

G. FRIJA

D. GARDEUR

E. SCHOUMAN-CLAEYS

ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE

Préfacé par V. BISMUTH

Avec la participation de :

M. AMIEL, A. BAERT, M. BENEDITTINI, V. BISMUTH, E. BOCCARDI,
D. BOUCHER, J.P. BRION, F.H. BURBANK, H. BURSCH, J.M. CAILLE,
J. CLAESSEN, A. CLERMONT, Ch. DELCOUR, D.R. ENZMANN, C. ERNEST,
F. FAGNANI, D.W. FOSTER, P. GARANCE, J.C. GAUX, A. GREGOIRE,
C. GUINET, E. KIEFFER, P. LACOMBE, D. LALLEMAND, C. LEFAURE,
C. MANELFE, M. MOUVIER, D. PARIENTE, J.L. PAROLA, F. PINET,
A. RAYNAUD, P. ROBILLARD, A. ROCHE, P. ROY, A. SANCIER,
P. SCELARD, M. SEUROT, F. de SOMER, J.L. STRUYVEN,
G. VANDENBOSC, D. VERDERI, C. WEILL, G. WILMS

MD 476

5100,00

G. FRIJA,
D. GARDEUR, E. SCHOUMAN-CLAEYS

INTRODUCTION

ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE

Préfacé par V. BISMUTH

SSSSS

^
^



Avec la participation de :

- M. AMIEL, A. BAERT, M. BENEDITTINI, V. BISMUTH, E. BOCCARDI,
- D. BOUCHER, J.P. BRION, F.H. BURBANK, H. BURSCH, J.M. CAILLE,
- J. CLAESSEN, A. CLERMONT, Ch. DELCOUR, D.R. ENZMANN, C. ERNEST,
- F. FAGNANI, D.W. FOSTER, P. GARANCE, J.C. GAUX, A. GREGOIRE,
- C. GUINET, E. KIEFFER, P. LACOMBE, D. LALLEMAND, C. LEFAURE,
- C. MANELFE, M. MOUVIER, D. PARIENTE, J.L. PAROLA, F. PINET,
- A. RAYNAUD, P. ROBILLARD, A. ROCHE, P. ROY, A. SANCIER,
- P. SCELARD, M. SEUROT, F. de SOMER, J.L. STRUYVEN,
- G. VANDENBOSC, D. VERDERI, C. WEILL, G. WILMS

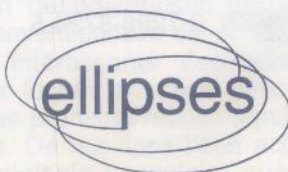


TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	V. BISMUTH	3
Chapitre 1		
NUMÉRISATION DE L'IMAGE RADIOLOGIQUE. THÉORIE		5
C. GUINET		
I - Théorie 5		
1. L'image radiographique		5
2. Numérisation de l'image radiographique		6
3. L'image radiologique télévisée		7
4. Numérisation du signal vidéo		9
5. Numérisation et théorie de l'information		10
6. Numérisation et stockage de l'information		11
II - Technique		12
1. Le code binaire naturel		12
2. Conversion Analogique Numérique (C.A.N.)		12
3. Les mémoires		13
4. Le microprocesseur		15
5. Les périphériques		18
6. La programmation		18
7. La chaîne de numérisation		19
8. Traitement de l'image numérisée		20
Conclusion		22
Bibliographie		22
Glossaire		22
Chapitre 2		
ÉQUIPEMENT ET TECHNOLOGIE DE L'ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE		25
J.-C. GAUX, J.-L. PAROLA, A. RAYNAUD		
I - L'équipement radiogène conventionnel		25
A. Unité d'émission des rayons X		25
B. Unité de formation du signal vidéo		26
1. Caractéristique des appareils		26
2. Formation du signal vidéo		27
II - Équipement d'acquisition des images numérisées		31
A. Les éléments de la numérisation		31
1. L'amplificateur logarithmique		31
2. Le convertisseur analogique/numérique (C.A.N.)		31
B. La conversion analogique/numérique et l'inscription dans les mémoires des valeurs du signal		32
1. La conversion analogique/digitale		33
2. Inscription dans les mémoires		34
C. Mode d'acquisition des images numérisées		34
1. Mode d'émission continue: fluoroscopie numérisée		34
2. Mode d'émission pulsé avec cadence < 10 images/seconde		35

D. Mode ciné-pulsé	36
1. Ciné-pulsé \leq 25 images/seconde	36
2. Ciné-pulsé = 50 images/seconde	37
III – Équipement du stockage et du traitement des informations	37
A. Stockage des signaux numérisés	38
1. Plans mémoires post-échantillonnage immédiat	38
2. Mémoire de grande capacité ou de masse	38
B. Traitement des informations	38
1. Caractérisation du microprocesseur	39
2. Les principaux traitements	39
IV – Architecture d'un système de numérisation	41
A. L'ensemble de formation du signal vidéo	41
B. L'ensemble de numérisation	41
C. Les éléments de reprographie et d'archivage	42
1. La reprographie	42
2. L'archivage	42
Bibliographie	42

Chapitre 3

ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE: DE LA THÉORIE A LA PRATIQUE 43

G. FRIJA, E. SCHOUMAN-CLAEYS, P. LACOMBE, V. BISMUTH

I – Optimisation de l'image	43
A. Optimisation de la résolution spatiale	43
B. Augmentation du rapport signal/bruit	45
1. Augmentation du signal	45
2. Diminution du bruit	47
II – Objectifs de l'angiographie numérisée	47
A. Influence de la concentration en iode sur la résolution spatiale en fonction du diamètre des vaisseaux	47
B. Concentrations effectives d'iode	48
III – Technique d'examen	48
A. Études par voie veineuse	48
1. Les paramètres d'injection	48
2. Les paramètres liés aux produits de contraste	49
B. Étude par voie artérielle	50
C. Voie veineuse ou voie artérielle ?	50
Bibliographie	51

Chapitre 4

ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE DES TRONCS SUPRA-AORTIQUES (T.S.A.)**I – CAROTIDES EXTRA-CRANIENNES** 53

D. GARDEUR, E. SCHOUMAN, P. LACOMBE, G. FRIJA

I – Angiographie intraveineuse numérisée (AIVN)	53
A. Pratique de l'examen	53
1. Interrogatoire du patient et examen préalable du dossier	53
2. Voies d'abord	53
3. Produit de contraste	54
4. Champ d'exploration	57
5. Incidences radiologiques	57
6. Égalisation des contrastes	63
7. Prévention des artéfacts	63
8. Séquences d'acquisition	64
9. Travail de l'image	64
B. Résultats	66
1. Interprétabilité des examens AIVN	66
2. Lésions athéromateuses carotidiennes	67
3. Lésions non athéromateuses	78
4. Contrôles post-opératoires	81
5. Complications de l'AIVN	84
II – Angiographies intra-artérielles numérisées (AIAN)	85
A. Avantages et limites	85
1. Avantages par rapport à l'AIVN	85
2. Par rapport à l'artériographie conventionnelle	86

B. Techniques	87
1. Crossographie aortique numérisée	87
2. Artériographie humérale rétrograde numérisée	88
3. Cathétérisme sélectif des T.S.A. par voie fémorale	89
III - Indications des explorations carotidiennes, par angiographie numérisée (AN)	90
1. Attitudes thérapeutiques	90
2. Performance des tests non invasifs	95
3. Technologie AN et habitude des équipes	96
4. Indications de l'AN en fonction de la clinique	97
Bibliographie	99
Chapitre 5	
ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE DES TRONCS SUPRA-AORTIQUES	
II - EXPLORATIONS VERTÉBRO-BASILAIRES	103
D. GARDEUR, P. LACOMBE, E. SCHOUMAN, G. FRIJA, E. KIEFFER	
I - Angiographie intra-veineuse numérisée (AIVN)	107
A. Technique	107
B. Intérêts de l'AIVN	107
C. Problèmes et limites de l'AIVN	113
D. Place de l'AIVN	113
II - Crossographie aortique numérisée	115
A. Technique	115
B. Avantages	115
C. Limites	115
D. Conclusion — Place de la crossographie numérisée	115
III - Artériographies sélectives numérisées	119
A. Techniques	119
B. Intérêts des AN sélectives vertébro-basilaires	119
C. Limites	124
IV - Artériographies conventionnelles	125
Bibliographie	126
Chapitre 6	
ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE INTRA-CRÂNIENNE	127
D. GARDEUR, J.C. GAUX, M. SEUROT, A. RAYNAUD, P. LACOMBE, E. SCHOUMAN	
I - Angiographie intra-veineuse numérisée	127
A. Technique	127
B. Résultats	127
1. Athérosclérose	128
2. Pathologies veineuses intra-crâniennes	128
3. Tumeurs intra-crâniennes	137
4. Anévrismes artériels	144
5. Malformations artério-veineuses	144
6. Indications diverses	148
II - Angiographie intra-artérielle numérisée	149
1. Technique	149
2. Avantages de l'AIAN	150
3. Limites de l'AIAN	150
4. Indications	151
Bibliographie	151
Chapitre 7	
ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE DE L'AORTE THORACIQUE	153
M. AMIEL, V. BISMUTH, P. CELARD, A. CLERMONT, G. FRIJA, P. LACOMBE, F. PINET, E. SCHOUMAN	
I - Techniques de l'angiographie numérisée de l'aorte	153
A. Les contraintes techniques	153
B. L'angiographie numérisée par voie intraveineuse	154
1. La voie veineuse périphérique	154
2. La voie veineuse centrale	154

3. Injection au niveau de l'artère pulmonaire	155
4. L'angiographie numérisée chez l'enfant et le nourrisson	155
C. Angiographie numérisée par injection intra-aortique	155
II - L'aorte normale en angiographie numérisée	155
III - Affections congénitales de l'aorte thoracique	157
1. Les anomalies des arcs aortiques	157
2. Les coarctations de l'aorte thoracique	157
IV - Pathologie chronique de l'aorte thoracique et de l'aorte opérée	159
1. Athérome aortique	159
2. Les aortites	159
3. Les anévrysmes de l'aorte thoracique	161
4. L'aorte opérée	161
V - L'angiographie numérisée et la pathologie aiguë de l'aorte thoracique	161
1. Les dissections aortiques	161
2. Les ruptures traumatiques de l'aorte	164
Conclusion	164
Bibliographie	165
Chapitre 8	
ANGIOGRAPHIE PULMONAIRE NUMÉRISÉE	167
P. LACOMBE, D. BOUCHER, M. O. BARTH, E. SCHOUMAN, R. SIGAL, G. FRIJA, V. BISMUTH	
Introduction	167
I - Technique	167
A. L'acquisition des images	168
1. Réglage des constantes et filtration	168
2. Site d'injection et voie d'abord	168
3. Cadence et prises de vue	171
4. Choix de la phase ventilatoire pour l'injection ou produit de contraste	171
B. Traitement différé des images	172
II - Résultats	173
A. La maladie thrombo-embolique	173
B. Cœur pulmonaire chronique	177
C. Les broncho-pneumopathies chroniques obstructives	177
D. Autres indications chez l'adulte	177
Conclusion	179
Bibliographie	179
Chapitre 9	
ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE DU CŒUR ET DES CORONAIRES	181
J.L. STRUYVEN, Ch. DELCOUR, J.P. BRION, G. VANDENBOSC, J. CLAESSENS	
Introduction	181
I - Considérations techniques	181
II - Applications cliniques	182
A. Les cavités cardiaques	182
1. Études morphologiques	182
2. Évaluation du ventricule gauche	184
3. Pathologie cardiaque congénitale	185
B. Artères coronaires	190
B-1. Coronarographie	190
1. Coronarographie numérisée non sélective	190
2. Coronarographie sélective	190
3. Évaluation de la perméabilité des pontages coronariens	191
B-2. Estimation du flux coronarien	191
1. Quantification des sténoses coronariennes	191
2. Quantification de la perfusion myocardique	191
Conclusion	198
Bibliographie	198

Chapitre 10

**ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE DE L'AORTE ABDOMINALE
ET DES ARTÈRES ILIAQUES**

201

J.-L. PAROLA, J.-C. GAUX

- I – Considérations techniques** 201
- II – Protocole d'exploration** 202
- III – Indications et résultats** 203
- Conclusion** 216
- Bibliographie** 216

Chapitre 11

**ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE DANS L'EXPLORATION
ARTÉRIELLE DES MEMBRES INFÉRIEURS ET EXTRÉMITÉS**

219

G. WILMS, A. BAERT, F. DE SOMER

- I – Technique** 219
- II – Angiographie numérisée intraveineuse (ANIV)** 221
 - A. Avantages 221
 - B. Limites 221
 - C. Intérêt clinique 222
- III – Applications de l'angiographie numérisée intra-artérielle
lors de l'angiographie sélective des membres inférieurs** 229
 - A. Avantages 229
 - B. Limites 229
 - C. Intérêt clinique 230
- Conclusion** 236
- Bibliographie** 237

Chapitre 12

**VALEUR DE L'ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE
DANS L'HYPERTENSION ARTÉRIELLE**

239

A. GRÉGOIRE, P. ROBILLARD, P. ROY

- I – Méthode** 239
 - 1. Voie veineuse 239
 - 2. Voie artérielle 239
- II – Matériel clinique** 240
- III – Avantages de l'angiographie numérisée intraveineuse** 240
- IV – Limites de l'angiographie numérisée intraveineuse** 240
- V – Avantages de l'angiographie numérisée intra-artérielle** 243
- VI – Valeur diagnostique de l'angiographie numérisée intraveineuse** 244
- Conclusion** 245
- Bibliographie** 245

Chapitre 13

ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE DES REINS TRANSPLANTÉS

247

A. RAYNAUD, J.-C. GAUX

- I – Considérations techniques** 247
- II – Résultats** 248
 - 1. Temps artériel 248
 - 2. Temps parenchymateux 252
 - 3. Temps de retour veineux 253
 - 4. Temps urographique 253
- III – Indications** 253
- Conclusion** 255
- Bibliographie** 255

Chapitre 14

**ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE ET ABORDS VASCULAIRES
DES HÉMODIALYSES**

257

P. GARANCE

I	– Rappel des différents types d'abords vasculaires	257
II	– Angiographie numérisée dans le bilan pré-opératoire de la création d'une fistule	258
III	– Techniques d'exploration angiographique en angiographie numérisée	258
	A. Deux techniques peuvent être proposées	258
	1. Ponction veineuse à contre-courant	258
	2. La voie artérielle	260
	B. Problèmes particuliers posés dans le bilan des greffons	260
IV	– Indications	261
	A. Complications classiques	261
	1. Celles communes aux fistules et aux greffes	261
	2. Complications plus spécifiques des greffes	265
	B. Certaines complications ...	265
	1. Le développement des varices veineuses	265
	2. Œdème d'un membre	265
	3. Les autres complications hémodynamiques	265
	C. Autres utilisations de l'angiographie numérisée	266
V	– Conclusion	267
	Bibliographie	267

Chapitre 15

ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE EN PATHOLOGIE HÉPATIQUE

269

A. ROCHE, P. LACOMBE

I	– État actuel des indications d'angiographie conventionnelle en pathologie hépatique	269
	A. Hypertension portale	269
	1. Bilan morphologique portal extra-hépatique	269
	2. Bilan morphologique des cavernomes portaux	269
	3. Contrôle des anastomoses porto-caves chirurgicales	269
	B. Processus occupants intra-hépatiques	269
	1. Suspicion d'hépatocarcinome au cours de la surveillance d'une cirrhose	269
	2. Bilan d'une tumeur hépatique connue	270
	3. Angiographie thérapeutique	270
II	– Limites et insuffisances actuelles de l'angiographie conventionnelle	270
III	– Technique de l'angiographie numérisée hépatique	271
	A. Voie d'injection	271
	1. La voie intra-veineuse	271
	2. La voie intra-artérielle	271
	B. Produits de contraste	271
	C. Modificateurs du comportement	272
	D. Protocole	272
	1. Étude artérielle et de la parenchymographie artérielle	272
	2. Étude des ramifications portales	273
	3. Étude des veines sus-hépatiques	273
IV	– Limites de l'angiographie numérisée	273
	1. Liées à la taille du champ de l'amplificateur	273
	2. Liées à la différence de densité foie/poumon	273
	3. Mouvements	273
	4. Résolution spatiale	274
V	– Résultats	275
	Conclusion	282
	Bibliographie	282

Chapitre 16	
ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE DANS L'HYPERPARATHYROIDISME PRIMAIRE	283
D.W. FOSTER, P. LACOMBE, D. BOUCHER, D. VERDERI, M. MOUVIER, E. SCHOUMAN, G. FRIJA, V. BISMUTH	
I – Avant la première cervicotomie	283
II – Hyperparathyroïdisme persistant ou récidivant	284
Conclusion	289
Bibliographie	290
Chapitre 17	
ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE INTRA-VEINEUSE DANS LA MALADIE DE TAKAYASU	291
P. LACOMBE, D. BOUCHER, D. VERDERI, E. SCHOUMAN, M. MOUVIER, G. FRIJA, V. BISMUTH	
I – Technique d'exploration angiographique	291
1. Voie d'abord	292
2. Incidences	292
II – Résultats	295
Bibliographie	297
Chapitre 18	
ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE DANS LA PATHOLOGIE DE L'APPAREIL LOCOMOTEUR	299
P. LACOMBE, D. BOUCHER, D. VERDERI, M. MOUVIER, E. SCHOUMAN, G. FRIJA, V. BISMUTH	
I – Angiographie numérisée intraveineuse	299
II – Angiographie artérielle numérisée	299
A. Au cours des traumatismes à la phase aiguë	300
B. Appréciation de la cartographie artérielle des membres	300
C. Bilan diagnostique ou d'extension des tumeurs des membres	304
D. Ostéonécrose aseptique fémorale	304
Conclusion	306
Chapitre 19	
APPLICATIONS PÉDIATRIQUES DE L'ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE	307
D. PARIENTE, C. ERNEST, P. LACOMBE, D. LALLEMAND	
Introduction	307
I – Technique	307
II – Matériel	308
A. Thorax	309
1. Aorte thoracique et ses branches	309
2. Vaisseaux pulmonaires	309
3. Perfusion pulmonaire dans la pathologie pulmonaire de l'enfant	312
4. Bilan veineux du médiastin supérieur	313
B. Abdomen	313
1. Hypertension artérielle	313
2. Lésions hépatiques	315
3. Contrôle des réparations vasculaires	315
4. Étude des reins transplantés	315
C. Tête et cou	318
1. Vaisseaux du cou	318
2. Artères cérébrales	318
3. Retour veineux cérébral	318
D. Membres	321
Conclusion	321
Bibliographie	322

Chapitre 20		
ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE EN NEURORADIOLOGIE THÉRAPEUTIQUE		323
C. MANELFE, A. SÂNCIER, E. BOCCARDI		
Introduction		323
I - Avantages de la voie artérielle		323
II - Limites de l'angiographie numérisée		324
III - Indications		325
1. Embolisation par particules		325
2. Embolisation par liquides plastiques		328
3. Embolisation par ballonnet largable		332
4. Embolisation par micro-cathéter à ballonnet		332
5. Problèmes particuliers chez le petit enfant		335
6. Angioplastie transluminale		335
Bibliographie		336
Chapitre 21		
DÉVELOPPEMENTS RÉCENTS DE L'ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE		337
F.H. BURBANK, D.R. ENZMANN		
I - Contraintes biologiques des produits de contraste en angiographie numérisée intraveineuse (ANIV)		337
II - Soustraction temporelle, intégration, "matched filtering", filtrage récursif et soustraction hybride		338
III - Nécessité d'essais cliniques		343
IV - Angiographie numérisée tomographique		343
Bibliographie		345
Chapitre 22		
ANALYSE FONCTIONNELLE EN IMAGERIE NUMÉRISÉE - IMAGERIE PARAMÉTRIQUE		347
H. BURSCH		
I - Équipement		347
II - Principes et applications		348
A. Techniques de soustraction		348
B. Obtention de paramètres		350
C. Densitométrie numérisée		353
D. Études quantitatives de flux		353
1. Flux sanguin total		353
2. Distribution du flux		355
3. Flux parenchymateux		355
Bibliographie		356
Chapitre 23		
POURQUOI NUMÉRISER L'ANGIOGRAPHIE ?		359
J.M. CAILLÉ		
I - L'image médicale. L'image numérisée. L'image angiographique numérisée		359
1. La prescription		360
2. La réalisation		360
3. L'exploitation par le radiologue des images d'angiographie numérisée		360
4. La transmission de l'image		360
5. Le stockage de l'image		360
6. L'utilisation médicale autre que radiologique		360
II - Pourquoi a-t-on numérisé l'angiographie ?		362

Chapitre 24	
ASPECTS SOCIO-ÉCONOMIQUES DE LA DIFFUSION DE L'ANGIOGRAPHIE NUMÉRISÉE EN FRANCE	363
C. LEFAURE, C. WEILL, F. FAGNANI, M. BENEDITTINI, G. FRIJA	
Introduction	363
I – Une diffusion rapide et atypique	363
II – Les pouvoirs publics et l'AN	365
III – Demandes professionnelles des radiologues et des prescripteurs	366
IV – Opinions des utilisateurs	367
Conclusion	369
Bibliographie	369

