfice en terme de pronostic clinique avec une réduction des infarctus du myocarde et de la nécessité de revascularisation lors du suivi des patients (étude FAME et DEFER) (13–16).

Cependant des relations entre l'évaluation hémodynamique par FFR et anatomique par IVUS ont pu être démontrées. Dans cette évaluation, il faut faire la distinction entre les lésions du TCG, obtenant une bonne corrélation FFR/IVUS et les lésions des autres artères épicaardiques dont le lien paraît moins évident dans les études.

- Evaluation des lésions du TCG en IVUS :

Du fait de sa grande taille et de sa variabilité limitée en longueur, on obtient une bonne corrélation entre l'évaluation hémodynamique et anatomique en utilisant le diamètre ou la surface endoluminale minimale au niveau de la lésion.

La question encore en suspens est celle de la valeur seuil à utiliser. Pour la définir il faut tenir compte de la notion de variabilité ethnique relevée lors des différentes études. Ainsi une récente étude a comparé les TCG entre 99 patients nord-américains blancs et 99 patients asiatiques ; les patients asiatiques avaient une

surface endoluminale significativement plus petite ($5,2 \pm 1,8 \text{ mm}^2$ vs $6,2 \pm 1,4 \text{ mm}^2$; $p < 0,0001$) (17).

Pour la définition de ce seuil une pertinence clinique est nécessaire. Ainsi la valeur seuil de 6 mm^2 , récemment utilisée dans l'essai EXCEL semble être un seuil validé (18). Les résultats de l'étude LITRO - une étude prospective multicentrique portant sur 354 patients comparant une revascularisation guidée par FFR ou IVUS ayant pour valeur seuil de surface endoluminale minimale 6 mm^2 – semblent également concordants (19).

Ainsi Kassimis et al. proposent l'utilisation d'un seuil en IVUS à 6 mm^2 pour l'absence de sévérité des lésions ; une surface entre 5 et 6 mm^2 nécessiterait une évaluation complémentaire (avec FFR si possible) et une surface inférieure à 5 mm^2 indique une revascularisation (20).

Ils y associent un algorithme d'utilisation de l'IVUS en fonction de la localisation des lésions en différenciant les atteintes du TCG ostial, médian et les lésions de bifurcation du TCG distal.

- Evaluation de la sévérité des artères coronaires non TCG par IVUS.

Contrairement à l'utilisation validée de l'IVUS dans les lésions du TCG, l'utilisation d'un seuil de surface endoluminale minimal de 4 mm^2 pour les autres artères coronaires n'obtient pas suffisamment de concordance avec l'évaluation hémodynamique. En effet, les dimensions anatomiques IVUS et l'ischémie évaluée par FFR sont insuffisamment corrélées et ne peuvent être recommandée en pratique clinique (8).

Une méta-analyse portant sur 2581 patients valide cette observation : une sensibilité et une spécificité sous-optimales de l'IVUS dans ces lésions, et ceux indépendamment du diamètre du vaisseau. Ceci est principalement dû à des facteurs supplémentaires tels que la longueur de la lésion, son emplacement dans la coronaire, l'excentricité de la plaque, les angles d'entrée et de sortie, les forces de cisaillement et la quantité de myocarde viable. Bien que des taux d'événements faibles soient observés dans les lésions intermédiaires non TCG pour une surface supérieure à 4 mm^2 et que pour une surface inférieure à $2,8 \text{ mm}^2$ la sténose est probablement significative, ces seuils ne peuvent à eux seuls indiquer une revascularisation.

Cependant, une étude récente prospective multicentrique randomisée FLAVOUR comparant l'angioplastie des lésions non TCG guidée par FFR (<0,80) versus guidée par IVUS obtient des résultats satisfaisants (21). Elle utilise comme critères échographiques : une surface endoluminale minimale inférieure à 3 mm² ou entre 3 et 4 mm² associée à un comblement athéroscléreux >70% (= (surface plaque + média) / surface artérielle totale x 100). Ces résultats semblent prometteurs quant à une possible extension des indications.

- Analyse morphologique de la lésion

La majorité des IVUS à visée diagnostique de notre série avait pour interrogation première la recherche de la nature de la lésion athérosclérotique. Elle s'inscrivait dans une démarche diagnostique chez un sous groupe de patients présentant un risque cardiovasculaire plus faible (âge moyen 55,3 ans et 66,2% présentant moins de 3 facteurs de risque cardiovasculaire). Ces données ont permis une adaptation de la stratégie thérapeutique notamment sur la nécessité d'angioplastie ou l'optimisation du traitement médicamenteux (anti-plaquettaire et de prévention secondaire). Dans 4 cas elle a permis d'identifier la lésion coupable de MINOCA (Infarctus du myocarde sans sténose significative des artères coronariennes).

L'IVUS chez ces patients « atypiques », moins à risque théorique d'atteinte athérosclérotique a eu plusieurs intérêts : affirmer la nature athérosclérotique des lésions, estimer sa diffusion au sein du réseau coronaire et d'estimer la stabilité. Ces trois types de données peuvent être apportés par l'IVUS :

- Comblement athéroscléreux (burden plaque)

On sait que l'identification de l'athérosclérose est difficile en angiographie fluoroscopique seule. En effet la charge athérosclérotique est indépendante du degré de sténose. De plus le risque de syndrome coronarien aiguë n'est pas directement corrélé au pourcentage de sténose, les thrombi occlusifs étant peu souvent secondaires à des lésions sténosantes de haut grade (22). Suite aux travaux de Glagov et al. nous savons que le processus de remodelage coronaire, du fait d'un élargissement compensatoire réussit à préserver le contour de la lumière ainsi, la surface luminale est conservée jusqu'à ce que la plaque atteigne environ 40% de la circonférence du vaisseau (23).

L'IVUS dans cette indication fait preuve d'une bonne précision et reproductibilité pour détecter la charge focale athérosclérotique de la plaque et permet de distinguer différents modes de remodelage artériel (24,25).

Grâce à sa vue en coupe transversale de l'artère, l'IVUS permet d'évaluer plus précisément cette charge athérosclérotique et pourrait prédire le risque futur d'événement cardiovasculaire. Dans ce sens, les résultats de plusieurs essais ont montré que les lésions avec comblement athéroscléreux > 70% ou une surface endoluminale minimale inférieure à 4,0 mm² étaient indépendamment associés à des événements cardiaques indésirables majeurs (19,26–28).

- Nature et morphologie de la lésion

En plus de la quantification de la charge athérosclérotique, l'imagerie endocoronaire permet l'analyse de la nature et de la morphologie des lésions : épaisseur de la coiffe, calcification, corps nécrotique, inflammation, etc ... Elle est une aide dans la prédiction du caractère instable et le risque de syndrome coronarien aigu.

L'IVUS est particulièrement performant dans la détection des calcifications qui sont apparentées aux lésions stables : sa sensibilité est de 89% à 90%, avec une spécificité de 97% à 100% (29,30).

A contrario, les éléments morphologiques à risque ischémique retrouvés dans les études sont :

- les plaques hypoéchogènes (indiquant un noyau nécrotique important) ou rupture de plaque : une étude IVUS menée sur 336 patients présentant un syndrome coronarien aigu et 351 patients présentant une coronaropathie stable, montre que la prévalence de la plaque hypoéchogène était respectivement de 43,8% et 27,9% (31).

- l'identification d'un fibroathérome à capsule mince ou rupture de plaque en imagerie OCT : des études histopathologiques post mortem ont démontré que l'épaisseur de la coiffe fibreuse était le meilleur prédicteur d'un risque futur de rupture de plaque mais aussi que le pourcentage de lipides dans une lésion augmente également le risque global de syndrome coronarien aigu (32,33).

- la présence d'un noyau nécrotique par histologie virtuelle IVUS.

Dans cette analyse morphologique, des compléments d'analyse par radiofréquence existent : virtual histology IVUS (VH-IVUS) (Volcano Corp.) iMAP (Boston Scientific) ; Integrated Backscatter IVUS (IB-IVUS) (YD Co., Ltd., Nara, Japan) ; mais ne sont pas utilisés dans notre centre en pratique clinique. Les études de corrélation entre l'histologie virtuelle IVUS, iMAP, IB-IVUS et l'analyse anatomopathologique retiennent des résultats de l'ordre 80 et 94% (34–39). Sa valeur prédictive d'événements a été étudiée dans l'étude PROSPECT et semble être prometteuse mais insuffisante pour son utilisation en pratique clinique à l'heure actuelle (40).

- Identification de la lésion coupable

L'essai VANQWISH publié en 1998 avait révélé que près de 50% des patients présentant un syndrome coronarien aigu avaient soit plusieurs lésions coupables potentielles, soit des lésions coupables non identifiables, et jusqu'à 15% des patients n'avaient pas d'obstruction identifiée (41).

Grâce à son analyse morphologique, l'IVUS peut être une aide à l'identification de la lésion coupable notamment lors des MINOCA. Cependant, comme montré dans l'étude de Nasu, il peut parfois mal classer les lésions (par exemple : identifier le thrombus en tissu fibreux) (42).

On notera cependant que cette caractérisation d'instabilité échographique (sans sténose significative) ne justifie pas à elle seule l'indication d'une angioplastie.

- Images ambiguës angiographiques

Il existe peu de données bibliographiques quant au caractère discriminant de l'IVUS en aide diagnostique sur des images angiographiques complexes.

Cependant dans notre centre douze patients ont bénéficié de la réalisation d'un IVUS en aide diagnostique devant des images angiographique ambiguës, d'aspect iconographique ou en concordance avec le tableau clinique. Ces imageries endocoronaires étaient réalisées en contexte aigu ou en exploration programmée. Les explorations par IVUS aboutiront pour 4 d'entre elles à un diagnostic de rupture de plaque d'allure chronique, 5 images endocoronaires de dissection et un anneau

calcaire non sténosant n'indiquant pas d'angioplastie.

En plus de son bénéfice diagnostic, l'imagerie endocoronaire peut apparaître comme un outil pédagogique afin de mieux comprendre la corrélation entre les images angiographiques, le mécanisme au niveau de la paroi du vaisseau et son évolutivité. Notre série présente probablement un biais quant au caractère universitaire de notre centre et sa vocation de formation/recherche. Cependant comme le montre une récente étude démographique, l'imagerie endocoronaire est essentiellement utilisée par des opérateurs expérimentés (> 10 ans expérience) (43). De plus le coût de cette technique d'imagerie et l'allongement du temps de procédure peuvent être un frein à l'utilisation à visée uniquement pédagogique de l'IVUS.

- IVUS en aide à l'angioplastie

Quatorze patients ont bénéficié d'une angioplastie guidée par IVUS dans notre série. Ces patients présentaient un risque cardiovasculaire accru : 2,9 facteurs de risque cardiovasculaires en moyenne, associés à des comorbidités ou antécédents importants tels que : 2 atteintes anévrismales de l'aorte (anévrisme de l'aorte abdominale et dissection de type B), 1 anévrisme coronaire connu, 1 antécédent de thrombose de stent, 1 transplanté cardiaque, 1 patient ayant bénéficié d'une revascularisation par athérectomie rotative. L'imagerie endocoronaire apparaît alors comme une aide précieuse lors de l'implantation d'endoprothèse vasculaire et ce à chaque étape de la procédure :

- Nécessité de préparer la lésion

Grâce à ses informations sur la nature des lésions, en terme d'instabilité mais surtout grâce à sa capacité de détecter les calcifications, l'IVUS permet d'anticiper la nécessité de préparer la lésion.

Kobayashi et al. ont constaté dans leur étude que l'aire et l'angle du calcium étaient corrélés à une mauvaise expansion des stents (44). Dans d'autres publications, l'épaisseur du calcium, lorsqu'il était mince (<0,5 mm) était associé à une fracture calcique, indépendamment de l'angle calcique ; cette fracture calcique était elle-même associée à une meilleure expansion des stents.

Ainsi, l'angle calcique lorsqu'il est > 180° en IVUS, au même titre que la présence de calcium angiographiquement visible, est associé à une moins bonne

expansion des stents. Il peut alors inciter à l'utilisation de techniques complémentaires telles que l'athérectomie rotative, les ballons coupants etc ...

- Choix de la longueur du stent

La technique d'angiographie standard possède une faible spécificité. L'étude de Mintz et al. observe cette limite de la technique : lorsqu'un segment coronaire est décrit comme normal en angiographie, il ne l'est en réalité que dans 7% des cas (60 sur 884) (45).

L'IVUS permet plus aisément d'identifier l'ensemble de la lésion athérosclérotique à traiter et de définir la zone saine souhaitée de début et de fin de stenting, cela grâce au retrait automatique lors de l'acquisition des images échographiques qui permet de mesurer exactement la longueur nécessaire de l'endoprothèse.

- Choix du diamètre du stent et guidage de la post dilatation optimale de l'endoprothèse

La première étude majeure sur l'optimisation du stenting par IVUS a été publiée en 1998 : il s'agissait de l'étude MUSIC (*Multicenter Ultrasound Stenting in Coronaries Study*) qui a montré que 81% endoprothèses Palmaz-Schatz (stent nu) de 3 mm de diamètre sur des lésions d'au moins 15 mm répondaient aux critères d'optimisation (1-surface du stent minimale $\geq 90\%$ de la surface luminale de référence moyenne ou $\geq 100\%$ de la surface luminale de référence la plus petite ou 2- si surface minimale du stent $> 9 \text{ mm}^2$ ou la surface du stent minimale $\geq 80\%$ de la surface luminale de référence moyenne ou $\geq 90\%$ de la surface luminale de référence la plus petite). L'étude relate qu'avec ce pourcentage de 81% de stents nus d'implantation optimale, on observe un faible taux global de revascularisation des lésions cibles (4,5% à 6 mois) (46).

A l'ère des stents actifs, les recommandations de dimensionnement de stent ou de post-dilatation guidées par IVUS reposent sur :

- Les diamètres de limitantes élastiques externes (EEL) de la référence proximale, de la référence distale ou du site de la lésion, généralement arrondis 0,5 mm plus petit
ou
- des diamètres de lumière de référence.

Il faut savoir que ces deux mesures surestiment généralement le diamètre de la lumière de référence angiographique, en particulier pour les petits vaisseaux.

- Identification des complications aiguës (dissection d'amont ou d'aval, malapposition du stent, saillie tissulaire) (44,47–52)
- Clarification du mécanisme des complications tardives post-stenting (thrombose de stent, hyperplasie néointimale, sur-dilatation du stent, fracture de stent, néoathérosclérose) (53)
- Contrôle post-implantation

Après l'implantation de l'endoprothèse, un contrôle échographique permet d'une part de contrôler l'apposition correcte du stent, de mesurer de la surface minimale du stent et de déceler d'éventuelles complications post-angioplastie comme les dissections de bords ou protrusion de plaques qui, si elles sont présentes, augmentent la morbidité à court terme.

- Surface minimale du stent

Dans les études, la surface minimale du stent apparaît comme le critère le plus fort pour prédire la resténose et la thrombose de stent (47,54–59). Les valeurs seuil de surface minimale de stent en IVUS varient dans les études selon les différents types d'endoprothèses médicamenteuses : 5,5 mm² pour les stents sirolimus, 5,7 mm² pour les stents paclitaxel, 5,4 pour les stents everolimus et 5,3 mm² pour les stents zotarolimus (55–57). Ces seuils ne définissent cependant pas un stenting optimal, en effet une surface minimale de stent plus importante est toujours associée à un taux de resténose plus faible et ce jusqu'à une valeur plateau d'environ 8 mm². Et, bien que la sous-expansion de stent soit fréquemment retrouvée lors de ces deux phénomènes, elle est plus sévère et diffuse chez les patients présentant une thrombose de stent que chez les patients présentant une resténose.

- Dissection de bord

Dans l'étude ADAPT-DES, une dissection de bord de stent non traitée était associée à un taux de revascularisation de la lésion plus important, en particulier - si la surface de la lumière dans la dissection était <5,0 mm²,

- la longueur de dissection était > 3 mm et l'étendue du flap de dissection était > 60°. Dans les données combinées de l'IVUS post-procédure issues des essais TAXUS IV, TAXUS V et TAXUS VI (n=531) (60), seule la présence d'une plaque en bordure de stent était un prédicteur de resténose (estimée entre 54,2% et 57,3% dans l'étude de Kang et al. portant sur des stents actifs de deuxième génération) (61).

- Protrusion intra stent

La protrusion intrastent a été retrouvée lors de contrôle IVUS dans 17% à 31 % dans la maladie coronaire stable et dans 46% à 69% lors de syndromes coronariens aigus.

Dans l'étude ADAPT-DES la présence de protrusion intra-stent n'était pas associée à des événements indésirables mais dans la sous étude HORIZONS-AMI (*Harmonizing Outcomes with Revascularization and Stents in Acute Myocardial Infarction*) portant sur 401 patients contrôlés en IVUS après une angioplastie primaire dans le cadre d'un syndrome coronarien aigu avec élévation persistante du segment ST, 74% d'entre eux présentaient une protrusion intra stent. Quand cette protrusion était importante et diminuait sévèrement la lumière vasculaire, elle était associée à des thromboses de stent précoces. (47,52)

- Mal apposition

Dans les études, la prévalence de la mal apposition initiale de stent est de l'ordre de 8% à 15 % en IVUS avec une résolution spontanée à 9 mois pour la moitié d'entre eux.

En l'absence de sous expansion, la mal apposition initiale de stent n'est pas associée à plus de complications à court ou long terme (47–51).

L'IVUS en angioplastie coronaire permet un réel bénéfice clinique conforté par les résultats de nombreuses études : onze méta-analyses (la plus importante impliquant 31 283 patients) portant sur le sujet ont rapporté un taux global d'événements indésirables majeurs cardiologiques (MACE) réduits lors du guidage par IVUS (62–68).

La plus récente portant sur huit essais randomisés (3 276 patients) comparant le guidage IVUS versus le guidage angiographique à l'ère des stents actifs, sur un suivi moyen de $1,4 \pm 0,5$ an, observe une réduction de 36% de la MACE et une réduction de 40% du taux de revascularisation des vaisseaux cibles (avec des différences non significatives concernant la thrombose de stent et le décès) en faveur de l'IVUS.

V. Comparaison avec l'OCT

L'Optical Coherence Tomography (OCT) est une technique d'imagerie endocoronaire plus récente que l'échographie basée sur l'absorption et la réflexion de la lumière infrarouge. Comparée à l'IVUS, l'OCT permet une acquisition plus rapide d'images avec une meilleure résolution spatiale (résolution axiale de 10-20 μm et latérale de 25 μm soit 10 fois meilleurs que l'IVUS) mais une moins bonne profondeur de pénétration dans les tissus.

Analyse morphologique :

- Evaluation de la sévérité :

Comme l'IVUS, l'évaluation de la sévérité fonctionnelle des lésions ne touchant pas le TCG est limitée en OCT et modestement corrélée à l'évaluation FFR. Les seuils de surface endominale minimale sont plus petits qu'en IVUS (médiane 1.96 mm^2 [1.85 to 1.98 mm^2] vs 2.8 mm^2 [2.7 to 2.9 mm^2] pour l'IVUS) avec une bonne valeur prédictive positive (de 80% à 92%) mais une valeur prédictive négative insuffisante (66% à 89%) (69).

Cependant l'étude de Ha J. observe une bonne corrélation entre une estimation FFR calculée après analyse tridimensionnelle des lésions intermédiaires et FFR < 0,80 (R =0.73 ; p < 0,001) (70). Et comme pour l'IVUS la corrélation est meilleure sur l'analyse des lésions du TCG (71).

- Nature de la lésion

L'IVUS et l'OCT ont montré leurs capacités et leurs reproductibilités pour mesurer les diamètres des lumières vasculaires (72). Cependant d'après certains auteurs, du fait de la limite d'analyse des structures profondes en OCT, l'IVUS est meilleur pour la quantification du comblement athéroscléreux (73,74).

Par analyse de l'architecture des différentes couches des coronaires ainsi que des atténuations intra-luminales ou pariétales, l'OCT permet de distinguer différentes structures : plaques fibreuses, thrombus rouge, thrombus blanc, infiltrations lipidiques ou le calcium (75).

Cependant l'IVUS et l'OCT présentent diverses forces et faiblesses dans l'analyse de la nature des lésions (76). Par exemple :

- l'IVUS n'est pas en mesure d'évaluer avec précision l'épaisseur de l'intima en raison de la faible résolution des ultrasons.
- Certains chercheurs doutent de la capacité de l'OCT à reconnaître avec précision la plaque lipidique en raison de la forte absorption optique des lipides. Cependant, de grandes études in vivo, ex vivo et histopathologiques ont montré une bonne précision et identification du noyau nécrotique par OCT.
- En terme d'examen de la calcification, l'IVUS et l'OCT ont surpassé l'angiographie.
- Seule l'OCT, en raison de la nature microscopique de l'inflammation, est capable de l'identifier dans une lésion. Cependant, la capacité de l'OCT à identifier précisément l'inflammation reste incertaine, car les macrophages peuvent présenter une impédance optique similaire à celle du noyau nécrotique et de la calcification.

- Identification des lésions coupables de syndrome coronarien aigu

Grâce à sa capacité de détection des thrombi intra-luminaux et des érosions de plaques, l'OCT semble meilleure que l'IVUS ou l'angiographie seule pour l'identification des lésions coupables de syndromes coronariens aigus.

En effet, l'OCT permet de distinguer les syndromes coronariens aigus avec et sans rupture de la cap fibreuse ; ainsi ceux sans rupture semblent avoir une structure différente (moins lipidique et une cap plus épaisse) et présente chez une population différente plus jeune et plus majoritairement féminine. Cela avec un pronostic moins péjoratif mais sans que suffisamment d'études aient pu être réalisées pour modifier la stratégie thérapeutique pour le moment (77,78). Comme l'IVUS, l'OCT permet d'identifier d'autres lésions responsables de syndromes coronariens aigus comme les nodules calcifiés ou les dissections coronaires spontanées. Pour ces dernières, la nécessité d'injection de produit de contraste pour l'acquisition est une limite à son utilisation.

- Analyse des lésions intra-stents

Dans l'étude PESTO les étiologies IVUS responsables de thrombose précoce de stent (< 1 mois) étaient les malpositions de stent (48%), la sous expansion

sévère de stent (26%) et les dissections résiduelles de bord (8%) (79). Celles responsables de thromboses tardives étaient une malapposition de stent chez 32%, une néo-athérosclérose rompue chez 28%, une évagination chez 10%, des mailles isolées non couvertes dans 10%, dilatation sévère de l'endoprothèse chez 7% et thrombus avec néo-intima (vraisemblablement érosion néo-intima) chez 5%. Grâce à sa meilleure résolution, l'OCT semble plus performant dans l'analyse des tissus intra-luminaux comme l'hyperplasie intimale ou la néoathérosclérose intra-stent ainsi que la structure morphologique de l'endoprothèse (76). Phénomène distinct de la malapposition aiguë de stent, la malapposition acquise tardivement est le résultat d'un remodelage positif du vaisseau et / ou d'une résorption du thrombus derrière les mailles de l'endoprothèse. Dans ce contexte l'IVUS semble recommandé car grâce à son analyse plus profonde que l'OCT, il permet une évaluation entière de la paroi vasculaire remaniée.

Aide à l'angioplastie

- Mesure du vaisseau et choix des stents

L'OCT donne des mesures de vaisseau plus reproductible que l'IVUS in vivo (80,81). Mais compte tenu de la capacité de pénétration limitée de l'OCT et de la visualisation moins fiable de la limitante élastique externe, certains experts affirment que le guidage OCT sous-estime les dimensions aboutissant à une dilatation moins agressive de l'endoprothèse vasculaire (82). Peu d'études sont disponibles sur le sujet. L'étude randomisée ILUMIEN III (*Observational Study of Optical Coherence Tomography in Patients Undergoing Fractional Flow Reserve and Percutaneous Coronary Intervention*) a permis de montrer la non infériorité du guidage OCT par rapport à l'IVUS en terme de surface minimale du stent mais non sa supériorité par rapport à l'IVUS ou même à l'angiographie.

- Evaluation post angioplastie

Si l'IVUS permet d'obtenir une meilleure surface minimale post-stenting, l'OCT semble plus performant sur l'évaluation des complications péri-procédurales (mal apposition des mailles, dissection, protrusion de plaque ou thrombus intra-stent) (83–86).

En résumé l'IVUS serait plus performant lors de l'implantation de l'endoprothèse alors que l'OCT serait plus discriminant pour l'évaluation des complications de l'angioplastie.

VI. Conclusion

L'échographie endocoronaire est utile en pratique clinique à la fois sur le plan diagnostique et thérapeutique en contexte d'urgence ou en procédures réglées. À très faible risque et reproductible, c'est un examen efficace pour analyse de lésions focales et ciblées avec une méthodologie rigoureuse et systématique.

Néanmoins, si l'analyse quantitative des lésions est simple, l'analyse qualitative reste difficile et aléatoire.

En pratique quotidienne, les indications sont certainement marginales. En effet, l'étude de la FFR (*Fractional Flow Reserve*) est validée dans l'évaluation du degré d'une sténose et la définition du caractère instable d'une lésion n'a pas de conséquence thérapeutique validée.

Néanmoins l'IVUS peut apporter des renseignements intéressants dans deux situations :

- 1) Lorsqu'une angioplastie d'une lésion complexe est envisagée : maladie coronaire diffuse, difficulté à définir un segment sain de référence, artère de gros calibre et variations majeures de calibre d'un segment artériel. En aide à chaque étape de la procédure, elle apporte un bénéfice clinique avéré.
- 2) Lorsque la lésion angiographique identifiée est inattendue : infarctus à coronaire normale, dissection coronaire suspectée... L'IVUS entre alors en compétition avec l'OCT (*Optical Coherence Tomography*) néanmoins plus adapté à l'étude des mécanismes endoluminaux.

Dans un centre universitaire, c'est aussi un outil pédagogique, une aide à la compréhension de la pathologie coronaire et à l'interprétation de la coronarographie.

Comme pour toute technique marginale, elle doit être pratiquée rigoureusement et régulièrement afin que l'opérateur maintienne un niveau d'expertise suffisant.

BIBLIOGRAPHIE

1. Topol EJ, Nissen SE. Our preoccupation with coronary luminology. The dissociation between clinical and angiographic findings in ischemic heart disease. *Circulation*. 15 oct 1995;92(8):2333- 42.
2. Zir LM, Miller SW, Dinsmore RE, Gilbert JP, Harthorne JW. Interobserver variability in coronary angiography. *Circulation*. avr 1976;53(4):627- 32.
3. White CW, Wright CB, Doty DB, Hiratza LF, Eastham CL, Harrison DG, et al. Does visual interpretation of the coronary arteriogram predict the physiologic importance of a coronary stenosis? *N Engl J Med*. 29 mars 1984;310(13):819- 24.
4. Bom N, Lancée CT, Van Egmond FC. An ultrasonic intracardiac scanner. *Ultrasonics*. mars 1972;10(2):72- 6.
5. Bom N, ten Hoff H, Lancée CT, Gussenhoven WJ, Bosch JG. Early and recent intraluminal ultrasound devices. *Int J Card Imaging*. 1989;4(2- 4):79- 88.
6. 2014 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization: The Task Force on Myocardial Revascularization of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) Developed with the special contribution of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). *Eur Heart J*. 1 oct 2014;35(37):2541- 619.
7. Garcia E, Canavy I, Bonnet JL, Bory M. [Frequency and nature of atheroma at the site of spasm of angiographically normal or subnormal coronary arteries: an endocoronary ultrasonographic study]. *Arch Mal Coeur Vaiss*. mars 1998;91(3):323- 30.
8. Patel MR, Bailey SR, Bonow RO, Chambers CE, Chan PS, Dehmer GJ, et al. ACCF/SCAI/AATS/AHA/ASE/ASNC/HFSA/HRS/SCCM/SCCT/SCMR/STS 2012 Appropiate Use Criteria for Diagnostic Catheterization. *J Am Coll Cardiol*. mai 2012;59(22):1995- 2027.
9. Neumann F-J, Sousa-Uva M, Ahlsson A, Alfonso F, Banning AP, Benedetto U, et al. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J* [Internet]. 25 août 2018 [cité 22 sept 2018]; Disponible à: <https://academic.oup.com/eurheartj/advance-article/doi/10.1093/eurheartj/ehy394/5079120>

10. Mintz GS, Nissen SE, Anderson WD, Bailey SR, Erbel R, Fitzgerald PJ, et al. American College of Cardiology clinical expert consensus document on standards for acquisition, measurement and reporting of intravascular ultrasound studies (ivus): A report of the american college of cardiology task force on clinical expert consensus documents developed in collaboration with the european society of cardiology endorsed by the society of cardiac angiography and interventions. *J Am Coll Cardiol.* 2001;37(5):1478–1492.
11. Palmer ND, Northridge D, Lessells A, McDicken WN, Fox KA. In vitro analysis of coronary atheromatous lesions by intravascular ultrasound; reproducibility and histological correlation of lesion morphology. *Eur Heart J.* déc 1999;20(23):1701-6.
12. Stary HC, Chandler AB, Dinsmore RE, Fuster V, Glagov S, Insull W, et al. A definition of advanced types of atherosclerotic lesions and a histological classification of atherosclerosis. A report from the Committee on Vascular Lesions of the Council on Arteriosclerosis, American Heart Association. *Circulation.* 1 sept 1995;92(5):1355-74.
13. D'Ascenzo F, Presutti DG, Picardi E, Moretti C, Omedè P, Sciuto F, et al. Prevalence and non-invasive predictors of left main or three-vessel coronary disease: evidence from a collaborative international meta-analysis including 22 740 patients. *Heart Br Card Soc.* juin 2012;98(12):914-9.
14. Pijls NHJ, van Schaardenburgh P, Manoharan G, Boersma E, Bech J-W, van't Veer M, et al. Percutaneous coronary intervention of functionally nonsignificant stenosis: 5-year follow-up of the DEFER Study. *J Am Coll Cardiol.* 29 mai 2007;49(21):2105-11.
15. van Nunen LX, Zimmermann FM, Tonino PAL, Barbato E, Baumbach A, Engstrøm T, et al. Fractional flow reserve versus angiography for guidance of PCI in patients with multivessel coronary artery disease (FAME): 5-year follow-up of a randomised controlled trial. *Lancet Lond Engl.* 7 nov 2015;386(10006):1853-60.
16. De Bruyne B, Fearon WF, Pijls NHJ, Barbato E, Tonino P, Piroth Z, et al. Fractional flow reserve-guided PCI for stable coronary artery disease. *N Engl J Med.* 25 sept 2014;371(13):1208-17.
17. Rusinova RP, Mintz GS, Choi S-Y, Araki H, Hakim D, Sanidas E, et al. Intravascular ultrasound comparison of left main coronary artery disease between white and Asian patients. *Am J Cardiol.* 1 avr 2013;111(7):979-84.

18. Stone GW, Sabik JF, Serruys PW, Simonton CA, Généreux P, Puskas J, et al. Everolimus-Eluting Stents or Bypass Surgery for Left Main Coronary Artery Disease. *N Engl J Med.* 8 déc 2016;375(23):2223-35.
19. de la Torre Hernandez JM, Hernández Hernandez F, Alfonso F, Rumoroso JR, Lopez-Palop R, Sadaba M, et al. Prospective application of pre-defined intravascular ultrasound criteria for assessment of intermediate left main coronary artery lesions results from the multicenter LITRO study. *J Am Coll Cardiol.* 19 juill 2011;58(4):351-8.
20. Kassimis G, de Maria GL, Patel N, Raina T, Scott P, Kharbanda RK, et al. Assessing the left main stem in the cardiac catheterization laboratory. What is « significant »? Function, imaging or both? *Cardiovasc Revasc Med.* janv 2018;19(1):51-6.
21. Kang J, Koo B-K, Hu X, Lee JM, Hahn J-Y, Yang H-M, et al. Comparison of Fractional Flow Reserve And Intravascular ultrasound-guided Intervention Strategy for Clinical Outcomes in Patients with Intermediate Stenosis (FLAVOUR): Rationale and design of a randomized clinical trial. *Am Heart J.* mai 2018;199:7-12.
22. Ambrose JA, Tannenbaum MA, Alexopoulos D, Hjerdahl-Monsen CE, Leavy J, Weiss M, et al. Angiographic progression of coronary artery disease and the development of myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol.* juill 1988;12(1):56-62.
23. Glagov S, Weisenberg E, Zarins CK, Stankunavicius R, Kolettis GJ. Compensatory enlargement of human atherosclerotic coronary arteries. *N Engl J Med.* 28 mai 1987;316(22):1371-5.
24. Nair A, Kuban BD, Tuzcu EM, Schoenhagen P, Nissen SE, Vince DG. Coronary plaque classification with intravascular ultrasound radiofrequency data analysis. *Circulation.* 22 oct 2002;106(17):2200-6.
25. Kawasaki M, Bouma BE, Bressner J, Houser SL, Nadkarni SK, MacNeill BD, et al. Diagnostic accuracy of optical coherence tomography and integrated backscatter intravascular ultrasound images for tissue characterization of human coronary plaques. *J Am Coll Cardiol.* 4 juill 2006;48(1):81-8.
26. Calvert PA, Obaid DR, O'Sullivan M, Shapiro LM, McNab D, Densem CG, et al. Association between IVUS findings and adverse outcomes in patients with coronary artery disease: the VIVA (VH-IVUS in Vulnerable Atherosclerosis) Study. *JACC Cardiovasc Imaging.* août 2011;4(8):894-901.

27. Yun KH, Mintz GS, Farhat N, Marso SP, Taglieri N, Verheye S, et al. Relation between angiographic lesion severity, vulnerable plaque morphology and future adverse cardiac events (from the Providing Regional Observations to Study Predictors of Events in the Coronary Tree study). *Am J Cardiol.* 15 août 2012;110(4):471-7.
28. Cheng JM, Garcia-Garcia HM, de Boer SPM, Kardys I, Heo JH, Akkerhuis KM, et al. In vivo detection of high-risk coronary plaques by radiofrequency intravascular ultrasound and cardiovascular outcome: results of the ATHEROREMO-IVUS study. *Eur Heart J.* mars 2014;35(10):639-47.
29. Kostamaa H, Donovan J, Kasaoka S, Tobis J, Fitzpatrick L. Calcified plaque cross-sectional area in human arteries: correlation between intravascular ultrasound and undecalcified histology. *Am Heart J.* mars 1999;137(3):482-8.
30. Friedrich GJ, Moes NY, Mühlberger VA, Gabl C, Mikuz G, Hausmann D, et al. Detection of intralésional calcium by intracoronary ultrasound depends on the histologic pattern. *Am Heart J.* sept 1994;128(3):435-41.
31. Kimura S, Kakuta T, Yonetsu T, Suzuki A, Iesaka Y, Fujiwara H, et al. Clinical significance of echo signal attenuation on intravascular ultrasound in patients with coronary artery disease. *Circ Cardiovasc Interv.* oct 2009;2(5):444-54.
32. Narula J, Nakano M, Virmani R, Kolodgie FD, Petersen R, Newcomb R, et al. Histopathologic characteristics of atherosclerotic coronary disease and implications of the findings for the invasive and noninvasive detection of vulnerable plaques. *J Am Coll Cardiol.* 12 mars 2013;61(10):1041-51.
33. Virmani R, Burke AP, Farb A, Kolodgie FD. Pathology of the vulnerable plaque. *J Am Coll Cardiol.* 18 avr 2006;47(8 Suppl):C13-18.
34. Nasu K, Tsuchikane E, Katoh O, Vince DG, Virmani R, Surmely J-F, et al. Accuracy of in vivo coronary plaque morphology assessment: a validation study of in vivo virtual histology compared with in vitro histopathology. *J Am Coll Cardiol.* 20 juin 2006;47(12):2405-12.
35. Nair A, Margolis MP, Kuban BD, Vince DG. Automated coronary plaque characterisation with intravascular ultrasound backscatter: ex vivo validation. *EuroIntervention J Eur Collab Work Group Interv Cardiol Eur Soc Cardiol.* mai 2007;3(1):113-20.
36. Diethrich EB, Paulina Margolis M, Reid DB, Burke A, Ramaiah V, Rodriguez-Lopez JA, et al. Virtual histology intravascular ultrasound assessment of carotid artery disease: the Carotid Artery Plaque Virtual Histology Evaluation (CAPITAL) study. *J Endovasc Ther Off J Int Soc Endovasc Spec.* oct 2007;14(5):676-86.

37. Garcia-Garcia HM, Gogas BD, Serruys PW, Bruining N. IVUS-based imaging modalities for tissue characterization: similarities and differences. *Int J Cardiovasc Imaging*. févr 2011;27(2):215- 24.
38. Finn AV, Nakano M, Narula J, Kolodgie FD, Virmani R. Concept of vulnerable/unstable plaque. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. juill 2010;30(7):1282- 92.
39. Okubo M, Kawasaki M, Ishihara Y, Takeyama U, Yasuda S, Kubota T, et al. Tissue characterization of coronary plaques: comparison of integrated backscatter intravascular ultrasound with virtual histology intravascular ultrasound. *Circ J Off J Jpn Circ Soc*. oct 2008;72(10):1631 - 9.
40. Stone GW, Maehara A, Lansky AJ, de Bruyne B, Cristea E, Mintz GS, et al. A prospective natural-history study of coronary atherosclerosis. *N Engl J Med*. 20 janv 2011;364(3):226- 35.
41. Boden WE, O'Rourke RA, Crawford MH, Blaustein AS, Deedwania PC, Zoble RG, et al. Outcomes in patients with acute non-Q-wave myocardial infarction randomly assigned to an invasive as compared with a conservative management strategy. Veterans Affairs Non-Q-Wave Infarction Strategies in Hospital (VANQWISH) Trial Investigators. *N Engl J Med*. 18 juin 1998;338(25):1785- 92.
42. Nasu K, Tsuchikane E, Katoh O, Vince DG, Margolis PM, Virmani R, et al. Impact of intramural thrombus in coronary arteries on the accuracy of tissue characterization by in vivo intravascular ultrasound radiofrequency data analysis. *Am J Cardiol*. 15 avr 2008;101(8):1079- 83.
43. Koskinas KC, Nakamura M, Räber L, Colleran R, Kadota K, Capodanno D, et al. Current Use of Intracoronary Imaging in Interventional Practice - Results of a European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI) and Japanese Association of Cardiovascular Interventions and Therapeutics (CVIT) Clinical Practice Survey. *Circ J Off J Jpn Circ Soc*. 25 avr 2018;82(5):1360- 8.
44. Kobayashi N, Mintz GS, Witzenbichler B, Metzger DC, Rinaldi MJ, Duffy PL, et al. Prevalence, Features, and Prognostic Importance of Edge Dissection After Drug-Eluting Stent Implantation: An ADAPT-DES Intravascular Ultrasound Substudy. *Circ Cardiovasc Interv*. 2016;9(7):e003553.
45. Mintz GS, Painter JA, Pichard AD, Kent KM, Satler LF, Popma JJ, et al. Atherosclerosis in angiographically « normal » coronary artery reference segments: an intravascular ultrasound study with clinical correlations. *J Am Coll Cardiol*. juin 1995;25(7):1479- 85.

46. de Jaegere P, Mudra H, Figulla H, Almagor Y, Doucet S, Penn I, et al. Intravascular ultrasound-guided optimized stent deployment. Immediate and 6 months clinical and angiographic results from the Multicenter Ultrasound Stenting in Coronaries Study (MUSIC Study). *Eur Heart J.* août 1998;19(8):1214-23.
47. Choi S-Y, Witzenbichler B, Maehara A, Lansky AJ, Guagliumi G, Brodie B, et al. Intravascular ultrasound findings of early stent thrombosis after primary percutaneous intervention in acute myocardial infarction: a Harmonizing Outcomes with Revascularization and Stents in Acute Myocardial Infarction (HORIZONS-AMI) substudy. *Circ Cardiovasc Interv.* juin 2011;4(3):239-47.
48. Romagnoli E, Gatto L, La Manna A, Burzotta F, Taglieri N, Saia F, et al. Role of residual acute stent malapposition in percutaneous coronary interventions. *Catheter Cardiovasc Interv Off J Soc Card Angiogr Interv.* 1 oct 2017;90(4):566-75.
49. Guo N, Maehara A, Mintz GS, He Y, Xu K, Wu X, et al. Incidence, mechanisms, predictors, and clinical impact of acute and late stent malapposition after primary intervention in patients with acute myocardial infarction: an intravascular ultrasound substudy of the Harmonizing Outcomes with Revascularization and Stents in Acute Myocardial Infarction (HORIZONS-AMI) trial. *Circulation.* 14 sept 2010;122(11):1077-84.
50. Steinberg DH, Mintz GS, Mandinov L, Yu A, Ellis SG, Grube E, et al. Long-term impact of routinely detected early and late incomplete stent apposition: an integrated intravascular ultrasound analysis of the TAXUS IV, V, and VI and TAXUS ATLAS workhorse, long lesion, and direct stent studies. *JACC Cardiovasc Interv.* mai 2010;3(5):486-94.
51. Wang B, Mintz GS, Witzenbichler B, Souza CF, Metzger DC, Rinaldi MJ, et al. Predictors and Long-Term Clinical Impact of Acute Stent Malapposition: An Assessment of Dual Antiplatelet Therapy With Drug-Eluting Stents (ADAPT-DES) Intravascular Ultrasound Substudy. *J Am Heart Assoc.* 22 déc 2016;5(12).
52. Qiu F, Mintz GS, Witzenbichler B, Metzger DC, Rinaldi MJ, Duffy PL, et al. Prevalence and Clinical Impact of Tissue Protrusion After Stent Implantation: An ADAPT-DES Intravascular Ultrasound Substudy. *JACC Cardiovasc Interv.* 25 2016;9(14):1499-507.
53. Goto K, Zhao Z, Matsumura M, Dohi T, Kobayashi N, Kirtane AJ, et al. Mechanisms and Patterns of Intravascular Ultrasound In-Stent Restenosis Among Bare Metal Stents and First- and Second-Generation Drug-Eluting Stents. *Am J Cardiol.* 1 nov 2015;116(9):1351-7.

54. Moussa I, Moses J, Di Mario C, Albiero R, De Gregorio J, Adamian M, et al. Does the specific intravascular ultrasound criterion used to optimize stent expansion have an impact on the probability of stent restenosis? *Am J Cardiol.* 1 avr 1999;83(7):1012-7.
55. Kang S-J, Ahn J-M, Song H, Kim W-J, Lee J-Y, Park D-W, et al. Comprehensive intravascular ultrasound assessment of stent area and its impact on restenosis and adverse cardiac events in 403 patients with unprotected left main disease. *Circ Cardiovasc Interv.* 1 déc 2011;4(6):562-9.
56. Doi H, Maehara A, Mintz GS, Yu A, Wang H, Mandinov L, et al. Impact of post-intervention minimal stent area on 9-month follow-up patency of paclitaxel-eluting stents: an integrated intravascular ultrasound analysis from the TAXUS IV, V, and VI and TAXUS ATLAS Workhorse, Long Lesion, and Direct Stent Trials. *JACC Cardiovasc Interv.* déc 2009;2(12):1269-75.
57. Song H-G, Kang S-J, Ahn J-M, Kim W-J, Lee J-Y, Park D-W, et al. Intravascular ultrasound assessment of optimal stent area to prevent in-stent restenosis after zotarolimus-, everolimus-, and sirolimus-eluting stent implantation. *Catheter Cardiovasc Interv Off J Soc Card Angiogr Interv.* 1 mai 2014;83(6):873-8.
58. Fujii K, Carlier SG, Mintz GS, Yang Y, Moussa I, Weisz G, et al. Stent underexpansion and residual reference segment stenosis are related to stent thrombosis after sirolimus-eluting stent implantation: an intravascular ultrasound study. *J Am Coll Cardiol.* 5 avr 2005;45(7):995-8.
59. Liu X, Doi H, Maehara A, Mintz GS, Costa J de R, Sano K, et al. A volumetric intravascular ultrasound comparison of early drug-eluting stent thrombosis versus restenosis. *JACC Cardiovasc Interv.* mai 2009;2(5):428-34.
60. Liu J, Maehara A, Mintz GS, Weissman NJ, Yu A, Wang H, et al. An integrated TAXUS IV, V, and VI intravascular ultrasound analysis of the predictors of edge restenosis after bare metal or paclitaxel-eluting stents. *Am J Cardiol.* 15 févr 2009;103(4):501-6.
61. Kang S-J, Cho Y-R, Park G-M, Ahn J-M, Kim W-J, Lee J-Y, et al. Intravascular ultrasound predictors for edge restenosis after newer generation drug-eluting stent implantation. *Am J Cardiol.* 15 mai 2013;111(10):1408-14.
62. Zhang Y, Farooq V, Garcia-Garcia HM, Bourantas CV, Tian N, Dong S, et al. Comparison of intravascular ultrasound versus angiography-guided drug-eluting stent implantation: a meta-analysis of one randomised trial and ten observational studies involving 19,619 patients. *EuroIntervention J Eur Collab Work Group Interv Cardiol Eur Soc Cardiol.* 22 nov 2012;8(7):855-65.

63. Ahn J-M, Kang S-J, Yoon S-H, Park HW, Kang SM, Lee J-Y, et al. Meta-analysis of outcomes after intravascular ultrasound-guided versus angiography-guided drug-eluting stent implantation in 26,503 patients enrolled in three randomized trials and 14 observational studies. *Am J Cardiol.* 15 avr 2014;113(8):1338- 47.
64. Zhang Y-J, Pang S, Chen X-Y, Bourantas CV, Pan D-R, Dong S-J, et al. Comparison of intravascular ultrasound guided versus angiography guided drug eluting stent implantation: a systematic review and meta-analysis. *BMC Cardiovasc Disord.* 17 nov 2015;15:153.
65. Hong S-J, Kim B-K, Shin D-H, Nam C-M, Kim J-S, Ko Y-G, et al. Effect of Intravascular Ultrasound-Guided vs Angiography-Guided Everolimus-Eluting Stent Implantation: The IVUS-XPL Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 24 nov 2015;314(20):2155- 63.
66. Elgendy IY, Mahmoud AN, Elgendy AY, Bavry AA. Outcomes With Intravascular Ultrasound-Guided Stent Implantation: A Meta-Analysis of Randomized Trials in the Era of Drug-Eluting Stents. *Circ Cardiovasc Interv.* avr 2016;9(4):e003700.
67. Steinvil A, Zhang Y-J, Lee SY, Pang S, Waksman R, Chen S-L, et al. Intravascular ultrasound-guided drug-eluting stent implantation: An updated meta-analysis of randomized control trials and observational studies. *Int J Cardiol.* 1 août 2016;216:133- 9.
68. Bavishi C, Sardar P, Chatterjee S, Khan AR, Shah A, Ather S, et al. Intravascular ultrasound-guided vs angiography-guided drug-eluting stent implantation in complex coronary lesions: Meta-analysis of randomized trials. *Am Heart J.* mars 2017;185:26- 34.
69. D'Ascenzo F, Barbero U, Cerrato E, Lipinski MJ, Omedè P, Montefusco A, et al. Accuracy of intravascular ultrasound and optical coherence tomography in identifying functionally significant coronary stenosis according to vessel diameter: A meta-analysis of 2,581 patients and 2,807 lesions. *Am Heart J.* mai 2015;169(5):663- 73.
70. Ha J, Kim J-S, Lim J, Kim G, Lee S, Lee JS, et al. Assessing Computational Fractional Flow Reserve From Optical Coherence Tomography in Patients With Intermediate Coronary Stenosis in the Left Anterior Descending Artery. *Circ Cardiovasc Interv.* 2016;9(8).
71. Mintz GS. Clinical utility of intravascular imaging and physiology in coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol.* 15 juill 2014;64(2):207- 22.

72. Okamura T, Onuma Y, Garcia-Garcia HM, van Geuns R-JM, Wykrzykowska JJ, Schultz C, et al. First-in-man evaluation of intravascular optical frequency domain imaging (OFDI) of Terumo: a comparison with intravascular ultrasound and quantitative coronary angiography. *EuroIntervention J Eur Collab Work Group Interv Cardiol Eur Soc Cardiol*. avr 2011;6(9):1037-45.
73. Tearney GJ, Regar E, Akasaka T, Adriaenssens T, Barlis P, Bezerra HG, et al. Consensus standards for acquisition, measurement, and reporting of intravascular optical coherence tomography studies: a report from the International Working Group for Intravascular Optical Coherence Tomography Standardization and Validation. *J Am Coll Cardiol*. 20 mars 2012;59(12):1058-72.
74. Burke AP, Farb A, Malcom GT, Liang YH, Smialek J, Virmani R. Coronary risk factors and plaque morphology in men with coronary disease who died suddenly. *N Engl J Med*. 1 mai 1997;336(18):1276-82.
75. Gonzalo N, Gonzalo N, Escaned J, Alfonso F, Nolte C, Rodriguez V, et al. Morphometric assessment of coronary stenosis relevance with optical coherence tomography: a comparison with fractional flow reserve and intravascular ultrasound. *J Am Coll Cardiol*. 20 mars 2012;59(12):1080-9.
76. Matthews SD, Frishman WH. A Review of the Clinical Utility of Intravascular Ultrasound (IVUS) and Optical Coherence Tomography (OCT) in the Assessment and Treatment of Coronary Artery Disease: *Cardiol Rev*. janv 2017;1.
77. Kanwar SS, Stone GW, Singh M, Virmani R, Olin J, Akasaka T, et al. Acute coronary syndromes without coronary plaque rupture. *Nat Rev Cardiol*. mai 2016;13(5):257-65.
78. Niccoli G, Montone RA, Di Vito L, Gramegna M, Refaat H, Scalone G, et al. Plaque rupture and intact fibrous cap assessed by optical coherence tomography portend different outcomes in patients with acute coronary syndrome. *Eur Heart J*. 7 juin 2015;36(22):1377-84.
79. Souteyrand G, Amabile N, Mangin L, Chabin X, Meneveau N, Cayla G, et al. Mechanisms of stent thrombosis analysed by optical coherence tomography: insights from the national PESTO French registry. *Eur Heart J*. 14 avr 2016;37(15):1208-16.
80. Gerbaud E, Weisz G, Tanaka A, Kashiwagi M, Shimizu T, Wang L, et al. Multi-laboratory inter-institute reproducibility study of IVOCT and IVUS assessments using published consensus document definitions. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. juill 2016;17(7):756-64.

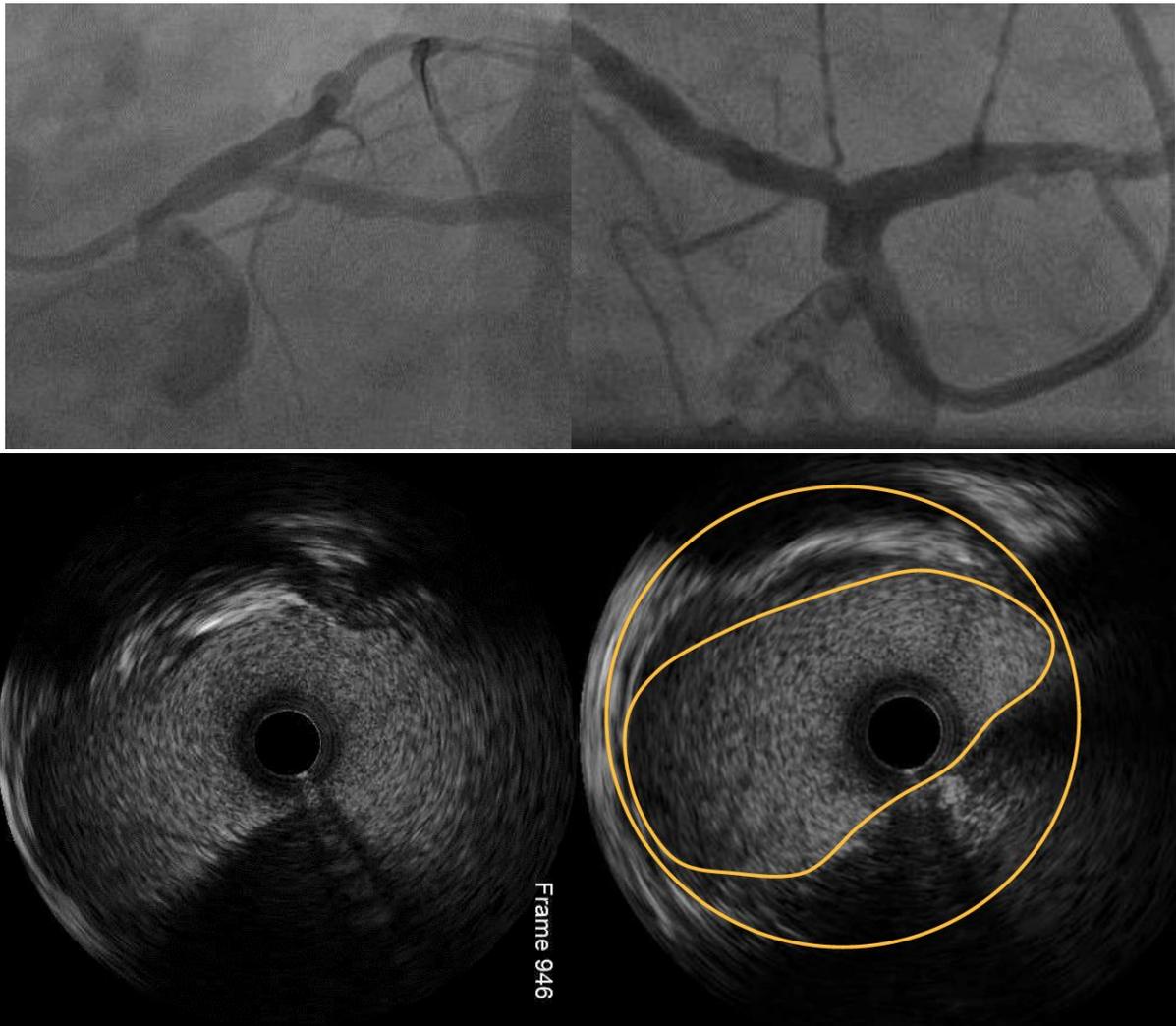
81. Kim I-C, Nam C-W, Cho Y-K, Park H-S, Yoon H-J, Kim H, et al. Discrepancy between frequency domain optical coherence tomography and intravascular ultrasound in human coronary arteries and in a phantom in vitro coronary model. *Int J Cardiol.* 15 oct 2016;221:860-6.
82. Habara M, Nasu K, Terashima M, Kaneda H, Yokota D, Ko E, et al. Impact of frequency-domain optical coherence tomography guidance for optimal coronary stent implantation in comparison with intravascular ultrasound guidance. *Circ Cardiovasc Interv.* avr 2012;5(2):193-201.
83. Kubo T, Akasaka T, Shite J, Suzuki T, Uemura S, Yu B, et al. OCT compared with IVUS in a coronary lesion assessment: the OPUS-CLASS study. *JACC Cardiovasc Imaging.* oct 2013;6(10):1095-104.
84. Kawamori H, Shite J, Shinke T, Otake H, Sawada T, Kato H, et al. The ability of optical coherence tomography to monitor percutaneous coronary intervention: detailed comparison with intravascular ultrasound. *J Invasive Cardiol.* nov 2010;22(11):541-5.
85. Fujino Y, Bezerra HG, Attizzani GF, Wang W, Yamamoto H, Chamié D, et al. Frequency-domain optical coherence tomography assessment of unprotected left main coronary artery disease-a comparison with intravascular ultrasound. *Catheter Cardiovasc Interv Off J Soc Card Angiogr Interv.* 1 sept 2013;82(3):E173-183.
86. Bezerra HG, Attizzani GF, Sirbu V, Musumeci G, Lortkipanidze N, Fujino Y, et al. Optical coherence tomography versus intravascular ultrasound to evaluate coronary artery disease and percutaneous coronary intervention. *JACC Cardiovasc Interv.* mars 2013;6(3):228-36.

ICONOGRAPHIE EN CAS CLINIQUE

I. IVUS à visée diagnostique

◆ Sévérité de la lésion

Découverte fortuite dans le cadre d'un bilan préopératoire d'une sténose focale ostiale du TCG

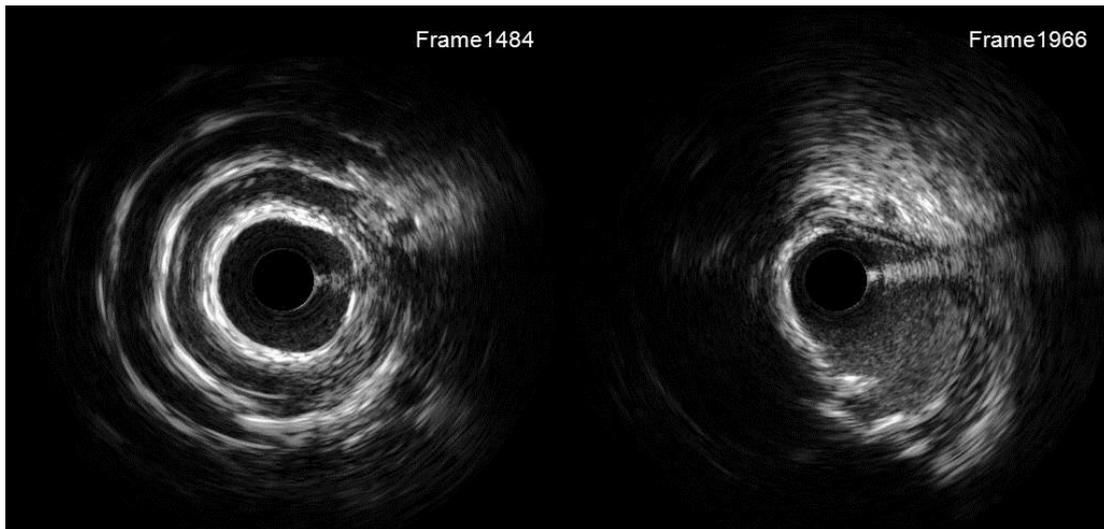


Sténose non serrée de l'ostium du TCG : surface minimale endoluminale > 6 mm²

◆ Morphologie

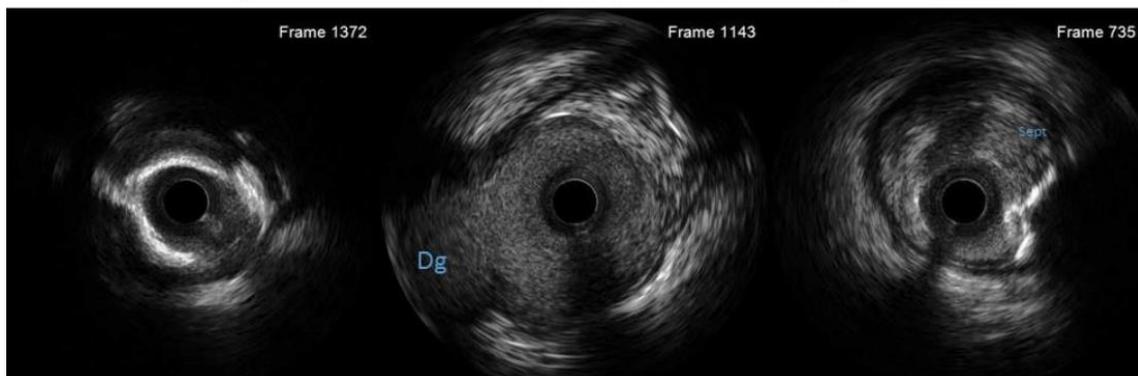
- Lésion stable
 - **Lésion calcifiée**

1- Recherche de la lésion coupable (MINOCA : syndrome coronarien aigu inférieur sans obstruction coronaire). Evaluation IVUS à J4.



*Anneau calcaire (gauche) ; Spicule calcaire (droite)
Hypothèse d'un embolie distale à partir de la spicule calcaire.*

2- Ischémie myocardique isotopique silencieuse chez un patient de 62 ans coronarien multi-stenté



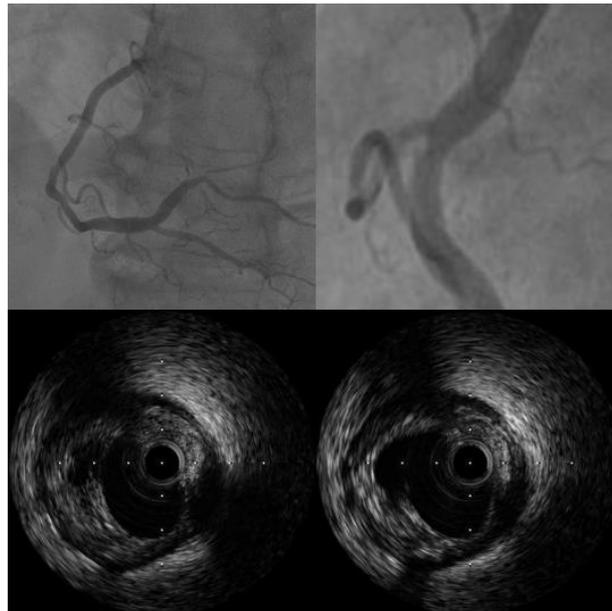
Lésion distale fibro-calcaire mixte et lésion proximale fibro-rétractile (aire luminale

< 2 mm²)

- Lésion instable

- **Rupture de plaque**

1- Syndrome coronarien aigu sans sus décalage persistant du segment ST avec élévation de la troponinémie chez un patient de 64 ans coronarien multi stenté dans un contexte de chimiothérapie par 5FU.



Rupture de plaque non sténosante de la CD moyenne

2- Syndrome coronarien aigu sans sus décalage persistant du segment ST avec élévation de la troponinémie chez un patient de 58 ans coronarien stenté

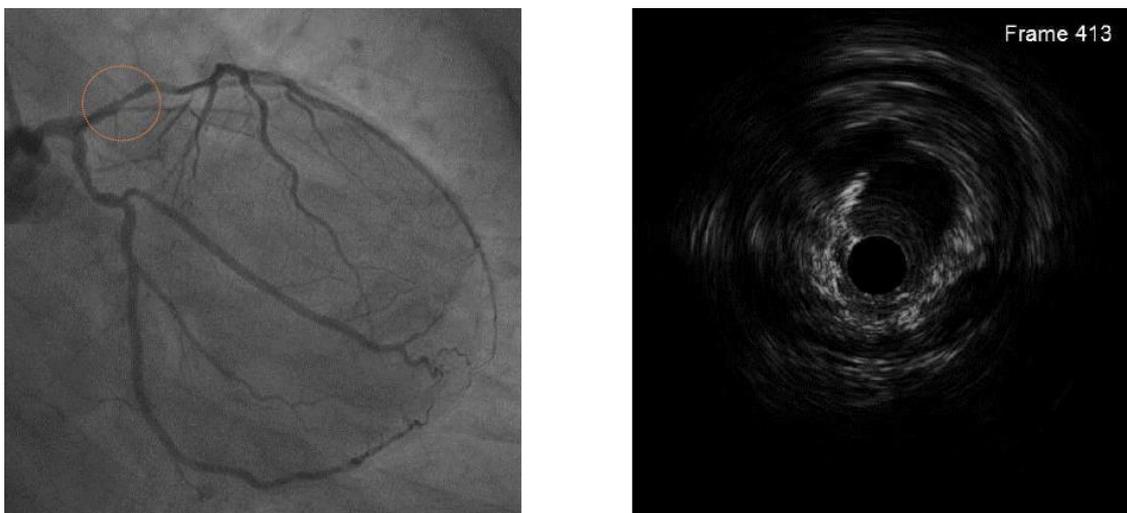


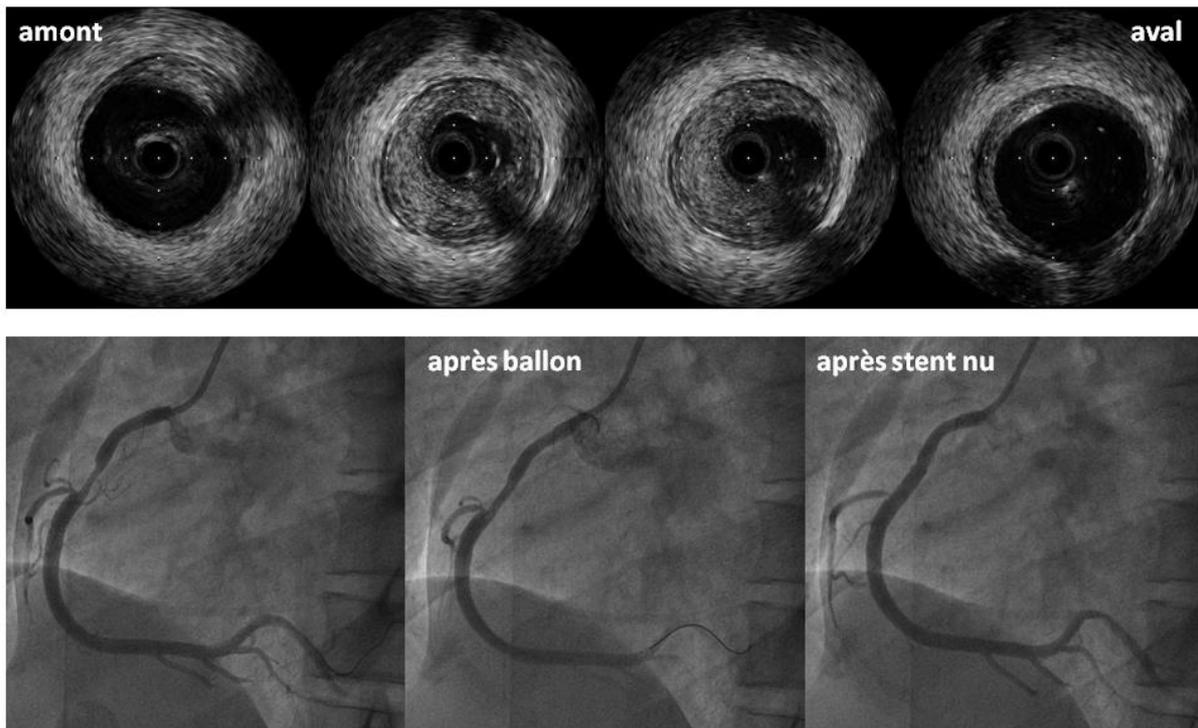
Image ambiguë IVA : plaque rompue sténosante

- **Lésion athéromateuse échogène avec rupture de plaque**

Syndrome coronarien aigu sans sus décalage persistant du segment ST avec élévation de la troponinémie chez un patient de 31 ans tabagique actif.

Lésion thrombotique sténosante CD moyenne revascularisée par thrombo-aspiration et thrombolyse in situ.

Contrôle IVUS après 48h de traitement médical



Lésion athéromateuse échogène avec rupture de plaque

En aval

AL : 15.3 mm² (diamètres 4.18 x 4.65 mm) ; AA : 21.97 mm² (diamètres 5.18 x 5.38mm)

En amont

AA : 14.03 mm² (diamètres 3.9 x 4.52mm) ; AL : 21.95 mm² : (diamètres 5.02 x 5.61mm)

La lésion critique et hyperéchogène mais aussi le siège d'une rupture détergée.

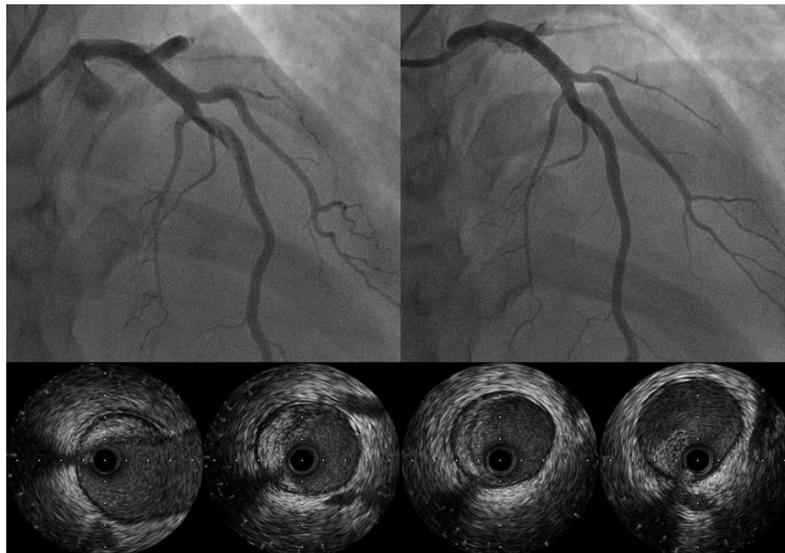
AA : 2.33 mm² (1.6 x 1.84) ; AL : 19.53 mm² (4.92 x 5.05)

- **Thrombus endoluminal**

1- Syndrome coronarien aigu sans sus décalage persistant du segment ST avec élévation de la troponinémie chez un patient de 25 ans présentant une hérédité coronaire.

Traitement médical (bi-thérapie antiplaquettaire et anti GP IIb/IIIa) d'un thrombus IVA moyenne non occlusif.

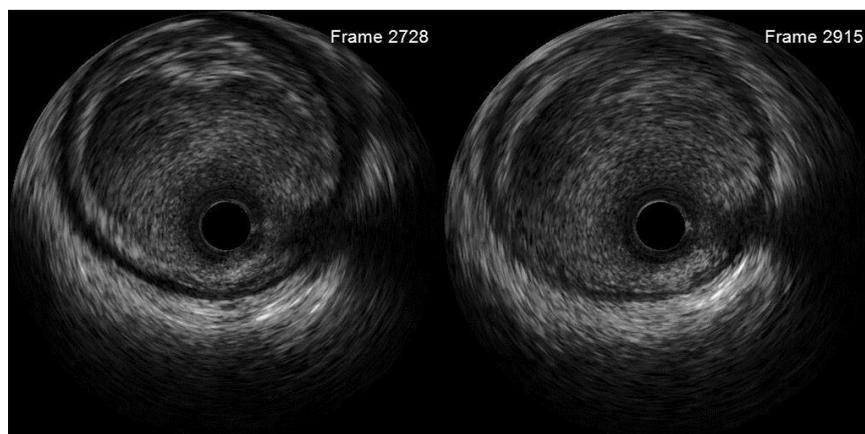
Evaluation IVUS après 7 jours de traitement médical



Lésion athéromateuse non sténosant et thrombus en regard ; iconographie initiale à gauche et à un mois à droite

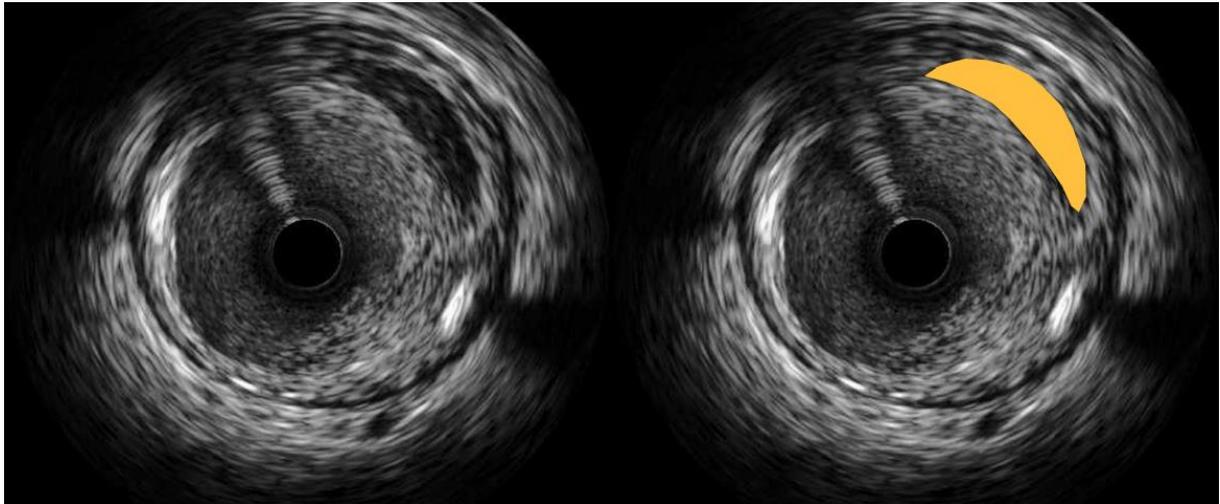
2- Syndrome coronarien aigu sans sus décalage persistant du segment ST troponinémie positive chez une patiente de 28 ans diabétique.

Contrôle coronaire droite systématique à 2 mois de traitement médical motivé par l'identification initiale d'un volumineux thrombus

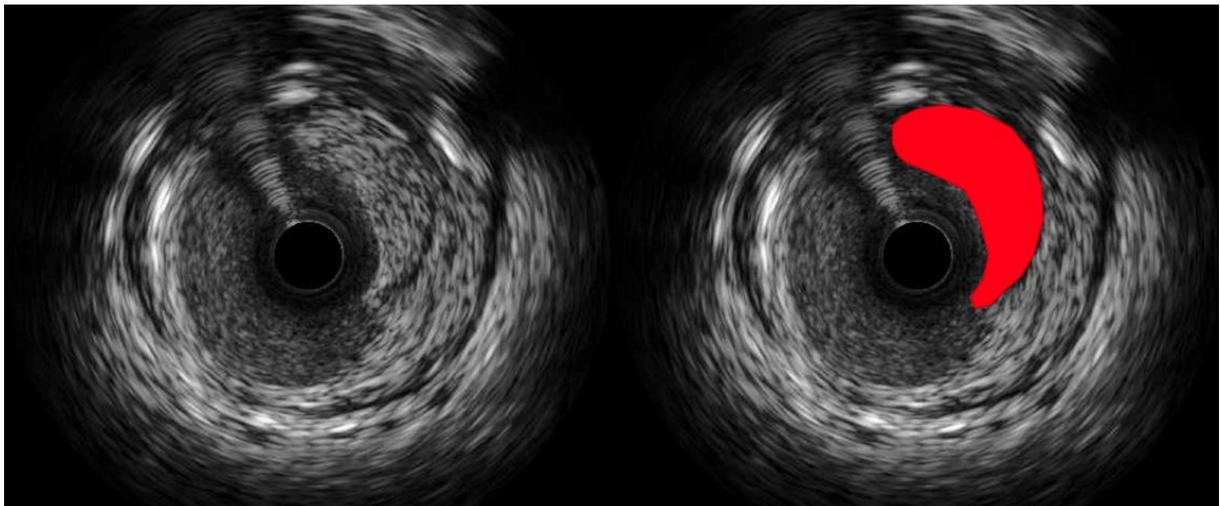


Thrombus (gauche) ; plaque rompue (droite)

3- Syndrome coronarien aigu sans sus décalage persistant du segment ST
troponinémie positive chez une patiente de 49 ans tabagique actif et dyslipidémique.



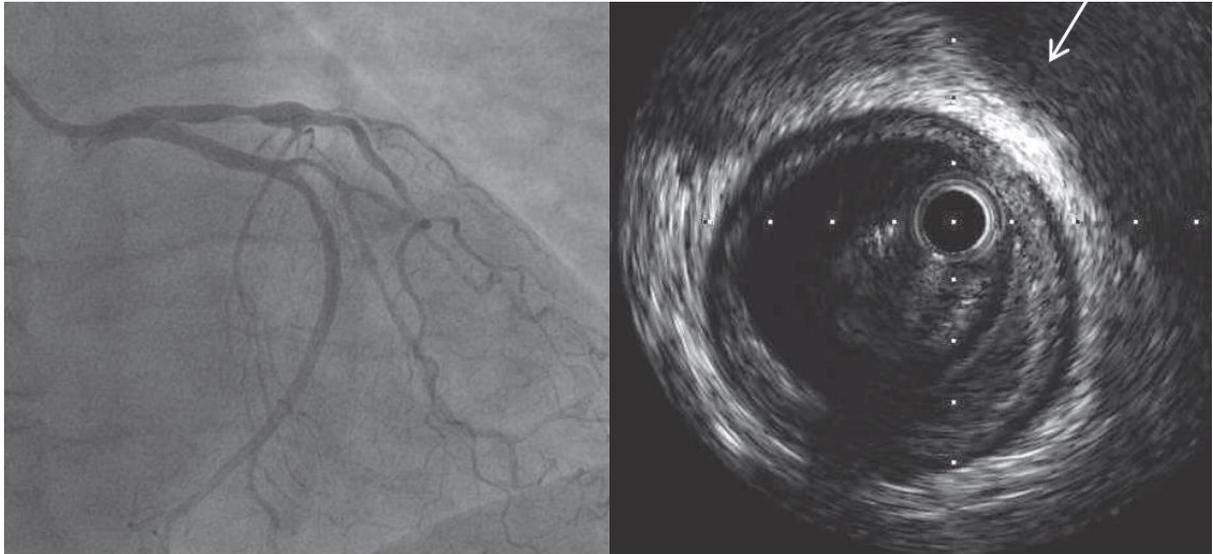
Plaque d'allure instable : hétérogène hypoéchogène et anéchogène (cœur lipidique)



Croissant isoéchogène intra-luminal : thrombus mural

- **Lésion hypoéchogène**

Syndrome coronarien aigu sans sus décalage persistant du segment ST à haut risque chez un patient de 60 ans tabagique actif.

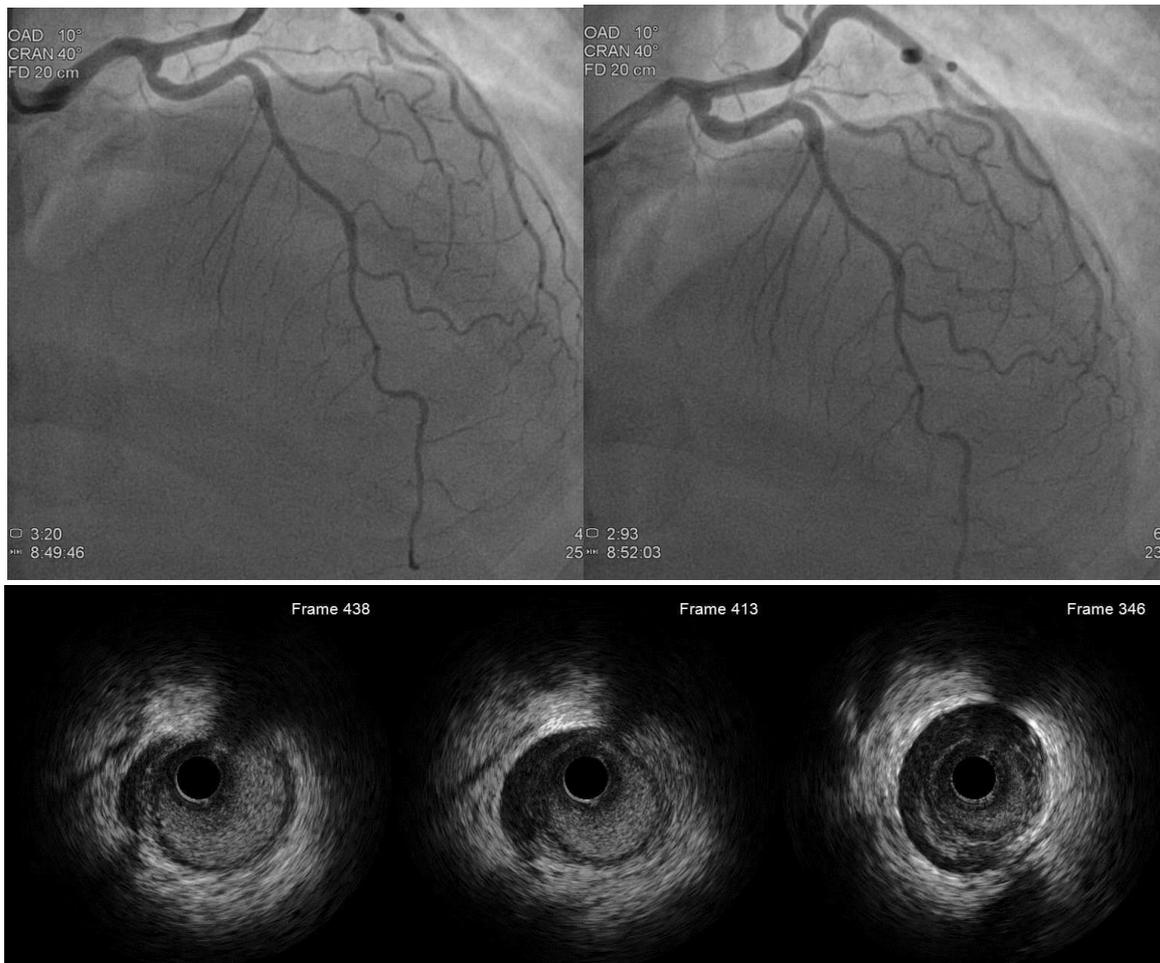


Lésion instable hypoéchogène de l'IVA proximale responsable d'un spasme sub-occlusif

◆ Images atypiques

▪ **Hématome de paroi spontané**

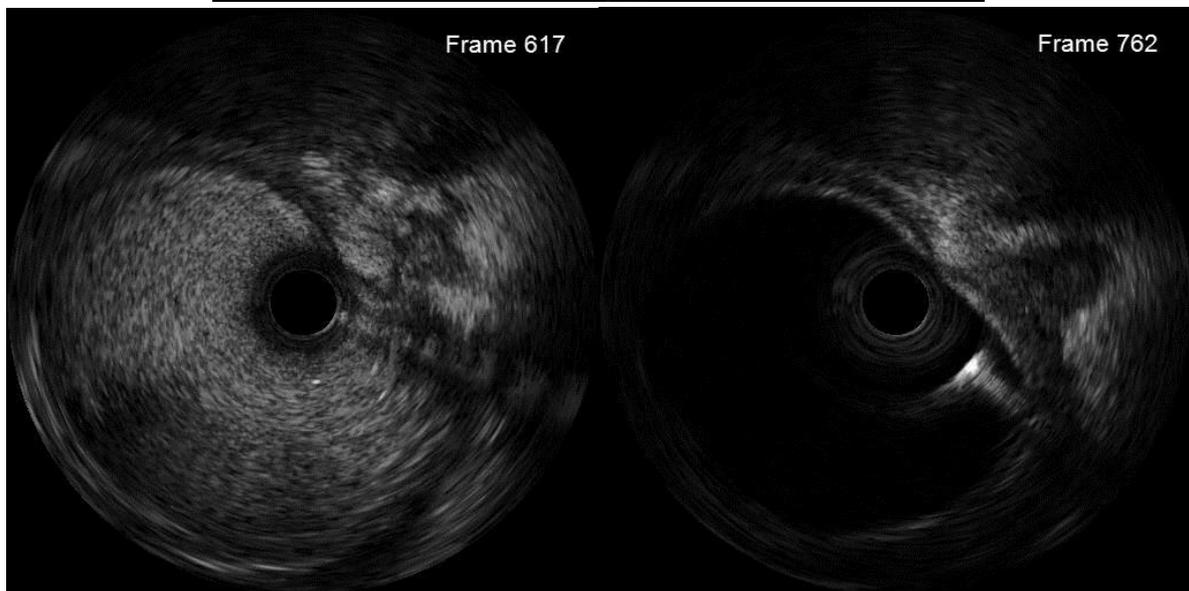
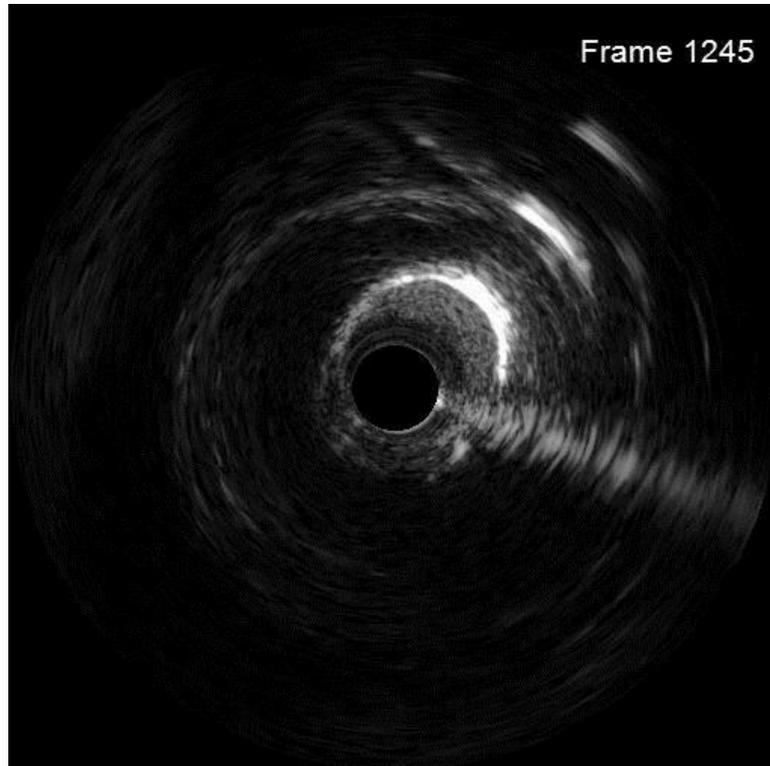
Syndrome coronarien aigu sans sus décalage persistant du segment ST avec élévation de la troponinémie chez un patient de 47 ans hypertendu.



Hématome coronaire extensif induisant un spasme coronaire

- **Dissection coronaire**

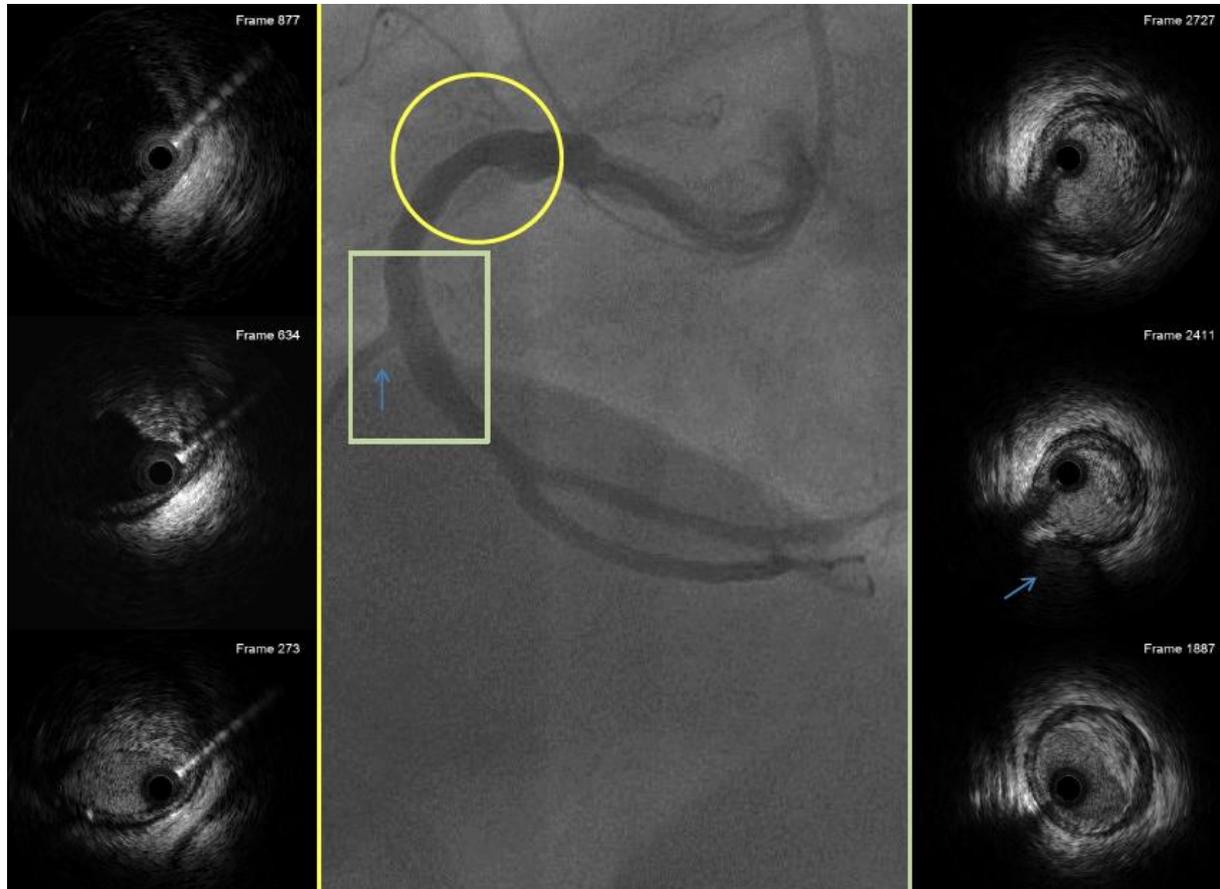
Dissection iatrogène du TCG par de cathéter guide.



Dissection du TCG : vrai et faux chenal perméables

- **Coronaire anévrysmale**

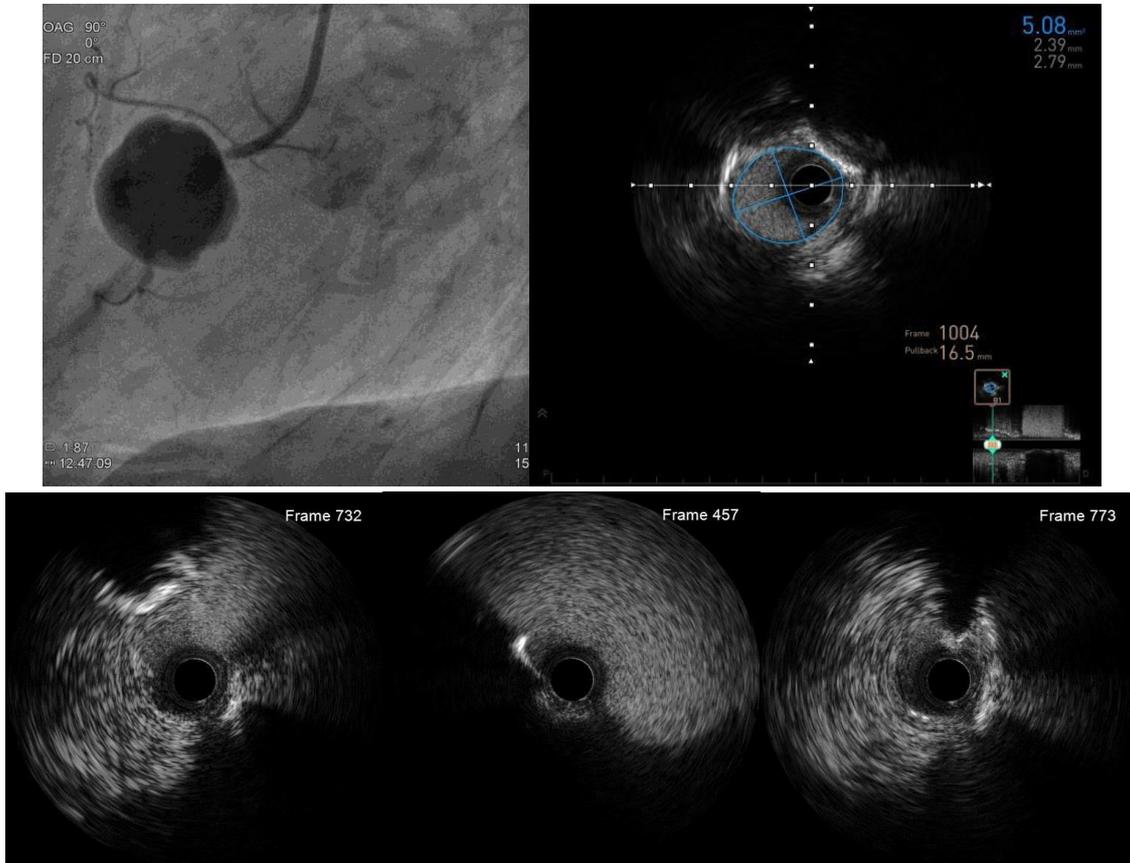
Infarctus du myocarde inférieur hors délais chez un patient de 68 ans hypertendu



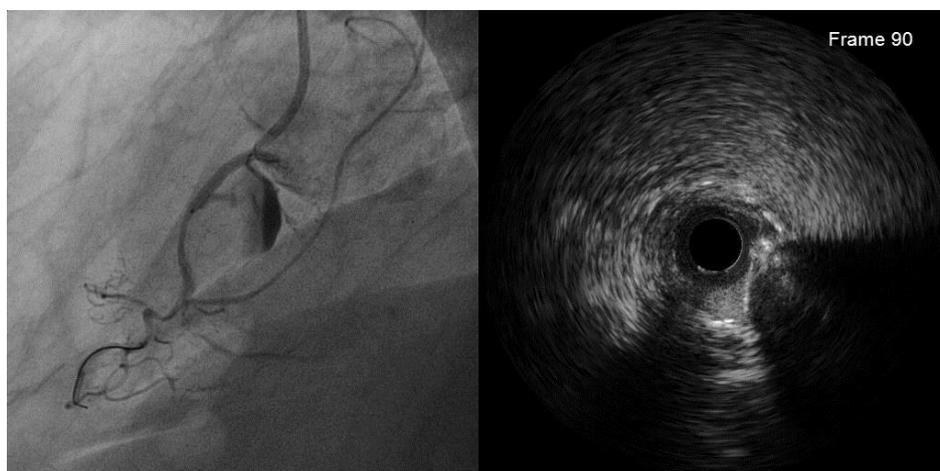
De haut en bas et de gauche à droite ; anévrysme CD proximale ; zone pseudo anévrysmale CD moyenne avec athérome circonférentiel ; thrombus pariétal CD distale.

- **Faux anévrisme mycotique**

Découverte d'un faux anévrisme mycotique CD proximale lors du bilan d'une endocardite infectieuse à staphylocoque aureus sur valve aortique native chez un patient de 85 ans



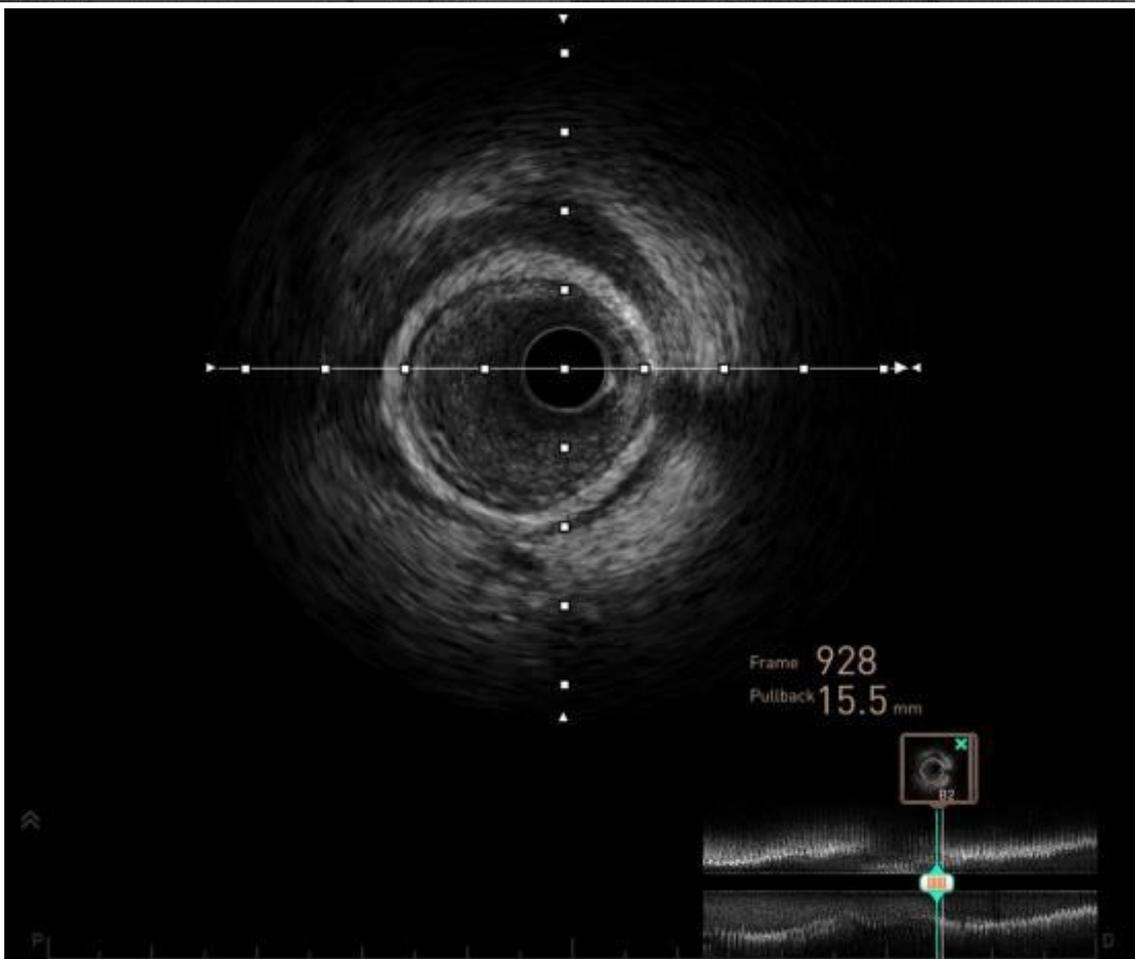
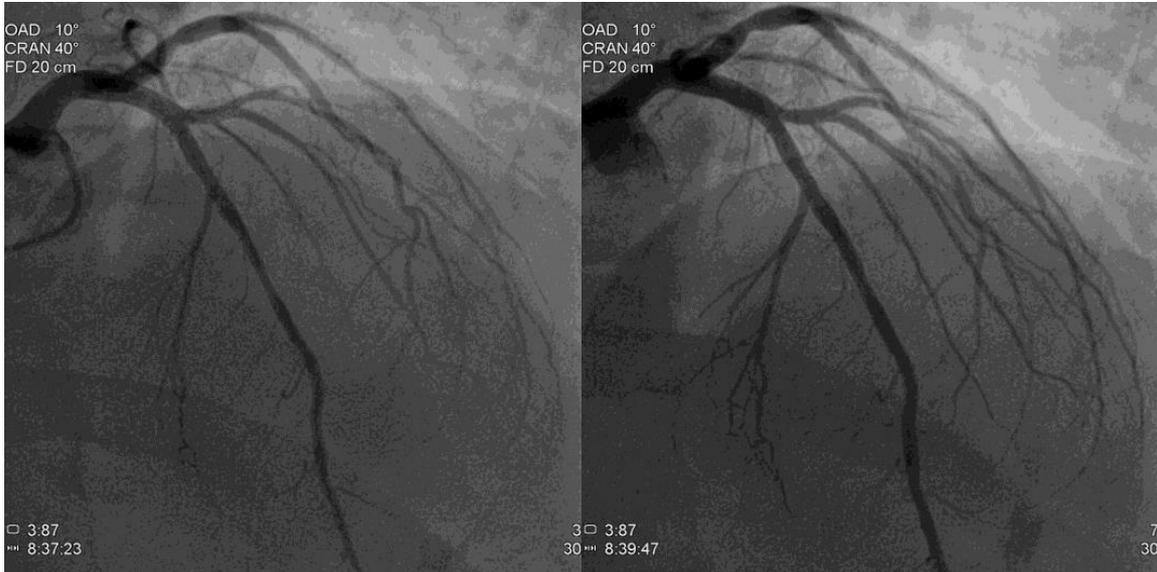
Seizing par IVUS avant angioplastie en vue de l'exclusion de faux anévrisme à l'aide d'un stent couvert



Contrôle IVUS post angioplastie

- Pont intra-myocardique

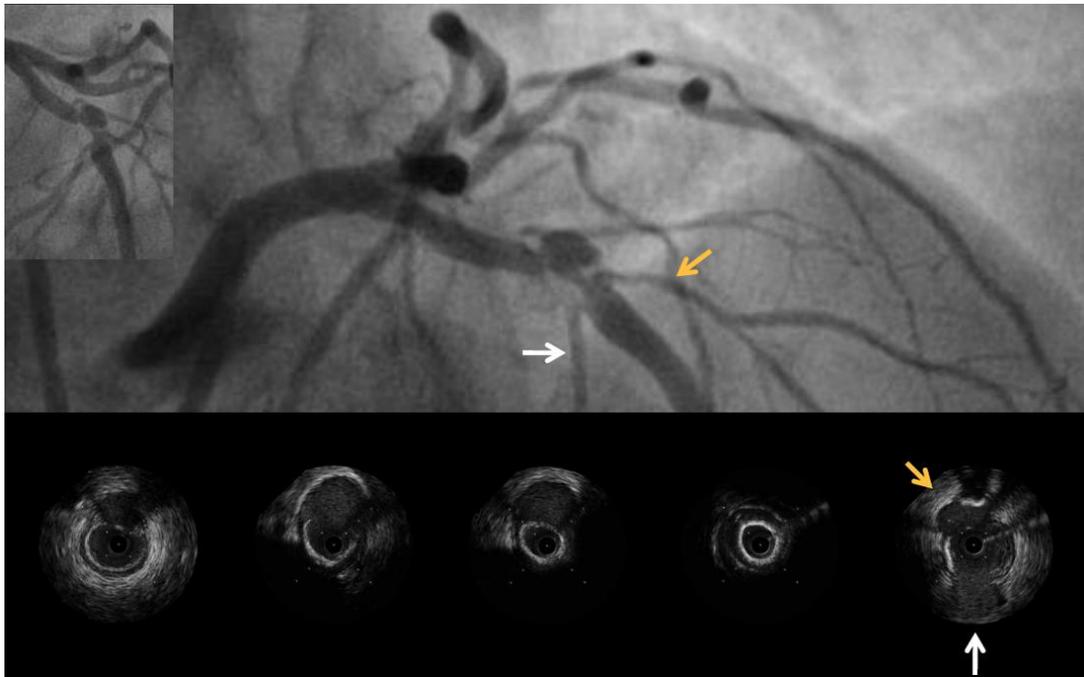
Patient de 59 ans à haut risque cardiovasculaire présentant un angor de novo.



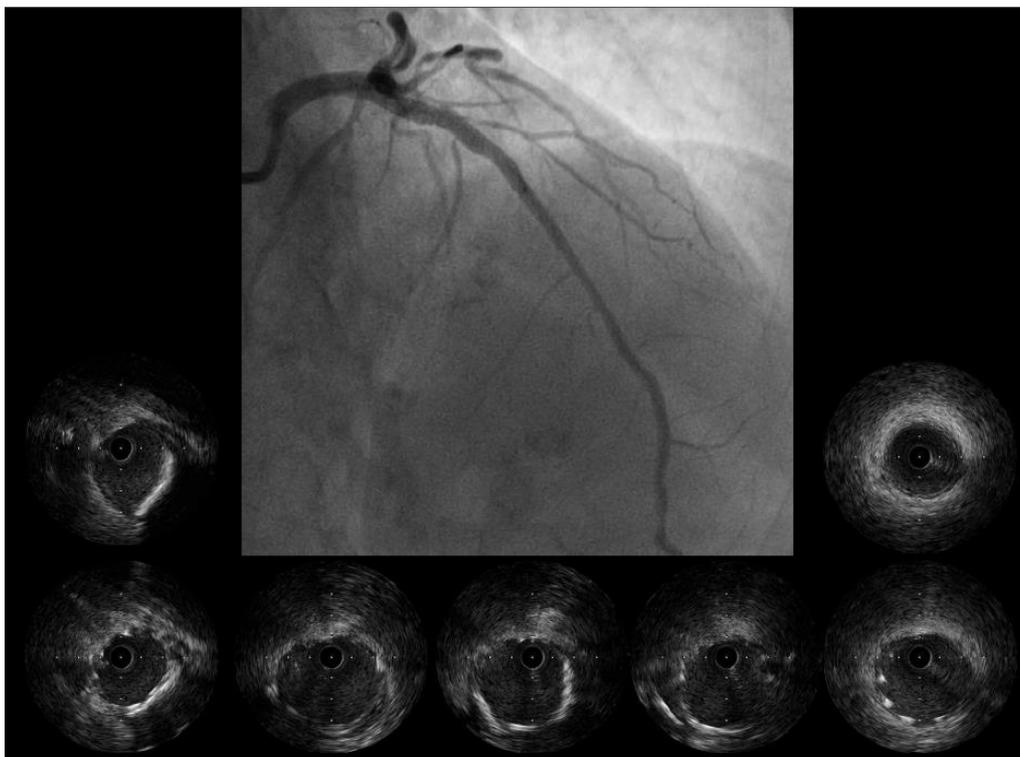
Trajet intra-myocardique non sténosant (« half moon »)

- **Lésion calcifiée et anévrysmale**

Dyspnée et précordialgies suspectes chez une patiente de 80 ans sans facteur de risque cardiovasculaire.



Sténose calcifiée serrée IVA moyenne avec anévrysme en regard

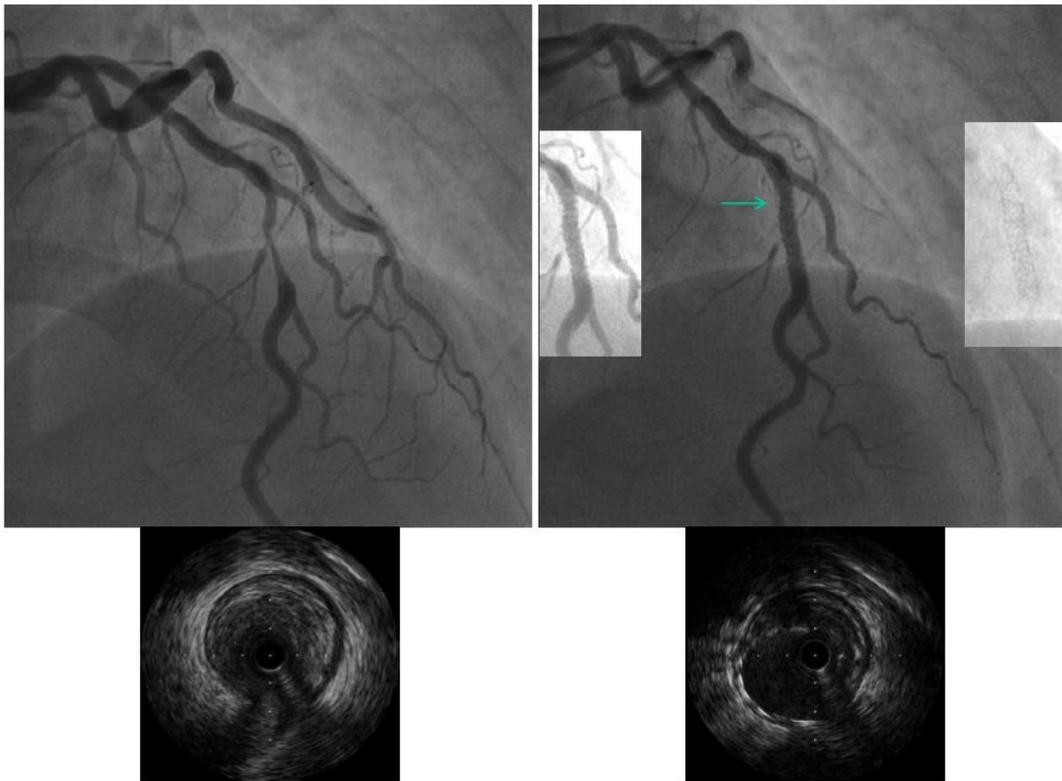


Aide à l'angioplastie (seizing et contrôle post angioplastie)

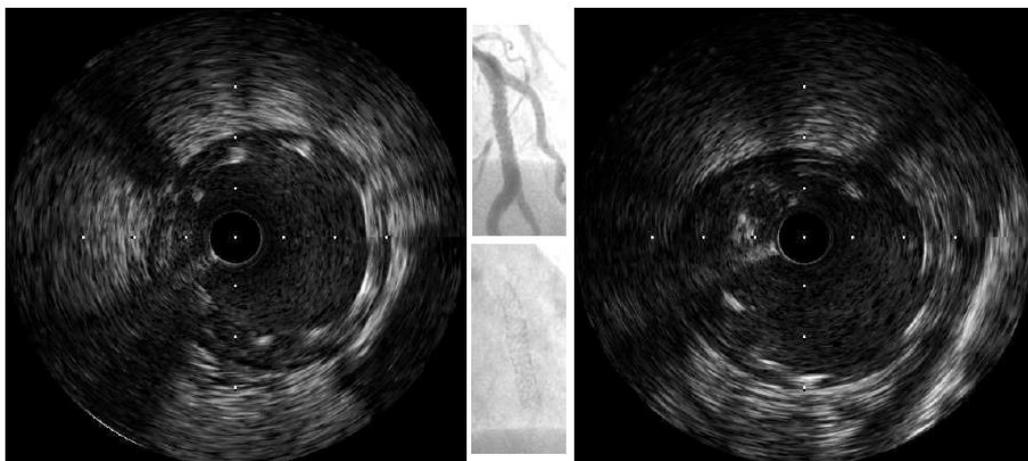
II. IVUS en aide à l'angioplastie

◆ Optimisation de l'angioplastie

Angioplastie IVA moyenne chez un patient de 35 ans lupique, coronarien stenté et vasospastique identifié.



Contrôle IVUS post angioplastie IVA moyenne avec implantation de stent actif : défaut d'expansion



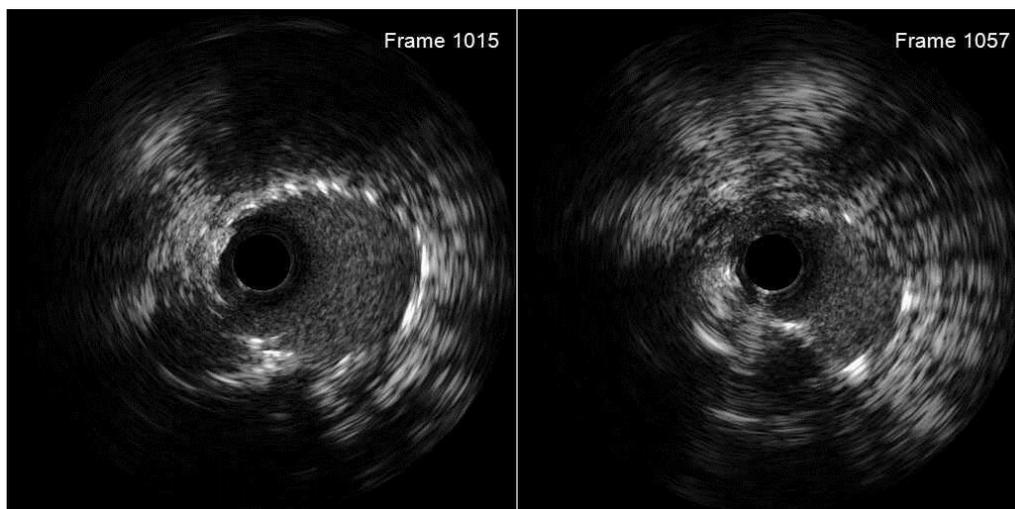
Contrôle IVUS après post-dilatation au ballon non compliant

◆ Complication post angioplastie

▪ **Mal apposition de stent**

1- Thrombose de stent actif CD proximale survenant à 3 semaines de l'angioplastie.
Revascularisation à la phase aigüe par angioplastie au ballon, thromboaspiration et thrombolytiques

Contrôle IVUS à J7

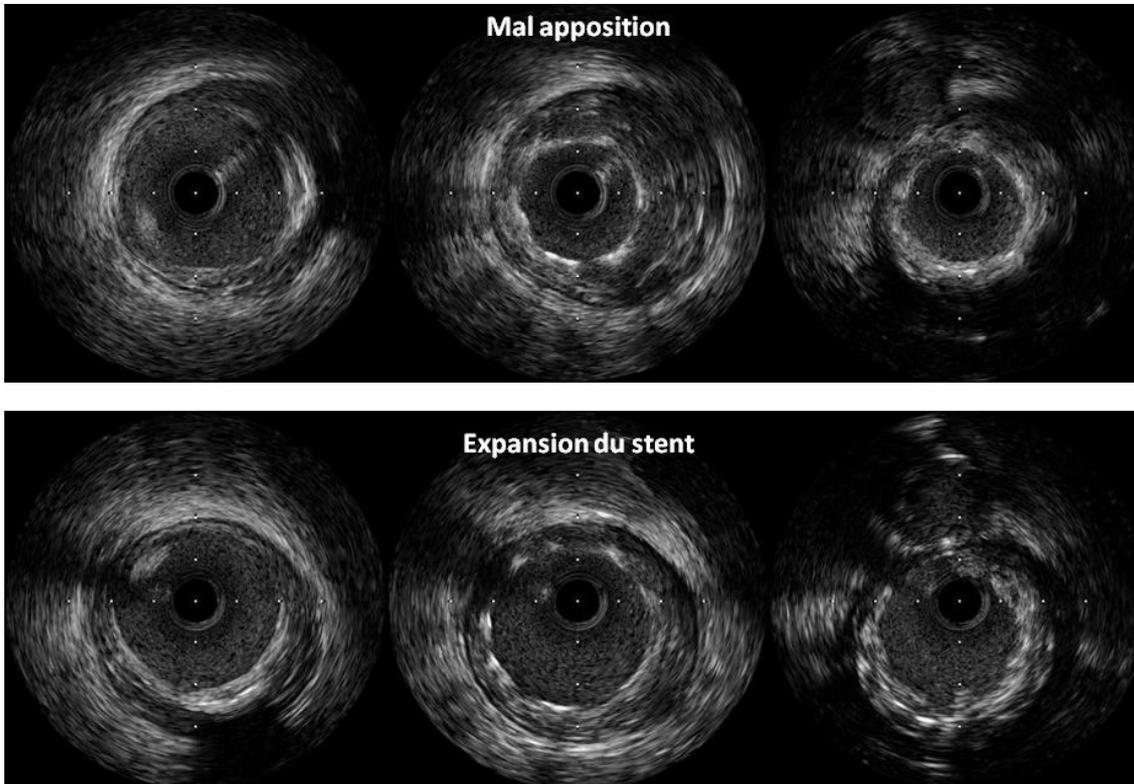


Mal apposition de stent

2- Thrombose d'un stent IVA moyenne implanté deux ans auparavant (contexte de modification du traitement anti-thrombotique)

Revascularisée à la phase aigüe par thromboaspiration et angioplastie au ballon

Contrôle IVUS à 7 jours pour identification du mécanisme



Mal apposition et contrôle post angioplastie au ballon non compliant

Liste de Abréviations

CD : Coronaire Droite
Cx : Circonflexe
DA : Diamètre artériel
DIS : Diamètre Intra-Stent
DL max : Diamètre endoluminal maximum
DL min : Diamètre endoluminal minimum
FFR : Fractional Flow Reserve
IR : Index de remodelage
IVA : artère InterVentriculaire Antérieure
IVUS : intravascular ultrasound
LEE : Limitante Elastique Externe
LEI : Limitante Elastique Interne
MACE : Major Adverse Cardiac Events
MINOCA : Myocardial Infarction with Non Obstructive Coronary Arteries
NURD : Non-Uniform rotational distortion
OCT : Optical Coherence Tomography
SAL : Surface Artérielle endoluminale
SAT : Surface Artérielle Totale
SCA : Syndrome Coronarien Aigu
SIS : Surface Intra-Stent
SPM : Surface Plaque + Média
TCG : Tronc Commun coronaire Gauche

Lexique

NURD (non uniform rotation distortion) : Distorsion de l'image
RING-DOWN EFFECT : Artefact en anneau
SOFT PLAQUE : Plaque hypoéchogène molle
DENSE OR FIBROUS PLAQUE : Plaque iso- ou hyper échogène, dite dense
MIXED PLAQUE : Association de plaque molle et dense
SPECKLE : réflexions acoustiques granulaires brillantes et mobiles caractéristiques de l'image échographique
EEM :(external elastic membrane) ; Membrane élastique externe
CSA (cross-sectional area) : Surface artérielle
Lumen CSA : Surface endoluminale de l'artère (SLA)
EEM CSA : Surface artérielle totale délimitée par la limitante élastique externe
P+M CSA (plaque + média CSA) : Surface plaque + média
Plaque burden (%) : comblement athéroscléreux (ÇA)
STRUTS : Maille des prothèses endocoronaires

SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admis(e) à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans **aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions**. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas **usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité**.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai **jamais leur confiance** et **n'exploiterai pas le pouvoir hérité** des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu(e) à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré(e) et méprisé(e) si j'y manque.

Résumé

Introduction

L'échographie endocoronaire (IVUS, *intravascular ultrasound*) est, en théorie, une technique de choix dans l'évaluation d'une lésion coronaire. Elle permet une analyse en temps réel de la lumière artérielle ainsi que de la paroi vasculaire.

Elle ne peut être réalisée qu'en complément de l'angiographie qui permet une luminographie exhaustive de l'arbre coronaire et identifie les lésions sténosantes justifiant d'une analyse spécifique plus fine.

Cependant et notamment pour des raisons médico-économiques, mais aussi car l'examen peut être long et d'interprétation difficile, les indications de l'IVUS restent limitées.

Dans notre centre à vocation universitaire, cet outil est utilisé depuis 1995 à raison de 40 à 60 examens par an dans des indications très diverses qui n'ont pas à ce jour été clairement répertoriées.

L'objectif de notre travail est d'essayer de définir les indications les plus pertinentes permettant d'améliorer les prises en charge sans prolongation excessive du temps dévolu à l'examen et à son interprétation.

Méthode

Notre étude porte sur l'analyse de 120 patients successifs pris en charge dans le service de cardiologie interventionnelle du Centre Hospitalo-Universitaire de la Timone à Marseille. Les examens avaient été interprétés de manière prospective selon la même méthodologie, conforme aux recommandations et pour chaque patient les images clés angiographiques et échographiques avaient été enregistrées dans un dossier dédié.

Nous avons analysé les dossiers de ces patients afin d'identifier les indications de l'IVUS.

Résultats

Les 120 procédures ont été pratiquées dans la majorité des cas chez des hommes (N=96, 80%). L'âge moyen était de 58,3 ans [23 ; 89]. La procédure est plus souvent réalisée dans un contexte de syndrome coronaire aigu (N=74, 61,7%). Aucune complication relevée.

Nous avons identifié deux types d'utilisation de l'IVUS :

1. Aide au diagnostic chez 106 patients (88,3%).

- Confirmation de la sévérité du degré d'une sténose (N=35, 33%) : surfaces artérielles endoluminales (SAL) minimales < 4 mm².
- Evaluation de l'instabilité lésionnelle (N=59, 55,7%) : plaque hypoéchogène et remodelage excentrique
- Compréhension d'une ambiguïté angiographique : images angiographiques atypiques ou inattendues dans un contexte clinique donné (N=12, 11,3%).

La procédure a été suivie d'une indication de revascularisation chez 50 patients (47,2%).

2. Aide au choix du matériel avant réalisation d'une angioplastie coronaire (N=14, 11,7%). L'IVUS pré-angioplastie était systématique et 10 contrôles post-angioplastie ont été réalisés.

Conclusion

En respectant un protocole recommandé, l'IVUS est un examen à très faible risque et reproductible. Néanmoins, si l'analyse quantitative des lésions est simple, l'analyse qualitative reste difficile et aléatoire.

En pratique quotidienne, les indications sont certainement marginales. En effet, l'étude de la FFR (*Fractional Flow Reserve*) est validée dans l'évaluation du degré d'une sténose. La définition du caractère instable d'une lésion n'a pas de conséquence thérapeutique validée.

Néanmoins l'IVUS peut apporter des renseignements intéressants dans 2 situations :

- Lorsque l'angioplastie d'une lésion complexe est envisagée : maladie coronaire diffuse, difficulté à définir un segment sain de référence, artère de gros calibre et variations majeures de calibre d'un segment artériel.
- Lorsque la lésion angiographique identifiée est inattendue : infarctus à coronaire normale, dissection coronaire suspectée.

L'IVUS entre alors en compétition avec l'OCT (*Optical Coherence Tomography*) néanmoins plus adapté à l'étude de la lumière artérielle que de sa paroi.

Dans un centre universitaire, c'est aussi un outil pédagogique, une aide à la compréhension de la pathologie coronaire et à l'interprétation de la coronarographie.

Comme pour toute technique marginale, elle doit être pratiquée rigoureusement et régulièrement afin que l'opérateur maintienne un niveau d'expertise suffisant.

Mots Clés : Echographie endocoronaire ; IVUS ; Indications