



**HAL**  
open science

**Étude des caractéristiques scanographiques du thrombus  
dans les AVC ischémiques aigus comme facteur prédictif  
du succès de recanalisation par thrombectomie  
mécanique**  
Clément Poëy

► **To cite this version:**

Clément Poëy. Étude des caractéristiques scanographiques du thrombus dans les AVC ischémiques aigus comme facteur prédictif du succès de recanalisation par thrombectomie mécanique. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02465925

**HAL Id: dumas-02465925**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02465925v1>**

Submitted on 4 Feb 2020

**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.

N°

UNIVERSITÉ CLERMONT AUVERGNE  
UFR DE MÉDECINE ET DES PROFESSIONS PARAMÉDICALES

THÈSE D'EXERCICE  
pour le  
DIPLOME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE  
par

"  
POËY Clément

Présentée et soutenue publiquement le 19 juillet 2019

ÉTUDES DES CARACTÉRISTIQUES SCANOGRAPHIQUES DU THROMBUS  
DANS LES AVC ISCHÉMIQUES AIGUS COMME FACTEUR PRÉDICTIF DU  
SUCCÈS DE RECANALISATION PAR THROMBECTOMIE MÉCANIQUE

Président du jury : Monsieur BOYER Louis, Professeur, UFR de Médecine et des Professions paramédicales de Clermont-Ferrand

Membres du jury :

- Monsieur GARCIER Jean-Marc, Professeur, UFR de Médecine et des Professions paramédicales de Clermont-Ferrand
- Monsieur CHABROT Pascal, Professeur, UFR de Médecine et des Professions paramédicales de Clermont-Ferrand
- Madame FERRIER Anna, Docteur, CHU Clermont Ferrand, Service de Neurologie
- Monsieur ZERROUG Abderrahim, Docteur, CHU Clermont Ferrand, Service de Neuroradiologie



N°

UNIVERSITE CLERMONT AUVERGNE  
UFR DE MEDECINE ET DES PROFESSIONS PARAMEDICALES

THESE D'EXERCICE  
pour le  
DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE  
par

"  
POËY Clément

Présentée et soutenue publiquement le 19 juillet 2019

ETUDES DES CARACTERISTIQUES SCANOGRAPHIQUES DU THROMBUS  
DANS LES AVC ISCHEMIQUES AIGUS COMME FACTEUR PREDICTIF DU  
SUCCEES DE RECANALISATION PAR THROMBECTOMIE MECANIQUE

Président du jury : Monsieur BOYER Louis, Professeur, UFR de Médecine et des Professions paramédicales de Clermont-Ferrand

Membres du jury :

- Monsieur GARCIER Jean-Marc, Professeur, UFR de Médecine et des Professions paramédicales de Clermont-Ferrand
- Monsieur CHABROT Pascal, Professeur, UFR de Médecine et des Professions paramédicales de Clermont-Ferrand
- Madame FERRIER Anna, Docteur, CHU Clermont Ferrand, Service de Neurologie
- Monsieur ZERROUG Abderrahim, Docteur, CHU Clermont Ferrand, Service de Neuroradiologie



## UNIVERSITE CLERMONT AUVERGNE

---

PRESIDENTS HONORAIRES  
UNIVERSITE D'AUVERGNE

: **JOYON** Louis  
: **DOLY** Michel  
: **TURPIN** Dominique  
: **VEYRE** Annie  
: **DULBECCO** Philippe  
: **ESCHALIER** Alain

PRESIDENTS HONORAIRES  
UNIVERSITE BLAISE PASCAL

: **CABANES** Pierre  
: **FONTAINE** Jacques  
: **BOUTIN** Christian  
: **MONTEIL** Jean-Marc  
: **ODOUARD** Albert  
: **LAVIGNOTTE** Nadine

PRESIDENT DE L'UNIVERSITE et  
PRESIDENT DU CONSEIL ACADEMIQUE PLENIER  
PRESIDENT DU CONSEIL ACADEMIQUE RESTREINT  
VICE-PRESIDENT DU CONSEIL D'ADMINISTRATION  
VICE-PRESIDENT DE LA COMMISSION DE LA RECHERCHE  
VICE PRESIDENTE DE LA COMMISSION DE LA  
FORMATION ET DE LA VIE UNIVERSITAIRE  
DIRECTRICE GENERALE DES SERVICES

: **BERNARD** Mathias  
: **DEQUIEDT** Vianney  
: **WILLIAMS** Benjamin  
: **HENRARD** Pierre  
  
: **PEYRARD** Françoise  
: **PAQUIS** François



## UFR DE MEDECINE ET DES PROFESSIONS PARAMEDICALES

DOYENS HONORAIRES

: **DETEIX** Patrice  
: **CHAZAL** Jean

DOYEN  
RESPONSABLE ADMINISTRATIVE

: **CLAVELOU** Pierre  
: **ROBERT** Gaëlle

## LISTE DU PERSONNEL ENSEIGNANT

### **PROFESSEURS HONORAIRES :**

MM. BACIN Franck - BEGUE René-Jean - BOUCHER Daniel - BOURGES Michel - BUSSIÈRE Jean-Louis - CANO Noël - CASSAGNES Jean - CATILINA Pierre - CHABANNES Jacques – CHAZAL Jean - CHIPPONI Jacques - CHOLLET Philippe - COUDERT Jean - DASTUGUE Bernard - DEMEOCQ François - DE RIBEROLLES Charles - ESCANDE Georges - Mme FONCK Yvette - MM. GENTOU Claude - GLANDDIER Gérard - Mmes GLANDDIER Phyllis - LAVARENNE Jeanine - MM. LAVERAN Henri - LEVAI Jean-Paul - MAGE Gérard - MALPUECH Georges - MARCHEIX Jean-Claude - MICHEL Jean-Luc - MOLINA Claude - MONDIE Jean-Michel - PERI Georges - PETIT Georges - PHILIPPE Pierre - PLAGNE Robert - PLANCHE Roger - PONSONNAILLE Jean - RAYNAUD Elie - REY Michel - Mme RIGAL Danièle - MM. ROZAN Raymond - SCHOEFFLER Pierre - SIROT Jacques - SOUTEYRAND Pierre - TANGUY Alain - TERVER Sylvain - THIEBLOT Philippe - TOURNILHAC Michel - VANNEUVILLE Guy - VIALLET Jean-François - Mlle VEYRE Annie

### **PROFESSEURS EMERITES :**

MM. - BEYTOUT Jean - BOITEUX Jean-Paul - BOMMELAER Gilles - CHAMOIX Alain - DAUPLAT Jacques - DETEIX Patrice - ESCHALIER Alain - IRTHUM Bernard - JACQUETIN Bernard - KEMENY Jean-Louis – Mme LAFEUILLE Hélène – MM. LEMERY Didier - LESOURD Bruno - LUSSON Jean-René - RIBAL Jean-Pierre

## **PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS**

### ***PROFESSEURS DE CLASSE EXCEPTIONNELLE***

M. VAGO Philippe	Histologie-Embryologie Cytogénétique
M. AUMAITRE Olivier	Médecine Interne
M. LABBE André	Pédiatrie
M. AVAN Paul	Biophysique et Traitement de l'Image
M. DURIF Franck	Neurologie
M. BOIRE Jean-Yves	Biostatistiques, Informatique Médicale et Technologies de Communication
M. BOYER Louis	Radiologie et Imagerie Médicale option Clinique
M. POULY Jean-Luc	Gynécologie et Obstétrique
M. CANIS Michel	Gynécologie-Obstétrique
Mme PENAULT-LLORCA Frédérique	Anatomie et Cytologie Pathologiques
M. BAZIN Jean-Etienne	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale
M. BIGNON Yves Jean	Cancérologie option Biologique
M. BOIRIE Yves	Nutrition Humaine

M. CLAVELOU Pierre	Neurologie
M. DUBRAY Claude	Pharmacologie Clinique
M. GILAIN Laurent	O.R.L.
M. LEMAIRE Jean-Jacques	Neurochirurgie
M. CAMILLERI Lionel	Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire
M. DAPOIGNY Michel	Gastro-Entérologie
M. LLORCA Pierre-Michel	Psychiatrie d'Adultes
M. PEZET Denis	Chirurgie Digestive
M. SOUWEINE Bertrand	Réanimation Médicale
M. BOISGARD Stéphane	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie
M. CONSTANTIN Jean-Michel	Anesthésiologie et Réanimation
Chirurgicale	
Mme DUCLOS Martine	Physiologie
M. SCHMIDT Jeannot	Thérapeutique

**PROFESSEURS DE  
1ère CLASSE**

M. DECHELOTTE Pierre	Anatomie et Cytologie Pathologique
M. CAILLAUD Denis	Pneumo-phtisiologie
M. VERRELLE Pierre	Radiothérapie option Clinique
M. CITRON Bernard	Cardiologie et Maladies Vasculaires
M. D'INCAN Michel	Dermatologie -Vénérologie
Mme JALENQUES Isabelle	Psychiatrie d'Adultes
Mle BARTHELEMY Isabelle	Chirurgie Maxillo-Faciale
M. GARCIER Jean-Marc	Anatomie-Radiologie et Imagerie Médicale
M. GERBAUD Laurent	Epidémiologie, Economie de la Santé et Prévention
M. SOUBRIER Martin	Rhumatologie
M. TAUVERON Igor	Endocrinologie et Maladies Métaboliques
M. MOM Thierry	Oto-Rhino-Laryngologie
M. RICHARD Ruddy	Physiologie
M. RUIVARD Marc	Médecine Interne
M. SAPIN Vincent	Biochimie et Biologie Moléculaire
M. BAY Jacques-Olivier	Cancérologie
M. BERGER Marc	Hématologie
M. COUDEYRE Emmanuel	Médecine Physique et de Réadaptation
Mme GODFRAIND Catherine	Anatomie et Cytologie Pathologiques
M. ROSSET Eugénio	Chirurgie Vasculaire
M. ABERGEL Armando	Hépatologie
M. LAURICHESSE Henri	Maladies Infectieuses et Tropicales
M. TOURNILHAC Olivier	Hématologie
M. CHIAMBARETTA Frédéric	Ophthalmologie
M. FILAIRE Marc	Anatomie – Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire
M. GALLOT Denis	Gynécologie-Obstétrique
M. GUY Laurent	Urologie
M. TRAORE Ousmane	Hygiène Hospitalière
M. ANDRE Marc	Médecine Interne
M. BONNET Richard	Bactériologie, Virologie
M. CACHIN Florent	Biophysique et Médecine Nucléaire
M. COSTES Frédéric	Physiologie

M. FUTIER Emmanuel	Anesthésiologie-Réanimation
Mme HENG Anne-Elisabeth	Néphrologie
M. MOTREFF Pascal	Cardiologie
Mme PICKERING Gisèle	Pharmacologie Clinique

**PROFESSEURS DE  
2ème CLASSE**

Mme CREVEAUX Isabelle	Biochimie et Biologie Moléculaire
M. FAICT Thierry	Médecine Légale et Droit de la Santé
Mme KANOLD LASTAWIECKA Justyna	Pédiatrie
M. TCHIRKOV Andréi	Cytologie et Histologie
M. CORNELIS François	Génétique
M. DESCAMPS Stéphane	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique
M. POMEL Christophe	Cancérologie – Chirurgie Générale
M. CANAVESE Federico	Chirurgie Infantile
M. LESENS Olivier	Maladies Infectieuses et Tropicales
M. RABISCHONG Benoît	Gynécologie Obstétrique
M. AUTHIER Nicolas	Pharmacologie Médicale
M. BROUSSE Georges	Psychiatrie Adultes/Addictologie
M. BUC Emmanuel	Chirurgie Digestive
M. CHABROT Pascal	Radiologie et Imagerie Médicale
M. LAUTRETTE Alexandre	Néphrologie Réanimation Médicale
M. AZARNOUSH Kasra	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire
Mme BRUGNON Florence	Biologie et Médecine du Développement et de la Reproduction
Mme HENQUELL Cécile	Bactériologie Virologie
M. ESCHALIER Romain	Cardiologie
M. MERLIN Etienne	Pédiatrie
Mme TOURNADRE Anne	Rhumatologie
M. DURANDO Xavier	Cancérologie
M. DUTHEIL Frédéric	Médecine et Santé au Travail
Mme FANTINI Maria Livia	Neurologie
M. SAKKA Laurent	Anatomie – Neurochirurgie
M. BOURDEL Nicolas	Gynécologie-Obstétrique
M. GUIEZE Romain	Hématologie
M. POINCLOUX Laurent	Gastroentérologie
M. SOUTEYRAND Géraud	Cardiologie

**PROFESSEURS DES UNIVERSITES**

M. CLEMENT Gilles	Médecine Générale
Mme MALPUECH-BRUGERE Corinne	Nutrition Humaine
M. VORILHON Philippe	Médecine Générale

## PROFESSEURS ASSOCIES DES UNIVERSITES

Mme BOTTET-MAULOUBIER Anne  
M. CAMBON Benoît

Médecine Générale  
Médecine Générale

## MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

### *MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE*

Mme CHAMBON Martine  
Mme BOUTELOUP Corinne

Bactériologie Virologie  
Nutrition

### *MAITRES DE CONFERENCES DE 1ère CLASSE*

M. MORVAN Daniel  
Mlle GOUMY Carole  
Mme FOGLI Anne  
Mlle GOUAS Laetitia  
M. MARCEAU Geoffroy  
Mme MINET-QUINARD Régine  
M. ROBIN Frédéric  
Mlle VERONESE Lauren  
M. DELMAS Julien  
Mlle MIRAND Andrey  
M. OUCHCHANE Lemlih

Biophysique et Traitement de l'Image  
Cytologie et Histologie, Cytogénétique  
Biochimie Biologie Moléculaire  
Cytologie et Histologie, Cytogénétique  
Biochimie Biologie Moléculaire  
Biochimie Biologie Moléculaire  
Bactériologie  
Cytologie et Histologie, Cytogénétique  
Bactériologie  
Bactériologie Virologie  
Biostatistiques, Informatique Médicale  
et Technologies de Communication

M. LIBERT Frédéric  
Mlle COSTE Karen  
M. EVRARD Bertrand  
Mlle AUMERAN Claire  
M. POIRIER Philippe  
Mme CASSAGNES Lucie  
M. LEBRETON Aurélien

Pharmacologie Médicale  
Pédiatrie  
Immunologie  
Hygiène Hospitalière  
Parasitologie et Mycologie  
Radiologie et Imagerie Médicale  
Hématologie

### *MAITRES DE CONFERENCES DE 2ème CLASSE*

Mme PONS Hanaë

Biologie et Médecine du Développement

M. JABAUDON-GANDET Matthieu	et de la Reproduction
M. BOUVIER Damien	Anesthésiologie – Réanimation Chirurgicale
M. BUISSON Anthony	Biochimie et Biologie Moléculaire
M. COLL Guillaume	Gastroentérologie
Mme SARRET Catherine	Neurochirurgie
M. MAQDASY Salwan	Pédiatrie
	Endocrinologie, Diabète et Maladies
	Métaboliques
Mme NOURRISSON Céline	Parasitologie - Mycologie

**MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES**

Mme BONHOMME Brigitte	Biophysique et Traitement de l'Image
Mme VAURS-BARRIERE Catherine	Biochimie Biologie Moléculaire
M. BAILLY Jean-Luc	Bactériologie Virologie
Mlle AUBEL Corinne	Oncologie Moléculaire
M. BLANCHON Loïc	Biochimie Biologie Moléculaire
Mlle GUILLET Christelle	Nutrition Humaine
M. BIDET Yannick	Oncogénétique
M. MARCHAND Fabien	Pharmacologie Médicale
M. DALMASSO Guillaume	Bactériologie
M. SOLER Cédric	Biochimie Biologie Moléculaire
M. GIRAUDET Fabrice	Biophysique et Traitement de l'Image
Mme VAILLANT-ROUSSEL Hélène	Médecine Générale
Mme LAPORTE Catherine	Médecine Générale
M. LOLIGNIER Stéphane	Neurosciences – Neuropharmacologie
Mme MARTEIL Gaëlle	Biologie de la Reproduction
M. PINEL Alexandre	Nutrition Humaine

**MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DES UNIVERSITES**

M. TANGUY Gilles	Médecine Générale
M. BERNARD Pierre	Médecine Générale
Mme ESCHALIER Bénédicte	Médecine Générale
Mme RICHARD Amélie	Médecine Générale

## A NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE

### **A Monsieur le Professeur BOYER Louis**

Monsieur, je vous remercie pour l'honneur que vous me faites de présider ce jury.

Merci pour votre rigueur et votre bienveillance tout au long de mon internat.

Même s'il est difficile de résumer vos 5 ans d'enseignement en quelques mots, je retiendrai, avant tout le reste, cette parole d'un grand sage un soir d'hiver maussade, au retour du chevet d'une patiente moribonde: « La roche tarpéienne est proche du capitol... ». Elle me semble fondamentale à garder à l'esprit pour qui veut exercer la médecine.

Je vous remercie pour la confiance et toute la considération que vous avez pu m'accorder.

Trouvez ici l'expression de ma gratitude et de mon plus profond respect.

## A NOTRE JURY DE THÈSE

### **A Monsieur le Professeur GARCIER Jean-Marc,**

Monsieur, je vous remercie d'avoir accepté de participer à ce jury de thèse, et de juger ce travail.

Merci pour votre bienveillance et votre bonne humeur au quotidien dans votre service, ainsi que votre patience, dans l'enseignement et la pratique auprès de vos petits malades.

Recevez ici l'expression de mon plus sincère respect.

### **A Monsieur le Professeur CHABROT Pascal,**

Pascal, j'ai pu apprécier au cours de mon internat ta rigueur et ton exemplarité dans le travail et auprès des malades.

Merci d'avoir accepté de faire partie de ce jury.

Trouve ici le témoignage de tout mon respect.

### **A Madame le Docteur FERRIER Anna,**

Docteur Ferrier, je vous remercie d'avoir accepté de juger ce travail en tant qu'experte dans le domaine.

J'ai pu apprécier au cours de mon internat, à toute heure du jour et de la nuit, votre compétence et toutes vos qualités humaines, que ce soit auprès des malades, mais aussi du personnel hospitalier.

Puisse ce travail être l'expression de ma reconnaissance et de mon respect.

### **A Monsieur le Docteur ZERROUG Abderrahim,**

Rahim, merci tout d'abord pour ton enseignement, ta gentillesse, ta disponibilité et tes supers blagues pendant mes 6 mois de Neuro.

Merci également de m'avoir confié ce travail, et de m'avoir guidé dans sa réalisation. Tes conseils et tes suggestions m'ont été précieux.

J'ai énormément de respect pour le radiologue, et j'apprécie également beaucoup l'homme.

One, Two, Three: Viva la radiologie.

## A CEUX QUI ONT CONTRIBUE A CE TRAVAIL

Au Docteur Jean GABRILLARGUES : Initiateur de ce projet, et qui a dispensé ses soins à bien des patients figurant dans cette étude. Son expertise vit toujours avec tous ceux qu'il a eu la patience et la bienveillance de former.

A Olivier RISCH et Audrey NIGRON : pour leurs travaux respectifs.

A Aurélien MILLIEZ : pour son expertise dans la réalisation des statistiques et sa disponibilité.

## DÉDICACES PERSONNELLES

**A ma Cornélie : Au soleil ou sous la pluie, peu m'importe, avec toi c'est un arc-en-ciel permanent.**

**A mes parents :** Concepteurs, éleveurs et mécènes, merci pour tous ces bons gènes. Une photographe passionnée et un radiologue reconnu, je n'aurais pu rêver meilleur pedigree.

**A mon frère Valentin :** Dit Tintin l'homme aux 3 reins, merci d'avoir choisi les lumières des projecteurs, pour me laisser seul briller dans le domaine familial.

**A mes grands-parents (et Mamie Pigeon) :** pour votre amour et votre soutien

**Au Tonton** qui serait fier, **aux Tatas** qui le sont sûrement, et **aux cousin(e)s** j'espère.

**Aux copains de toujours : mon Bidou, le grand Kgb, Pipi le banquier, Nabet le cabri, Bibi lui même, François qui n'est jamais la,** l'amitié double les joies et réduit de moitié les peines, grâce à vous cette maxime n'a jamais été aussi vraie.

A la meilleur promo d'internat dont on puisse rêver : mon grand **Arnaud** et nos 2 ans de vie commune, **Claire Boudi, Tristan, Julie Bizou, Quentin, Manu et Grégoire.**

**A mes co-internes :** Tonton Copo, Camélia, Antoine, Arnaud G, Pierre, Sonia, Léa, Jeremy dit Jonas, Cédric, Guillaume T, John et tous les autres.

**A mes anciens chefs,** notamment ceux des débuts, pour leur enseignement : Hubert ROSIER et Mikael FONTARENSKY.

**A mes supers co-internes de Toulouse :** Adrien Vava, Pierre « magic » Marek, Antoine Fifi, Lulu, Marion, Delphine, Maxence et tous les autres.

**Aux manips** dont j'ai croisé la route, en particulier les équipes de **RIOM** et du **PUY EN VELAY**, avec qui j'ai découvert l'Auvergne et la Radiologie et grâce à qui j'ai appris à aimer les deux.

**Au meilleur bureau** de l'Internat dont un Prez puisse rêver.

**A la colloc du futur :** Benoit « Chouquette » et Julien « Choupi », mon grand Arnaud encore, et Zizi.

**A ma promo des Antilles**

**A l'équipe de foot** de la fac de Montpel

**A la Martinique et ses habitants.**

**Aux Auvergnat(e)s beaucoup plus généreux qu'ils ne veulent le laisser croire, et que ne le dit l'adage...**

# TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES .....	12
ABREVIATIONS .....	13
1 CONTEXTE .....	14
1.1 Epidémiologie.....	14
1.2 Fibrinolyse IV .....	15
1.3 Thrombectomie mécanique .....	16
1.4 Caractéristiques scanographiques du thrombus.....	18
1.4.1 Densité spontanée.....	18
1.4.2 Longueur .....	19
1.4.3 Perméabilité et rehaussement du thrombus .....	20
1.5 Objectifs de l'étude.....	22
1.6 Bibliographie .....	22
2 ARTICLE.....	26
3 CONCLUSION.....	59
SERMENT D'HIPPOCRATE .....	60

# LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

## Tableaux

Tableau I Description des caractéristiques cliniques et radiologiques selon la recanalisation artérielle.....	36
Tableau II Analyse multivariée concernant le succès de recanalisation par thrombectomie mécanique.....	43
Tableau III Analyse des caractéristiques du thrombus en fonction du nombre de passages du stent Retriever au cours de la thrombectomie .....	44
Tableau IV Comparaison des caractéristiques du thrombus en fonction de l'évolution clinique à 3 mois .....	46
Tableau V Comparaison des caractéristiques du thrombus en fonction de l'étiologie de l'AVC .....	46

## Figures

Figure 1 Franchissement du thrombus par le microcathéter .....	16
Figure 2 Déploiement du stent .....	16
Figure 3 Retrait du stent .....	17
Figure 4 Ancrage du thrombus au sein des mailles du stent après procédure.....	17
Figure 5 Score TICL.....	18
Figure 6 Hyperdensité spontanée de la portion M1 de l'artère sylvienne droite .....	19
Figure 7 Clot Burden Score en 10 points - le thrombus est matérialisé en violet.....	20
Figure 8 Prise de contraste du thrombus au sein de la jonction M1-M2 de l'artère sylvienne droite.....	21
Figure 9 Courbe ROC de la densité spontanée moyenne du thrombus selon la recanalisation artérielle.....	38
Figure 10 Courbe ROC de $\Delta$ selon la recanalisation artérielle .....	39
Figure 11 Courbe ROC de $\varepsilon$ selon la recanalisation artérielle .....	40

# ABBREVIATIONS

AIT : Accident Ischémique Transitoire

AVC : Accident Vasculaire Cérébral

CBS : Clot Burden Score

CHU : Centre Hospitalier Universitaire

IRM : Imagerie par Résonance Magnétique

IV : Intra Veineuse

mRs : modified Rankin scale

NIHSS : National Institute of Health Stroke Score

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ROI : Region Of Interest

TICI score : Thrombolysis In Cerebral Infraction

UH : Unité Hounsfield

# 1 CONTEXTE

## 1.1 Epidémiologie

L'accident vasculaire cérébral (AVC) est une pathologie fréquente et grave. Il représente selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS) la deuxième cause de mortalité dans le monde, la troisième dans les pays développés.

Il s'agit de la première étiologie de handicap acquis chez l'adulte et de la deuxième cause de démence (30%).

En France, l'incidence annuelle des AVC est de 1,6 à 2,4 pour 1 000 personnes, soit 100 000 à 145 000 AVC par an, avec 15 à 20 % de décès au terme du premier mois et 75 % de survivants avec séquelles. L'incidence est fortement liée à l'âge. Elle est de 0,1 à 0,3 pour 1000 par an chez les sujets de moins de 45 ans et de 12 à 20 pour 1000 chez les sujets âgés de 75 à 84 ans. Le nombre d'AVC augmente de 5% par an (1). L'âge moyen de survenue des AVC est de 70 ans chez l'homme et de 75 ans chez la femme. Il s'agit donc d'un problème important de santé publique, dont l'un des principaux enjeux est la revascularisation à la phase aiguë dans les AVC ischémiques afin d'en améliorer le pronostic et de diminuer la mortalité et le risque de handicap (2).

En cas d'occlusion artérielle cérébrale, le temps écoulé est capital avec la mort de 1,9 million de neurones, 14 milliards de synapses et 12 km de fibres myélinisées chaque minute (3).

Comparativement au taux normal de perte neuronale dans le vieillissement cérébral, le cerveau ischémique vieillit de 3,6 années chaque heure sans traitement (3).

## 1.2 Fibrinolyse IV

Depuis 1995 (4), un agent fibrinolytique (l'Altéplase, ACTILYSE, activateur tissulaire du plasminogène) est utilisé par voie intraveineuse (IV) pour le traitement de la phase aiguë des AVC ischémiques. Son bénéfice a été démontré jusqu'à 4h30 après le début des symptômes avec néanmoins une augmentation du risque hémorragique (5).

En France il s'agit du traitement recommandé en première intention depuis 2009 (2).

Son efficacité est limitée ou non établie en cas :

- d'occlusion des gros troncs (6) ;
- de dépassement du délai de 4 h 30 après le début des symptômes de l'AVC (5) ;
- de facteurs aggravant le risque hémorragique.

Le traitement direct d'une occlusion proximale des gros vaisseaux par voie endovasculaire artérielle (thrombectomie mécanique) était initialement réservé à l'échec ou à la contre-indication de la fibrinolyse IV.

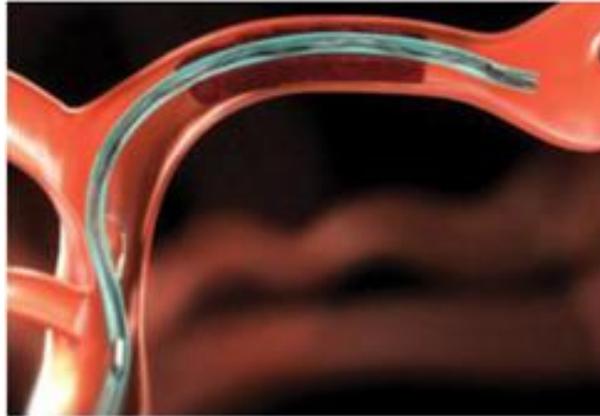
Depuis 2015 (7), les données de la littérature ont permis de démontrer son efficacité sans attendre la réponse au traitement par Altéplase.

Des données récentes confirment également la synergie des 2 techniques, la réalisation d'une fibrinolyse préalable étant désormais reconnue comme facteur de réussite de la thrombectomie mécanique (8).

### 1.3 Thrombectomie mécanique

La thrombectomie mécanique est une technique de désobstruction par voie endovasculaire.

Après réalisation d'une artériographie cérébrale dans le territoire infarci, le thrombus est franchi à l'aide d'un microcathéter (figure 1).

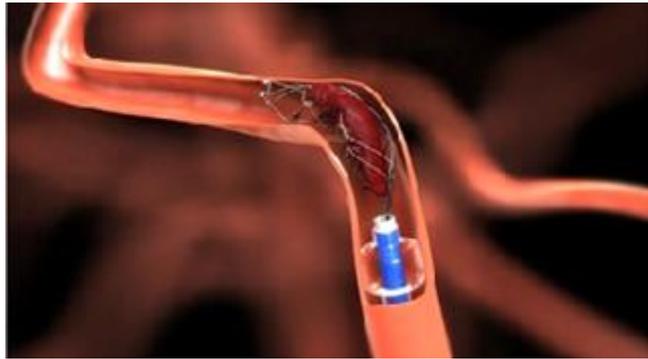


*Figure 1 Franchissement du thrombus par le microcathéter*

Un stent auto-expansible est ensuite déployé afin d'ouvrir le flux sanguin et de plaquer le thrombus contre la paroi de l'artère (figure 2). Le dispositif est ensuite retiré après quelques minutes (figure 3), permettant l'ancrage du thrombus au sein des mailles du stent (figure 4).



*Figure 2 Déploiement du stent*



*Figure 3 Retrait du stent*



*Figure 4 Ancrage du thrombus au sein des mailles du stent après procédure*

Au décours du geste, l'efficacité thérapeutique est évaluée par une artériographie diagnostique de contrôle afin d'estimer la reperméabilisation artérielle en aval du territoire occlus à l'aide du score TICI : « *Thrombolysis In Cerebral Infraction* » (figure 5), décrit initialement en 2003 par Higashida et al.

Grade 0	Aucune perfusion.
Grade 1	Pénétration avec minime perfusion
Grade 2a	Perfusion partielle <2/3 du territoire de l'artère occluse
Grade 2b	Perfusion partielle >2/3 du territoire de l'artère occluse
Grade 3	Perfusion complète de l'ensemble des branches artérielles

*Figure 5 Score TICI*

De nombreux facteurs techniques et anatomiques entrent en jeu et modifient la capacité à extraire un thrombus, notamment les caractéristiques physico-chimiques et donc la composition du thrombus.

Il pourrait donc être bénéfique d'obtenir ces informations avant d'envisager un traitement par thrombectomie mécanique.

## **1.4 Caractéristiques scanographiques du thrombus**

### **1.4.1 Densité spontanée**

La densité du thrombus au scanner dépendrait de sa composition (9). Il est spontanément hyperdense s'il est riche en érythrocytes (figure 6) et isodense lorsqu'il est principalement composé de fibrine.

Un caillot de faible densité Hounsfield sur le scanner initial serait associé à un taux de réussite plus faible de revascularisation par fibrinolyse IV et/ou par thrombectomie mécanique (10–12). Inversement, un thrombus spontanément hyperdense pourrait être associé à un meilleur succès de la thrombectomie mécanique (13).



*Figure 6 Hyperdensité spontanée de la portion M1 de l'artère sylvienne droite*

#### **1.4.2 Longueur**

Actuellement dans la littérature, la longueur et la localisation du thrombus lors d'une occlusion des gros vaisseaux au niveau de la circulation cérébrale antérieure sont évaluées par le Clot Burden Score (CBS) (figure 7).

Un CBS élevé est statistiquement associé à une meilleure évolution clinique, une amélioration des signes radiologiques, un meilleur succès de la fibrinolyse IV (14-16) ainsi qu'une incidence plus faible des complications hémorragiques après traitement endovasculaire (17).

Néanmoins, même s'il existe une tendance statistique non significative dans certaines études, il n'y a pas de lien direct établi entre la valeur du CBS et le résultat de la thrombectomie mécanique.

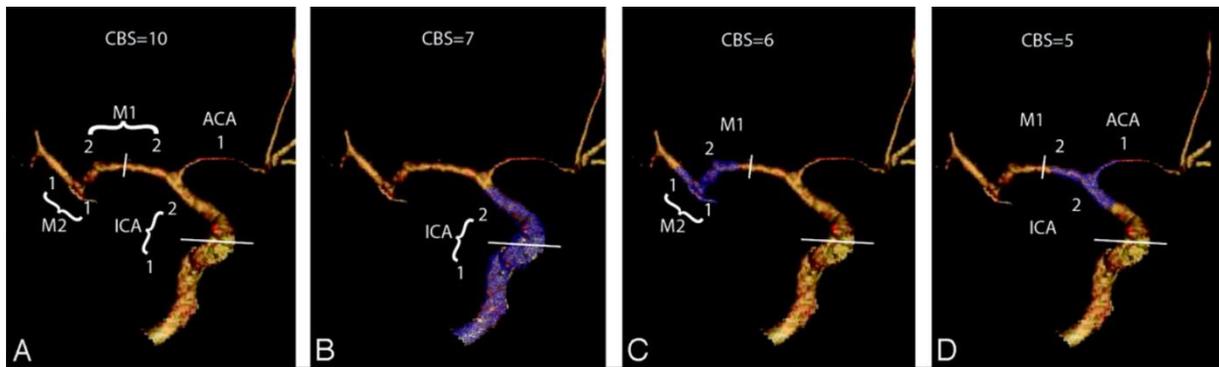


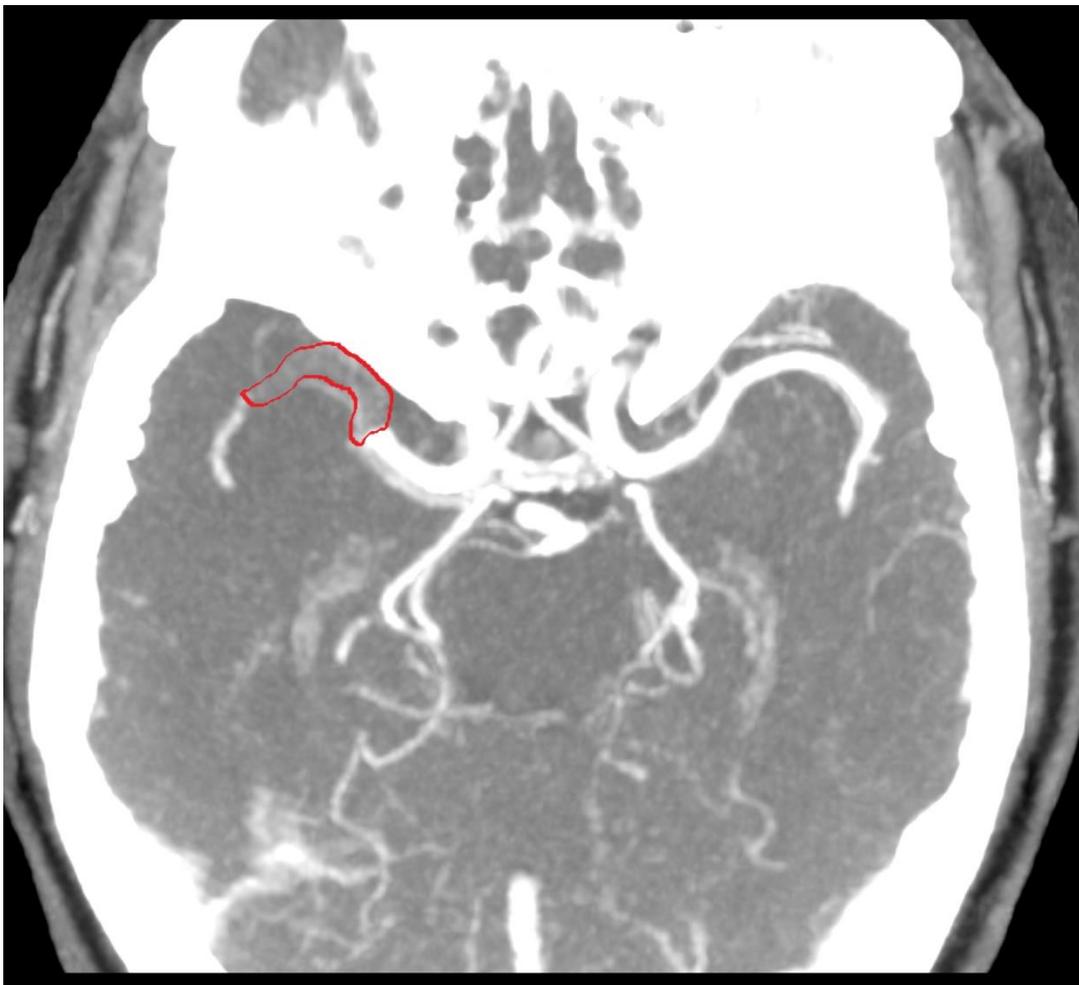
Figure 7 Clot Burden Score en 10 points - le thrombus est matérialisé en violet

### 1.4.3 Perméabilité et rehaussement du thrombus

Le thrombus est communément représenté comme un bouchon de liège obstruant complètement la lumière des vaisseaux. Néanmoins, dans les études précliniques, la perméabilité du thrombus perpétuant un flux sanguin résiduel est bien connue (18). Cette porosité pourrait modifier ses propriétés mécaniques et donc influencer sur le succès du traitement endovasculaire. La prise de contraste du thrombus sur les séquences d'angioscanner cérébral suggère une perméabilité de celui-ci (figure 8) et serait associée à une meilleure évolution fonctionnelle, un volume de nécrose cérébrale plus faible et un succès de recanalisation par voie IV et endovasculaire plus élevé (19-21).

La perméabilité du thrombus pourrait même prédire sa composition histologique et ainsi suggérer le mécanisme et l'étiologie en cause dans la survenue de l'AVC ischémique (22).

Ainsi, la recherche et l'identification de facteurs pronostics pour le succès de la recanalisation par thrombectomie mécanique dans les AVC ischémiques s'inscrit dans l'objectif de toujours mieux comprendre les situations cliniques justifiant ce traitement et de permettre une amélioration globale des prises en charge en urgence, notamment dans l'articulation des rapports entre les différents spécialités concernées (neurologie, neuroradiologie et neurochirurgie).



*Figure 8 Prise de contraste du thrombus au sein de la jonction M1-M2 de l'artère sylvienne droite*

## 1.5 Objectifs de l'étude

L'objectif principal de notre étude est d'étudier la relation entre les caractéristiques du thrombus au scanner dans la phase aiguë de l'AVC ischémique et le succès de la recanalisation par thrombectomie mécanique avec un stent retriever.

Les objectifs secondaires sont l'évaluation des autres facteurs prédictifs de revascularisation et d'évolution fonctionnelle à 3 mois (évaluée par le score de Rankin modifié).

Nous avons également étudié la corrélation entre les caractéristiques scanographiques du thrombus et les étiologies de l'AVC ischémique.

## 1.6 Bibliographie

1. HAS. Haute autorité de santé. Organisation de la prise en charge précoce de l'accident vasculaire cérébral ischémique aigu par thrombectomie mécanique. Juillet 2018
2. HAS. Haute autorité de santé. Thrombectomie des artères intracrâniennes par voie endovasculaire. Novembre 2016
3. Saver JL. Time is brain--quantified. *Stroke J Cereb Circ.* 2006 Jan;37(1):263–6.
4. Hacke W, Kaste M, Fieschi C, Toni D, Lesaffre E, von Kummer R, et al. Intravenous thrombolysis with recombinant tissue plasminogen activator for acute hemispheric stroke. The European Cooperative Acute Stroke Study (ECASS) *JAMA.* 1995;274:1017–1025.
5. Hacke W, Kaste M, Bluhmki E, Brozman M, Dávalos A, Guidetti D, et al. Thrombolysis with Alteplase 3 to 4.5 Hours after Acute Ischemic Stroke. *N Engl J Med.* 2008 Sep 25;359(13):1317–29.

6. Emberson J, Lees KR, Lyden P, Blackwell L, Albers G, Bluhmki E, et al. Effect of treatment delay, age, and stroke severity on the effects of intravenous thrombolysis with alteplase for acute ischaemic stroke: a meta-analysis of individual patient data from randomised trials. *Lancet*. 2014 Nov 29;384(9958):1929–35.
7. Bruce C V Campbell et al., Endovascular stent thrombectomy: the new standard of care for large vessel ischaemic stroke. *Lancet neurol*. 2015; 14 :846-54
8. Menon BK, Al-Ajlan FS, Najm M, et al. Association of Clinical, Imaging, and Thrombus Characteristics With Recanalization of Visible Intracranial Occlusion in Patients With Acute Ischemic Stroke. *JAMA*. 2018;320(10):1017–1026
9. Liebeskind DS, Sanossian N, Yong WH, Starkman S, Tsang MP, Moya AL, et al. CT and MRI early vessel signs reflect clot composition in acute stroke. *Stroke J Cereb Circ*. 2011 May;42(5):1237–43.
10. Riedel CH, Zimmermann P, Jensen-Kondering U, Stingele R, Deuschl G, Jansen O. The importance of size: successful recanalization by intravenous thrombolysis in acute anterior stroke depends on thrombus length. *Stroke J Cereb Circ*. 2011 Jun;42(6):1775–7.
11. Puig J, Pedraza S, Demchuk A, Daunis-I-Estadella J, Termes H, Blasco G, et al. Quantification of thrombus hounsfield units on noncontrast CT predicts stroke subtype and early recanalization after intravenous recombinant tissue plasminogen activator. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2012 Jan;33(1):90–6.
12. Moftakhar P, English JD, Cooke DL, Kim WT, Stout C, Smith WS, et al. Density of thrombus on admission CT predicts revascularization efficacy in large vessel occlusion acute ischemic stroke. *Stroke J Cereb Circ*. 2013 Jan;44(1):243–5.

13. Mokin M, Morr S, Natarajan SK, Lin N, Snyder KV, Hopkins LN, et al. Thrombus density predicts successful recanalization with Solitaire stent retriever thrombectomy in acute ischemic stroke. *J Neurointerventional Surg.* 2015 Feb;7(2):104–7.
14. Tan IY et al CT angiography clot burden score and collateral score: correlation with clinical and radiologic outcomes in acute middle cerebral artery infarct. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2009 Mar;30(3):525-31
15. Mokin M. Association of clot burden score with radiographic and clinical outcomes following Solitaire stent retriever thrombectomy: analysis of the SWIFT PRIME trial. *J Neurointerv Surg.* 2017 Oct;9(10):929-932.
16. Treuniet K. et al Clot Burden Score on Baseline Computerized Tomographic Angiography and Intra-Arterial Treatment Effect in Acute Ischemic Stroke. *Stroke.* 2016;47:2972-2978
17. Yogendrakumar V. et al Clot Burden Score and Early Ischemia Predict Intracranial Hemorrhage following Endovascular Therapy. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2019 Mar 14.
18. 1. Voronov RS, Timothy JS, Brass LF, Diamond SL. Simulation of intrathrombus fluid and solute transport using in vivo clot structures with single platelet resolution. *NIH Public Access.* 2012;29:997–1003.
19. Santos E. et al Thrombus Permeability Is Associated With Improved Functional Outcome and Recanalization in Patients With Ischemic Stroke. *Stroke.* 2016;47:732-741.
20. Chen Z. et al Thrombus Permeability on Dynamic CTA Predicts Good Outcome after Reperfusion Therapy. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2018 Oct;39(10):1854-1859.

21. Santos EM. et al.; DUST Investigators. Permeable thrombi are associated with higher intravenous recombinant tissue-type plasminogen activator treatment success in patients with acute ischemic stroke. *Stroke*. 2016 Aug;47(8):2058-65.

22. Berndt M. et al Thrombus Permeability in Admission Computed Tomographic Imaging Indicates Stroke Pathogenesis Based on Thrombus Histology. *Stroke*. 2018 Nov;49(11):2674-2682.

## 2 ARTICLE

### RESUME

#### Objectifs

Plusieurs études récentes montrent la corrélation, au cours des AVC ischémiques aigus, entre les caractéristiques du thrombus au scanner et leur composition. Cette composition influe sur les propriétés physiques des thrombi et peut modifier la probabilité de revascularisation. Nous avons étudié les caractéristiques scanographiques du thrombus au scanner pour la prédiction du succès de recanalisation par thrombectomie mécanique.

#### Matériels et méthodes

Etude rétrospective monocentrique au CHU de Clermont-Ferrand, incluant 182 patients ayant présenté un AVC ischémique aigu avec occlusion carotidienne/sylvienne, diagnostiqué par angioscanner et traité par thrombectomie mécanique. Les caractéristiques recueillies, obtenues par la moyenne de 3 ROI millimétriques, étaient : densité spontanée, prise de contraste  $\Delta$  (densité sur l'angioscanner - densité spontanée) et porosité  $\varepsilon$  ( $\Delta$  thrombus /  $\Delta$  de l'artère controlatérale). La localisation et la taille du thrombus étaient évaluées par le Clot Burden score (CBS). Le succès de la thrombectomie était évalué par le score artériographique TIC1. L'analyse principale comparait les caractéristiques des thrombi dans les groupes succès et échec de recanalisation. L'analyse secondaire évaluait les autres facteurs prédictifs de succès et l'évaluation fonctionnelle à 3 mois (Score de Rankin modifié) dans les 2 groupes.

## Résultats

L'hyperdensité spontanée du thrombus ( $52.8 \pm 7.8$  vs  $48.7 \pm 6.9$ ,  $p=0.002$ ), le  $\Delta$  ( $26.3 \pm 11.6$  vs  $14.7 \pm 13.12$ ,  $p<0.001$ ), et  $\varepsilon$  ( $9.2 \pm 4.4$  vs  $5.4 \pm 5.4$ ,  $p<0.001$ ) ressortaient comme des facteurs prédictifs du succès de la thrombectomie mécanique. Ces caractéristiques étaient également associées à une diminution de la durée de la procédure et du nombre de passages du stent. La perméabilité du thrombus et le CBS étaient également associés à une meilleure évolution clinique à 3 mois.

## Conclusion

La densité spontanée et la perméabilité du thrombus apparaissent comme des facteurs prédictifs du succès de recanalisation, avec des procédures plus simples et plus courtes.

**Mots clés : AVC ischémique, thrombectomie, perméabilité du thrombus, angioscanner.**

## INTRODUCTION

Il a été démontré que les caractéristiques physiques du thrombus affectaient l'efficacité du traitement et l'évolution clinique chez des patients souffrant d'un AVC ischémique aigu (1).

Certaines de ces caractéristiques sont détectables et analysables à l'aide de la tomodensitométrie. Le thrombus serait spontanément hyperdense s'il est riche en érythrocytes et isodense lorsqu'il est principalement composé de fibrine et de débris plaquettaires (2).

Un thrombus de faible densité est plus résistant à la fibrinolyse IV et est associé à des taux de recanalisation artérielle par thrombectomie mécanique plus faibles (3-4).

La longueur du thrombus et sa localisation sont aujourd'hui communément évaluées par le Clot Burden Score. Un CBS élevé est associé à une meilleure évolution clinique et un meilleur succès de la fibrinolyse IV (5-6).

L'obstruction incomplète de la lumière artérielle perpétuant un flux sanguin résiduel est bien connue dans les études précliniques (7). La prise de contraste du thrombus sur les séquences d'angioscanner cérébral suggère une perméabilité de celui-ci et serait associée à une meilleure évolution fonctionnelle, un volume de nécrose cérébrale plus faible et un succès de recanalisation par voie IV plus important (8).

Le stent Retriever a été largement reconnu comme le dispositif le plus efficace dans le traitement endovasculaire des AVC ischémiques antérieurs dans le cadre d'une occlusion des vaisseaux proximaux (9-12).

L'objectif principal de notre étude est d'évaluer l'influence des caractéristiques scanographiques du thrombus sur la recanalisation par thrombectomie mécanique, chez des patients souffrant d'un AVC ischémique aigu antérieur et traités par stent Retriever.

## MATERIELS ET METHODES

### **Etude**

Il s'agit d'une étude observationnelle rétrospective monocentrique basée au CHU Gabriel Montpied de Clermont Ferrand durant la période juillet 2010 à juillet 2017.

### **Population**

Nous avons inclus les patients ayant été traités par thrombectomie mécanique avec un stent Retriever et ayant bénéficié au préalable d'un angioscanner cérébral.

Les critères d'exclusion étaient : un AVC ischémique par occlusion du tronc basilaire, une IRM initiale seule pour le diagnostic et l'injection préalable d'iode dans les 48 dernières heures, pouvant interférer dans les mesures de densité.

### **Protocole d'imagerie**

Tous les patients ont bénéficié d'un scanner multimodal, réalisé sur scanner General Electric Discovery CT 750 HD (GE Healthcare, Milwaukee, WI) 64 barrettes. Le protocole débutait par la réalisation d'un scanner en contraste spontané, puis d'un scanner de perfusion et d'une exploration des troncs supra-aortiques et du polygone de Willis.

L'hélice en contraste spontané était réalisée avec des paramètres d'acquisition de 120 kV et 250 mA et des coupes de 2,5 mm d'épaisseur avec un intervalle de 1,25 mm. Le volume d'acquisition se faisait de la base du crâne au vertex.

Pour l'angioscanner des vaisseaux du cou, les paramètres d'acquisition étaient de 120 kV et 600 mA avec des coupes de 0,625 mm d'épaisseur tous les 0,6 mm. L'hélice était acquise en Smart Prep de la crosse aortique jusqu'au vertex après injection de 50 ml de produit de contraste

iodé à un débit de 3 ml/sec, pulsé par 30 ml de sérum physiologique, à l'aide d'un pousse-seringue automatique.

Pour le scanner de perfusion, il s'agissait d'acquisitions hélicoïdales (80kV 200mA) répétées (recouvrant l'ensemble de l'étage sus-tentorial), étendues sur 120 mm de hauteur (soit 24 coupes de 5 mm) et débutant 5 secondes après l'injection de 40 ml de produit de contraste à 4 ml/s.

Le post traitement des images était réalisé sur une console Advantage Windows 4.6 avec le logiciel CT Perfusion.

Le territoire en souffrance ischémique comprenait tous les voxels ayant un temps de transit moyen (TTM, secondes) allongé, supérieur à 6 secondes.

Le territoire infarcté comprenait tous les voxels présentant un volume sanguin cérébral (VSC ml/100mg) diminué, inférieur à 2ml/100mg au sein du territoire en souffrance ischémique.

Pour être éligible à un traitement par thrombectomie mécanique, les patients devaient présenter un volume de territoire infarcté inférieur à 70 ml et un ratio volume du territoire en souffrance ischémique sur volume du territoire infarcté supérieur à 1,8 (9, 10, 13).

### **Traitement endovasculaire**

Toutes les thrombectomies ont été réalisées par des neuroradiologues expérimentés, à l'aide de stent Retriever sur une table d'angiographie équipée d'un système biplan (Avantix DLX, GE Healthcare, MI).

Le thrombus était premièrement franchi à l'aide d'un microcathéter qui était positionné en distalité. Le stent auto-expansible était ensuite déployé, maintenu en place puis retiré, après

occlusion préalable de l'artère carotide interne et aspiration éventuelle en son sein, afin de minimiser le risque embolique. Un maximum de 6 passages était réalisé.

Un scanner cérébral sans injection de produit de contraste était systématiquement réalisé à 24 heures du geste.

## **Collecte des données**

### *Données cliniques*

- Age, sexe, antécédent d'AVC ou d'accident ischémique transitoire (AIT), étiologie de l'AVC, NIHSS d'entrée, délai symptômes-scanner, délais symptômes-début et fin de la thrombectomie, traitement par fibrinolyse IV associé

Le score de Rankin modifié (mRs) à 3 mois était recueilli au cours d'une consultation ou d'un entretien téléphonique.

### *Données radiologiques*

- Évaluation du CBS pour déterminer la localisation et la taille du thrombus
- Mesure de la densité spontanée du thrombus comme décrite et réalisée par Santos et al. (14) : positionnement manuel de 3 ROI (Region of interest) circulaires ou ovalaires d'un rayon de 1 mm au sein du thrombus sur le scanner sans injection, la valeur finale retenue était la valeur de la moyenne des 3 ROI mesurées  $(ROI1 + ROI2 + ROI3)/3$

Nous avons également relevé avec la même méthode la densité spontanée au sein de l'artère controlatérale, puis sur les images de l'angioscanner cérébral et des vaisseaux du cou la densité du thrombus et de l'artère controlatérale.

Avec ces données, il a été calculé selon la méthode proposée par Santos et al. (15) :

- la prise de contraste du thrombus  $\Delta = \text{densité du thrombus sur l'angioscanner} - \text{densité spontanée du thrombus}$
- la perméabilité du thrombus ou thrombus void fraction  $\varepsilon = \Delta \text{ thrombus} / \Delta \text{ artère controlatérale}$

Le recueil des données scanographiques du thrombus a été réalisé en simple lecture, en aveugle des données cliniques et du résultat de la thrombectomie.

- Durée de thrombectomie.
- Nombre de passages du stent Retriever
- Score TIC1 en fin de procédure, afin d'évaluer la recanalisation artérielle : le succès était défini pour un score TIC1 2b ou 3

### **Analyse Statistique**

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel Stata (version 13 ; StataCorp, College Station, Texas, USA) en considérant un risque d'erreur de première espèce bilatéral de 5%.

Une différence a été considérée comme statistiquement significative quand le degré de signification (p) était inférieur à 0.05 (risque  $\alpha = 5 \%$ ).

La population était décrite par des effectifs et pourcentages associés pour les variables catégorielles et par la moyenne ( $\pm$  écart-type associé) ou la médiane (et intervalle interquartile) pour les variables quantitatives, au regard de leur distribution statistique (normalité étudiée par le test de Shapiro-Wilk).

Les comparaisons entre groupes indépendants ont été réalisées par le test t de Student ou le test de Mann-Whitney si conditions du t-test non respectées (normalité, homoscedasticité étudiée par le test de Fisher-Snedecor).

Les comparaisons entre groupes indépendants concernant des paramètres qualitatifs ont été réalisées par le test du Chi2 ou le cas échéant par le test exact de Fisher.

L'analyse multivariée visant à déterminer les facteurs prédictifs de la recanalisation artérielle (TICI, variable dépendante dichotomique) a été conduite par modèles de régression logistique en considérant les covariables déterminées au regard des résultats d'analyse univariée et de la pertinence clinique de ces dernières.

Pour déterminer des valeurs seuils de densité spontanée, de prise de contraste et de perméabilité du thrombus, prédictives du succès de recanalisation, une analyse par courbe ROC a été proposée avec présentation de l'aire sous la courbe et intervalle de confiance à 95% associé. L'étude du seuil discriminant a été réalisée par calcul de différents indices: indice de Youden, indice de Liu et efficacité. Les valeurs intrinsèques diagnostiques du seuil retenu (sensibilité, spécificité) sont également présentées.

Les relations entre le nombre de passages et les caractéristiques scanographiques, ainsi qu'entre la durée du geste et ces caractéristiques ont été analysées à l'aide du coefficient de corrélation de Pearson (ou Spearman si données non normalement distribuées).

# RESULTATS

## Population

246 patients ayant présenté un AVC ischémique aigu au CHU de Clermont-Ferrand entre juillet 2010 et juillet 2017 ont bénéficié d'une thrombectomie avec un stent Retriever solitaire.

Parmi eux :

22 présentaient un AVC du tronc basilaire

17 ont eu une IRM seule

18 présentaient des données manquantes

7 avaient une sténose artérielle

Au total, 182 patients ont été inclus.

L'âge moyen était de : 71.5 ans  $\pm$  14.7 dont 103 femmes (56,6%) et 79 hommes (43,4%).

Le NIHSS d'entrée était de : 17  $\pm$  6.

Le taux de succès de la recanalisation artérielle par thrombectomie mécanique a été de 74,1 %, soit 135 succès, contre 47 échecs de traitement.

Les étiologies des AVC étaient :

- cardio-embolique : 104 (61.9%)
- athérosclérose : 37 (22%)
- autres : 27 (16,1%). Cette catégorie comprenait principalement : foramen ovale perméable, autres coagulopathies acquises, et aucune cause retrouvée.

63 patients (37.9%) ont eu une évolution favorable à 3 mois ( $mRs \leq 2$ ) et 105 (62.1%) une évolution défavorable à 3 mois ( $mRs > 2$ ).

## Délai

Le délai moyen entre les premiers symptômes de l'AVC et le scanner initial était de 147 min ( $\pm$  120) et le délai entre les symptômes initiaux et la fin de la thrombectomie de 315 min ( $\pm$  123).

## Étude des facteurs prédictifs cliniques et radiologiques de recanalisation

	Total	Echec (TICI 0-1-2a)	Succès (TICI 2b-3)	p-value
<b>Données cliniques et démographiques</b>	182	47	135	
Age années $\pm$ sd	71.5 $\pm$ 14.7	70.4 $\pm$ 16.4	71.96 $\pm$ 14	0.549
Genre féminin n(%)	103 (56.6%)	28 (59.6)	75 (55.6)	0.805
NIHSS initial mean $\pm$ sd	17 $\pm$ 6	18.1 $\pm$ 5.9	16.6 $\pm$ 6	0.171
Fibrinolyse IV n(%)	84 (48,6)	15 (33.3)	65 (52.4)	<b>0.012</b>
<b>Facteurs de risques cérébro-vasculaires</b>				
Fibrillation atriale n(%)	95 (56.2)	19 (43.2)	76 (60.8)	0.052
Diabète n (%)	35 (20.8)	8 (18.2)	27 (21.8)	0.614
HTA n (%)	124 (72.9)	35 (77.8)	89 (71.2)	0.394
Tabac n (%)	33 (19.5)	11 (24.4)	22(17.7)	0.331
Antécédent personnel d'AVC/AIT n (%)	35 (20.7)	9 (20)	26 (21)	0.891
Dyslipidémie n (%)	73 (42.9)	19 (42.2)	54 (43.2)	0.910
<b>Etiologie</b>				
Cardio-embolique n (%)	104 (61.5)	24 (53.3)	80 (64.5)	0.187
Athérosclérose n(%)	37 (22)	12 (26.7)	25 (20.3)	0.380
Autre n(%)	27 (16.1)	9 (20)	18 (14.6)	0.402

<b>Caractéristiques du thrombus</b>				
Densité spontanée (UH) mean ± sd	51.7 ± 7.6	48.7 ± 7	52.8 ± 7.6	<b>0.002</b>
Prise de contraste Δ (UH) mean ± sd	23.3 ± 13	14.7 ± 13.2	26.3 ± 11.6	<b>&lt;0.001</b>
Thrombus void fraction ε (%) mean ± sd	8.3 ± 5	5.4 ± 5.5	9.3 ± 4.4	<b>&lt;0.001</b>
Clot Burden Score (n) mean ± sd	6.2 ± 2.2	5.6 ± 2.5	6.4 ± 2	0.141
<b>Délai de prise en charge</b>				
Symptômes-scanner (min) mean ± sd	153,1 ± 119,4	137,9 ± 63,6	158,3 ± 133	0,876
Symptômes-début de recanalisation (min) mean ± sd	233,8 ± 120,6	228,3 ± 82,4	235,8 ± 131,5	0,643
Symptômes-fin de recanalisation (min) mean ± sd	319,9 ± 121,6	335,7 ± 72,6	314,5 ± 134,1	<b>0,029</b>
Durée thrombectomie (min) mean ± sd	83,3 ± 43,5	102,4 ± 47,5	76,7 ± 42,8	<b>&lt;0,001</b>
Nombre de passages stent (n) mean ± sd	1,8 ± 1,1	2,1 ± 1,2	1,6 ± 0,9	<b>0,001</b>
<b>mRs n (%)</b>				
Evolution favorable (0-1- 2)	37,9	22,2	41,8	<b>0.002</b>
Evolution défavorable (3- 4-5-6)	62,1	78,8	58,2	<b>0.002</b>

*Tableau I Description des caractéristiques cliniques et radiologiques selon la recanalisation artérielle*

Les 2 groupes n'avaient pas de différence significative en termes de caractéristiques démographiques, de facteurs de risques cérébro-vasculaires, du NIHSS d'entrée et des étiologies des AVC.

Il n'a pas été mis en évidence de différence statistiquement significative concernant le délai entre le début des symptômes et le début de la thrombectomie entre le groupe « succès de recanalisation » : 235,8 min  $\pm$  131,5 et le groupe « échec de recanalisation » : 228,3 min  $\pm$  82,4 (p = 0.643).

## Caractéristiques scanographiques du thrombus

### *Densité spontanée*

La moyenne de densité spontanée du thrombus était significativement plus élevée dans le groupe « succès de recanalisation » :  $52,8 \pm 7,6$  contre  $48,7 \pm 7$  dans le groupe « échec de recanalisation » ( $p=0,002$ ).

L'analyse de la courbe ROC pour la densité absolue du thrombus retient un seuil de 55,33UH au-delà duquel la probabilité de succès de recanalisation était importante avec une sensibilité de 42,4% et une spécificité de 84,8%. L'aire sous la courbe est de 0,66 ; IC 95 % [0,57-0,75] (figure 9).

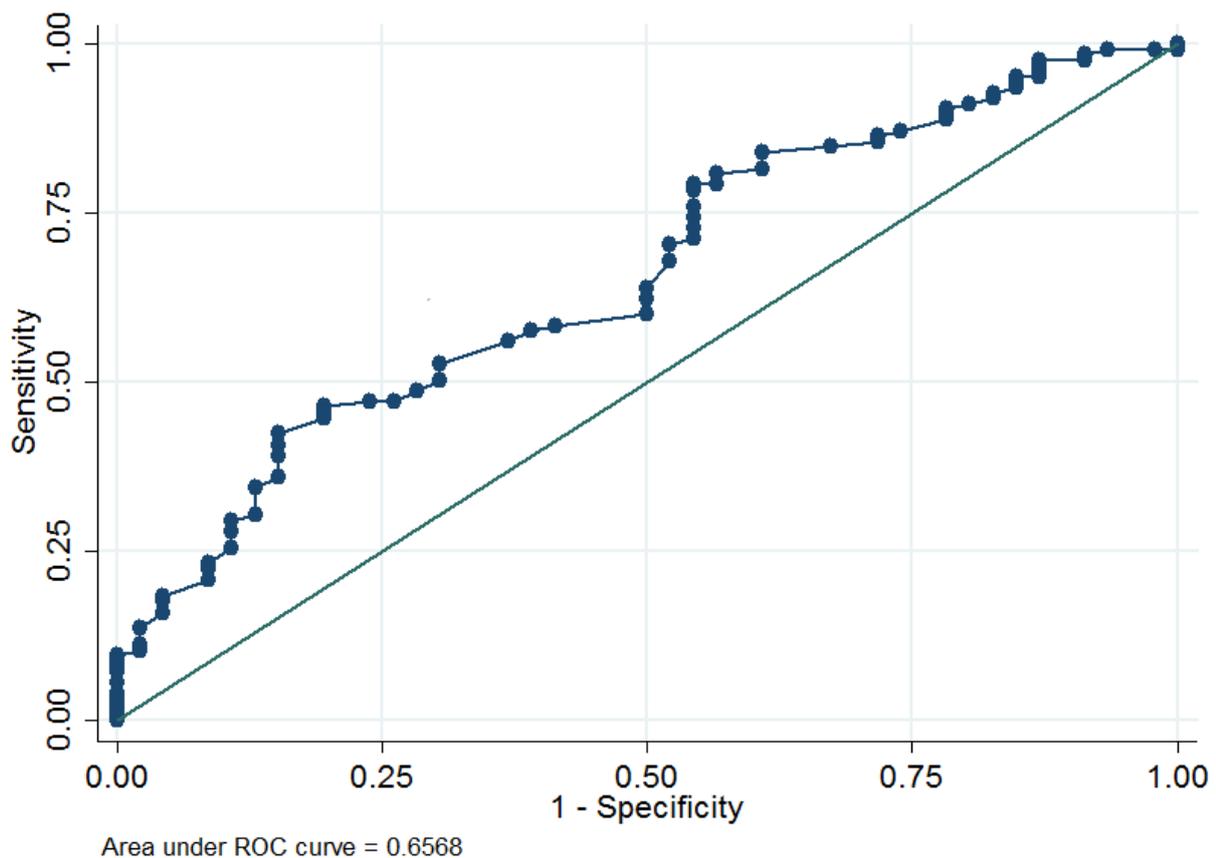
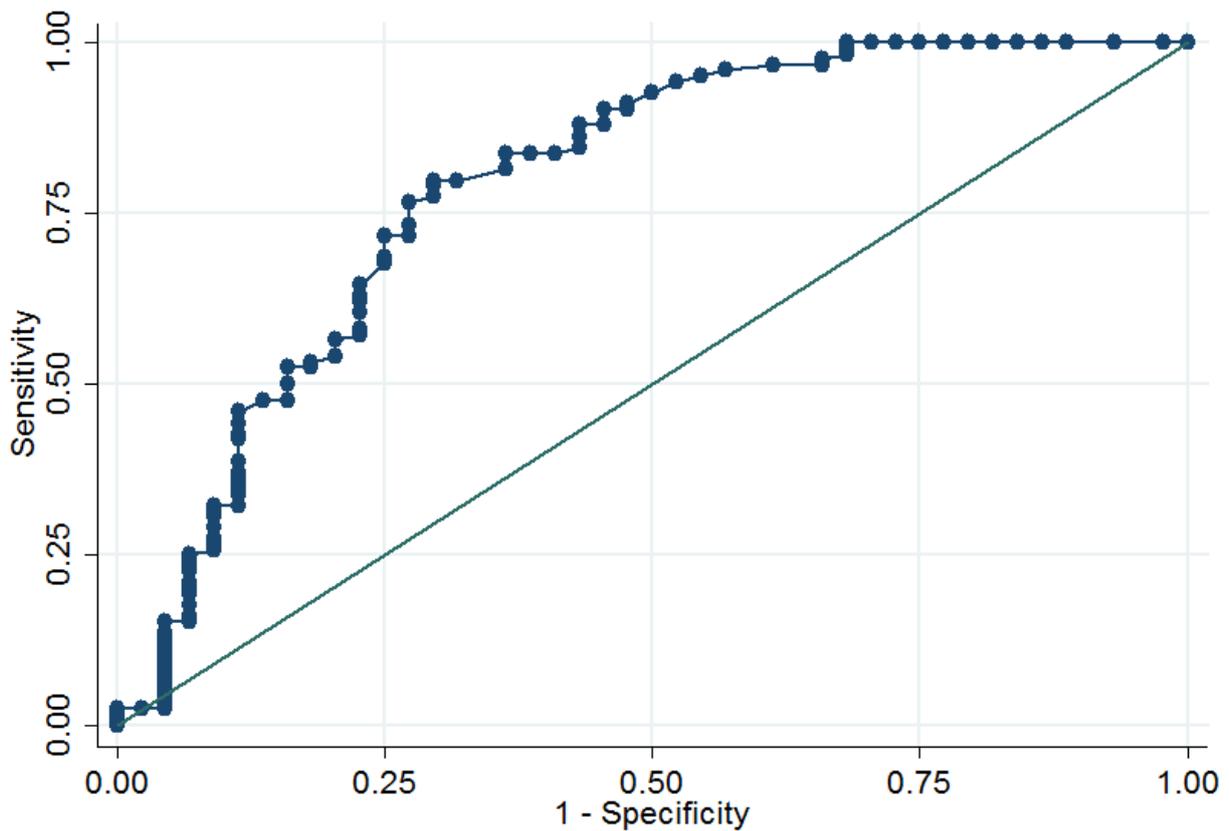


Figure 9 Courbe ROC de la densité spontanée moyenne du thrombus selon la recanalisation artérielle

*Prise de contraste du thrombus  $\Delta$*

La moyenne de  $\Delta$  était significativement plus élevée dans le groupe « succès de recanalisation » :  $26.3 \pm 11.6$  contre  $14.7 \pm 13.2$  dans le groupe « échec de recanalisation » ( $p < 0,001$ ).

L'analyse de la courbe ROC pour  $\Delta$  retient un seuil de 16,33UH au-delà duquel la probabilité de succès de recanalisation était importante avec une sensibilité de 79,8% et une spécificité de 70,5%. L'aire sous la courbe est de 0,79 ; IC 95 % [0,70-0,88] (figure 10).



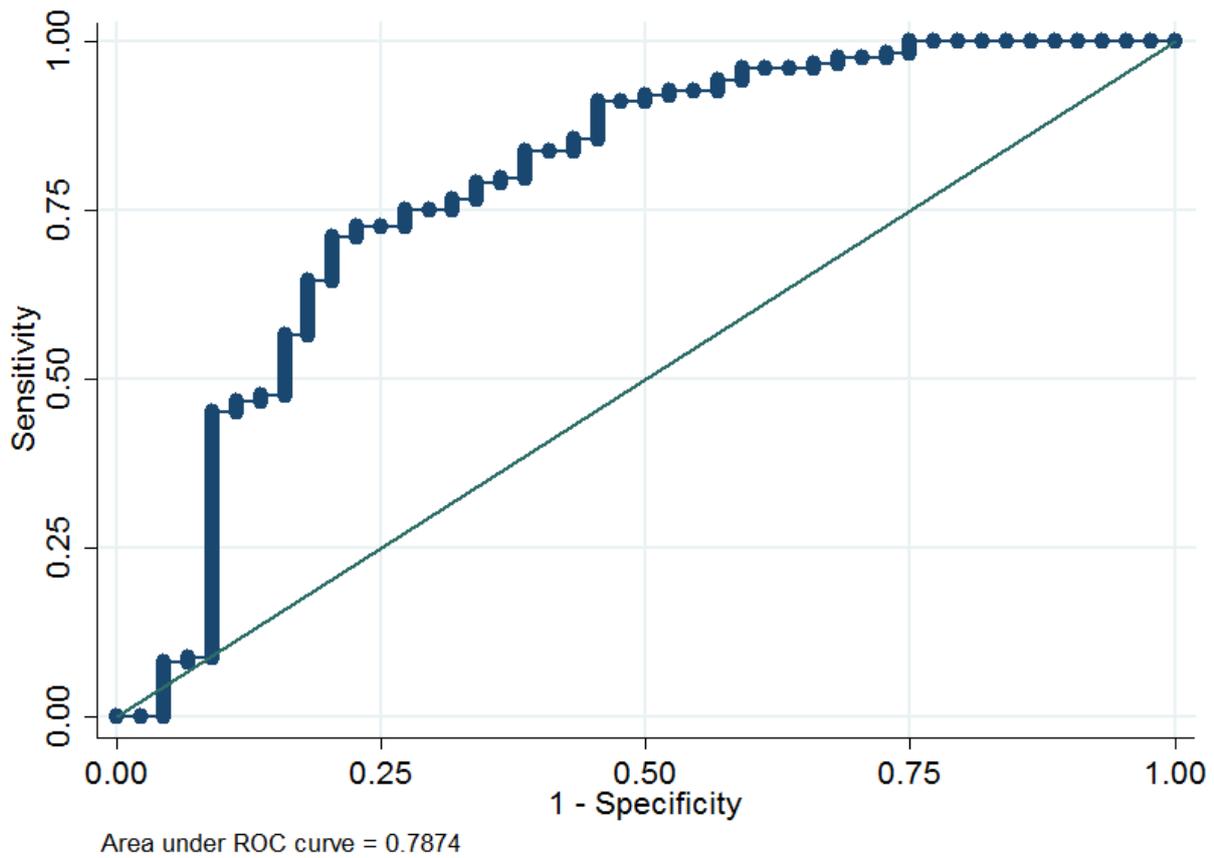
*Figure 10 Courbe ROC de  $\Delta$  selon la recanalisation artérielle*

*Thrombus void fraction  $\varepsilon$*

$\varepsilon$  était significativement plus élevé dans le groupe « succès de recanalisation » :  $9.3 \pm 4.4$  contre  $5.4 \pm 5.5$  dans le groupe « échec de recanalisation » ( $p < 0,001$ ).

L'analyse de la courbe ROC pour  $\varepsilon$  retient un seuil de 6,59 % au-delà duquel la probabilité de succès de recanalisation était importante avec une sensibilité de 71% et une spécificité de 80%.

L'aire sous la courbe est de 0,79 ; IC 95 % [0,70-0,88] (figure 11).



*Figure 11 Courbe ROC de  $\varepsilon$  selon la recanalisation artérielle*

### *Clot Burden Score*

Il n'existait pas de différence statistiquement significative entre le groupe « succès de recanalisation » :  $6.4 \pm 2$  et le groupe « échec de recanalisation »  $5.6 \pm 2.5$  ( $p=0,141$ ) pour la valeur du CBS.

### **Autres facteurs prédictifs**

#### *Fibrinolyse IV*

Le nombre de patients ayant bénéficié d'une fibrinolyse IV avant le traitement par thrombectomie mécanique était significativement plus élevé dans le groupe « succès de recanalisation » : 65 (soit 52.4%) contre 15 (soit 33.3%) ( $p=0,012$ ).

#### *Nombre de passages du stent*

Le nombre de passages du stent Retriever au cours du geste de thrombectomie mécanique était significativement plus faible dans le groupe « succès de recanalisation » :  $1,6 \pm 0,9$  contre  $2,1 \pm 1,2$  dans le groupe « échec de recanalisation » ( $p=0,001$ ).

#### *Durée du geste*

La durée du geste de thrombectomie mécanique était significativement plus faible dans le groupe « succès de recanalisation » :  $76,7 \pm 42,8$  contre  $102,4 \pm 47,5$  dans le groupe « échec de recanalisation » ( $p<0,001$ ).

### *Evolution clinique*

Le groupe « succès de recanalisation » présentait un taux d'évolution favorable à 3 mois (mRs < 3) : 41.8% (n=56) significativement supérieur (p=0.002) comparativement au groupe « échec de recanalisation » : 21.2% (n=10).

## Analyse multivariée

L'analyse multivariée visant à déterminer les facteurs prédictifs de la recanalisation artérielle (TICI, variable dépendante) a été conduite par modèles de régression logistique en considérant les covariables suivantes déterminées au regard des résultats d'analyse univariée et de leur pertinence clinique : densité absolue du thrombus, prise de contraste du thrombus  $\Delta$ , thrombus void fraction  $\epsilon$ , Clot Burden Score, âge, arythmie, durée de la thrombectomie, fibrinolyse IV, nombre de passages du stent Retriever.

	OR	Intervalle de confiance à 95 %	p-value
Arythmie	2,671	[0,913 - 7,813]	0,073
Age	1,024	[0,884 - 1,065]	0,249
Fibrinolyse IV	1,415	[0,542 - 3,694]	0,478
NIHSS à l'entrée	0,972	[0,895 - 1,056]	0,500
Délai symptômes-fin recanalisation	0,999	[0,996 - 1,003]	0,711
Densité spontanée	1,168	[1,079 - 1,263]	<b>&lt;0,001</b>
CBS	1,301	[1,042 - 1,642]	<b>0,020</b>
Thrombus void fraction $\epsilon$	1,309	[1,152 - 1,488]	<b>&lt;0,001</b>
Durée thrombectomie	0,989	[0,976 - 1,002]	0,087
Nombre de passages du stent	1,205	[0,735 - 1,974]	0,460

*Tableau II Analyse multivariée concernant le succès de recanalisation par thrombectomie mécanique*

In fine, seules les caractéristiques scanographiques du thrombus : densité spontanée ( $p < 0,001$ ), thrombus void fraction  $\varepsilon$  ( $p < 0,001$ ) et Clot Burden Score ( $p = 0,020$ ) étaient prédictives du succès de recanalisation.

### Analyse des caractéristiques du thrombus en fonction du nombre de passages du stent

Pour l'analyse statistique, la population a été répartie en 3 groupes :

Groupe 1 : nombre de passages du stent = 1

Groupe 2 : nombre de passages du stent = 2

Groupe 3 : nombre de passages du stent  $> 2$  (entre 3 et 6)

	Nombre de passages : 0-1 N = 75	Nombre de passages : 2 N = 58	Nombre de passages $> 2$ N = 30	P-value
Densité spontanée (UH) mean $\pm$ sd	53,4 $\pm$ 8,3	51,4 $\pm$ 7,1	49,2 $\pm$ 7,1	<b>0,008</b>
$\Delta$ (UH) mean $\pm$ sd	25,7 $\pm$ 13	23,2 $\pm$ 13,3	16,9 $\pm$ 10,6	<b>0,007</b>
$\varepsilon$ (%) mean $\pm$ sd	8,9 $\pm$ 4,8	8,7 $\pm$ 5,5	5,9 $\pm$ 3,9	<b>0,016</b>
CBS (n) mean $\pm$ sd	6,4 $\pm$ 2,1	6 $\pm$ 2,1	5,8 $\pm$ 2,6	0,362

*Tableau III Analyse des caractéristiques du thrombus en fonction du nombre de passages du stent Retriever au cours de la thrombectomie*

Plus la densité spontanée ( $p=0,008$ ),  $\Delta$  ( $p=0,007$ ) et  $\varepsilon$  ( $p = 0,016$ ) étaient élevés et plus le nombre de passages du stent au cours du geste était faible.

En revanche, il n'a pas été retrouvé de corrélation statistiquement significative ( $p=0.362$ ) entre le CBS et le nombre de passages du stent.

## **Analyse des caractéristiques du thrombus en fonction de la durée de la thrombectomie**

### *Densité spontanée*

La corrélation de Spearman entre la densité spontanée du thrombus et la durée de la procédure de thrombectomie était de -0,1545 ( $p=0,044$ ), ainsi la relation entre ces variables était négative, ce qui indique que lorsque la densité augmentait, la durée diminuait.

### *Prise de contraste*

La corrélation de Spearman entre  $\Delta$  et la durée de la procédure de thrombectomie était de -0,1380 ( $p=0,075$ ), ainsi la relation entre ces variables était négative, ce qui indique que lorsque  $\Delta$  augmentait, la durée diminuait mais cette relation n'était pas significative.

### *Thrombus void fraction*

La corrélation de Spearman entre  $\varepsilon$  et la durée de la procédure de thrombectomie était de -0,1714 ( $p=0,026$ ), ainsi la relation entre ces variables était négative, ce qui indique que lorsque  $\varepsilon$  augmentait, la durée diminuait.

### *CBS*

La corrélation de Spearman entre le CBS et la durée de la procédure de thrombectomie était de -0,0699 ( $p=0,371$ ), ainsi la relation entre ces variables était négative, ce qui indique que lorsque le CBS augmentait, la durée diminuait. Cette association n'était pas significative.

**Analyse des caractéristiques du thrombus en fonction de l'évolution clinique (score de Rankin modifié à 3 mois)**

	mRs ≤ 2	mRs > 2	P value
Densité spontanée (UH) mean ± sd	52,3 ± 6,9	51,6 ± 8,1	0,619
Δ (UH) mean ± sd	26,2 ± 12,3	21,4 ± 13,1	<b>0,019</b>
ε (%) mean ± sd	9,7 ± 4,9	7,4 ± 4,9	<b>0,003</b>
CBS (n) mean ± sd	6,6 ± 1,7	5,9 ± 2,4	<b>0,033</b>

*Tableau IV Comparaison des caractéristiques du thrombus en fonction de l'évolution clinique à 3 mois*

Δ (p=0.019), ε (p=0.003) et le CBS (p=0.033) étaient significativement plus élevés en cas d'évolution clinique favorable à 3 mois (mRs ≤ 2).

En revanche, il n'y avait pas de différence significative de la densité spontanée du thrombus (p=0.619) en fonction de l'évolution clinique à 3 mois.

**Analyse des caractéristiques du thrombus en fonction de l'étiologie de l'AVC**

	Total	origine cardio- embolique	athérosclérose	autre	p-value
Densité spontanée (UH) mean±sd	51,9 ± 7,5	52,5 ± 7,2	52,8 ± 6,7	48,4 ± 9	<b>0,036</b>
Δ (UH) mean ±sd	23(±13)	23,6(±13,1)	20,7 ± 11,7	23,7 ± 14,1	0,503
ε (%) mean ± sd	8,2 ± 5	8 ± 4,7	7,9 ± 5	9,5 ± 5,8	0,338
CBS (n) mean ± sd	6,2 ± 2,2	6,5 ± 1,8	5 ± 2,5	6,2 ± 2,5	<b>0,006</b>

*Tableau V Comparaison des caractéristiques du thrombus en fonction de l'étiologie de l'AVC*

La densité spontanée était significativement plus élevée dans les groupes « origine cardio-embolique »  $52,5 \pm 7,2$  et « athérosclérose »  $52,8 \pm 6,7$  comparativement au groupe « autres étiologies »  $48,4 \pm 9$  ( $p=0,036$ ).

En revanche, il n'existait pas de différence statistiquement significative entre les différents groupes pour  $\Delta$  et  $\varepsilon$ .

Le CBS était significativement plus élevé dans les groupes « origine cardio-embolique » et « autres étiologies » que dans le groupe « athérosclérose » ( $p=0.006$ ).

# DISCUSSION

## **Succès et caractéristiques scanographiques du thrombus**

Au terme de notre travail, nous avons démontré que l'hyperdensité spontanée du thrombus ainsi que sa perméabilité (matérialisée par la prise de contraste du thrombus et le thrombus void fraction) étaient des facteurs prédictifs indépendants du succès de recanalisation par thrombectomie mécanique par stent Retriever.

### *Densité spontanée*

Ces résultats sont concordants avec les données de la littérature, puisque Moftahar et al (4) retrouvaient une meilleure efficacité de la thrombectomie mécanique avec les dispositifs Penumbra et Merci, Mokin et al (16) avec le stent Retriever Solitaire, en cas de thrombus présentant une densité spontanée élevée.

### *Perméabilité*

D'autres études récentes (15, 17) ont montré que la perméabilité du thrombus était un facteur prédictif indépendant du succès de recanalisation par thrombectomie mécanique, mais aussi lors des traitements par fibrinolyse IV (18).

Ces données sont confortées par des preuves récentes (19,20) montrant des taux de succès de recanalisation plus importants en cas de passage de produit de contraste en distalité de l'occlusion en angiographie.

Dans notre travail, les seuils optimaux pour classer un thrombus comme perméable sont une prise de contraste  $\Delta$  de 16,3 UH (sensibilité : 79,8% et spécificité : 70,5%) et un thrombus void

fraction  $\epsilon$  de 6,59 % (sensibilité : 71% et spécificité : 80%), contre respectivement 10,9 UH (64%-64%) et 6,5% (66%-62%) pour l'étude princeps de Santos et al. (15).

### *Clot Burden Score*

Pour le CBS, il existe une tendance statistique en faveur du groupe « succès de recanalisation », mais sans valeur significative. A notre connaissance, aucune étude n'est parvenue à démontrer que le CBS, qui permet d'estimer la longueur et la localisation du thrombus, serait un facteur prédictif du succès de recanalisation par thrombectomie mécanique (21,22).

En fonction de la valeur du CBS, il n'existe pas de différence statistique prouvée entre l'efficacité du traitement intra-artériel par thrombo-aspiration ou par stent Retriever (23). Le CBS reste néanmoins un indicateur pronostique fiable des résultats cliniques attendus.

### **Succès et autres facteurs prédictifs**

Dans notre étude, un traitement préalable par fibrinolyse IV est un facteur prédictif du succès de la thrombectomie. Cette donnée est aujourd'hui bien connue et largement documentée.

Par ailleurs, le succès du geste est corrélé à une durée plus courte de la procédure et un nombre inférieur de passages du stent Retriever, ce qui semble logique.

L'évolution clinique est meilleure dans le groupe « succès de recanalisation ».

Notre taux de recanalisation de 74 % apparaît comme satisfaisant au regard des données des études similaires dans la littérature (15-17, 21).

## **Caractéristiques du thrombus et autres facteurs prédictifs**

Dans ce travail, l'hyperdensité spontanée du thrombus et sa perméabilité sont associées à un nombre de passages moindre du stent Retriever au cours de la procédure, et dans une moindre mesure, à une durée inférieure du geste de thrombectomie mécanique. Elles pourraient donc être associées à un nombre inférieur de complications. Ces résultats semblent confirmer l'hypothèse selon laquelle la composition du thrombus modifierait ses propriétés mécaniques et aurait donc des implications importantes dans le traitement endovasculaire.

Par ailleurs, une perméabilité du thrombus et un CBS élevés sont également associés à une meilleure évolution clinique à 3 mois. Ces données sont confortées par d'autres études récentes de la littérature (6,15).

## **Caractéristiques scanographiques du thrombus et étiologies**

La densité spontanée des thrombi est significativement plus dense dans les groupes « cardio-embolique » et « athérosclérose » que dans le groupe « autres étiologies ».

Il n'y a pas de différence significative de prise de contraste du thrombus entre les différentes étiologies, ni de valeur du thrombus void fraction.

La méta-analyse de Brinjikji et al (24) ne retrouve pas de différence significative au niveau des densités spontanées des thrombi en fonction des étiologies.

Néanmoins, des études ultérieures affirment que les thrombi riches en érythrocytes (dont on sait qu'ils sont spontanément denses) seraient plutôt retrouvés dans les étiologies non cardio-emboliques (25), et inversement les thrombi plus riches en fibrine/dérivés plaquettaires et en leucocytes seraient d'origine cardio-embolique. Grâce à cette analyse, ils suggèrent également que la majorité des étiologies cryptogéniques seraient cardio-emboliques (26, 27).

L'étude de Berndt et al. (28) retrouve des compositions supérieures en fibrine et inférieures en globules rouges au sein des thrombi présentant une perméabilité élevée, en faveur d'une étiologie cardio-embolique.

Le CBS est significativement plus élevé dans les groupes « cardio-embolique » et « autres » que dans le groupe « athérosclérose ». A notre connaissance, aucune étude n'a démontré une différence significative de taille du thrombus en fonction de l'étiologie de l'AVC. Néanmoins, les études in vitro suggèrent que les thrombi riches en fibrine habituellement retrouvés dans les AVC d'origine cardio-embolique seraient plus friables (29), et pourraient donc être de longueur inférieure.

### **Limites de l'étude**

Il s'agit d'une étude menée sur un schéma rétrospectif, et incluant des patients issus d'un seul centre : le CHU de Clermont-Ferrand.

Dans cette étude, nous avons considéré comme homogènes la composition du thrombus et la répartition des différents composants au sein du thrombus, et avons mesuré sa densité par la moyenne de 3 ROI millimétriques. Cependant, il a été démontré que la composition au sein du thrombus peut varier (30) et donc modifier l'atténuation mesurée dans les différentes portions du thrombus. Des mesures comprenant l'ensemble du thrombus auraient donc également pu être effectuées.

Nous avons utilisé l'angioscanner cérébral au temps artériel pour mesurer la pénétration du produit de contraste au sein du thrombus, ce qui peut être considéré comme une image de la prise de contraste du thrombus à un seul moment donné.

Cette donnée peut bien sûr varier en fonction du type de protocole ou du type de machine utilisés.

En outre, un thrombus intracrânien modifie le flux hémodynamique au sein de la circulation artérielle. Ainsi, le produit de contraste peut ne pas avoir complètement pénétré le thrombus au moment de l'acquisition, ce qui peut entraîner une sous-estimation de la prise de contraste maximale du thrombus. Celle-ci pourrait également être modifiée en fonction de l'agent de contraste utilisé, ce qui n'a pas été étudié ici.

Pour plus de précisions, les mesures de l'augmentation de l'atténuation du thrombus pourraient être effectuées sur les images natives d'angioscanner dérivées des phases d'acquisition successives du scanner de perfusion (31).

La participation d'un deuxième lecteur aurait permis de fournir une analyse de reproductibilité inter-observateur des résultats produits.

## **CONCLUSION**

Nos données indiquent que la densité spontanée du thrombus, sa perméabilité (évaluée par la prise de contraste et le thrombus void fraction) et le Clot Burden score sont des facteurs prédictifs du succès de recanalisation par thrombectomie mécanique.

Il existe une corrélation statistiquement significative entre d'une part l'augmentation de la densité spontanée et de la perméabilité du thrombus, et d'autre part la diminution de la durée du geste et du nombre de passages du stent au cours de la procédure.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Gersh KC, Nagaswami C, Weisel JW (2009) Fibrin network structure and clot mechanical properties are altered by incorporation of erythrocytes. *Thromb Haemost* 102:1169–1175. doi: 10.1160/TH09-03-0199
2. Liebeskind DS, Sanossian N, Yong WH, Starkman S, Tsang MP, Moya AL, et al. CT and MRI early vessel signs reflect clot composition in acute stroke. *Stroke J Cereb Circ*. 2011 May;42(5):1237–43.
3. Puig J, Pedraza S, Demchuk A, et al. (2012) Quantification of thrombus hounsfield units on noncontrast CT predicts stroke subtype and early recanalization after intravenous recombinant tissue plasminogen activator. *AJNR Am J Neuroradiol* 33:90–96. doi: 10.3174/ajnr.A2878
4. Moftakhar P, English JD, Cooke DL, Kim WT, Stout C, Smith WS, et al. Density of thrombus on admission CT predicts revascularization efficacy in large vessel occlusion acute ischemic stroke. *Stroke J Cereb Circ*. 2013 Jan;44(1):243–5.
5. Tan IY et al CT angiography clot burden score and collateral score: correlation with clinical and radiologic outcomes in acute middle cerebral artery infarct. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2009 Mar;30(3):525-31
6. Mokin M. et al. Association of clot burden score with radiographic and clinical outcomes following Solitaire stent retriever thrombectomy: analysis of the SWIFT PRIME trial. *J Neurointerv Surg*. 2017 Oct;9(10):929-932.

7. Voronov RS, Timothy JS, Brass LF, Diamond SL. Simulation of intrathrombus fluid and solute transport using in vivo clot structures with single platelet resolution. NIH Public Access. 2012;29:997–1003.
8. Santos EM. et al.; DUST Investigators. Permeable thrombi are associated with higher intravenous recombinant tissue-type plasminogen activator treatment success in patients with acute ischemic stroke. *Stroke*. 2016 Aug;47(8):2058-65.
9. Saver JL, Goyal M, Bonafe A, et al. (2015) Stent-Retriever Thrombectomy after Intravenous t-PA vs. t-PA Alone in Stroke. *N Engl J Med*. doi: 10.1056/NEJMoa1415061
10. Campbell BCV, Mitchell PJ, Kleinig TJ, et al. (2015) Endovascular Therapy for Ischemic Stroke with Perfusion-Imaging Selection. *N Engl J Med*. doi: 10.1056/NEJMoa1414792
11. Berkhemer OA, Fransen PSS, Beumer D, et al. (2015) A randomized trial of intraarterial treatment for acute ischemic stroke. *N Engl J Med* 372:11–20. doi: 10.1056/NEJMoa1411587
12. Goyal M, Demchuk AM, Menon BK, et al. (2015) Randomized Assessment of Rapid Endovascular Treatment of Ischemic Stroke. *N Engl J Med*. doi: 10.1056/NEJMoa1414905
13. Lansberg MG, Straka M, Kemp S, et al. (2012) MRI profile and response to endovascular reperfusion after stroke (DEFUSE 2): a prospective cohort study. *Lancet Neurol* 11:860–867. doi: 10.1016/S1474-4422(12)70203-X
14. Santos EMM, Yoo AJ, Beenen LF, Berkhemer OA, den Blanken MD, Wismans C, et al. Observer variability of absolute and relative thrombus density measurements in patients with acute ischemic stroke. [published online ahead of print October 22, 2015] *Neuroradiology*. 2015. <http://link.springer.com/10.1007/s00234-015-1607-4>.

15. Santos E. et al Thrombus Permeability Is Associated With Improved Functional Outcome and Recanalization in Patients With Ischemic Stroke. *Stroke*. 2016;47:732-741.
16. Mokin M, Morr S, Natarajan SK, Lin N, Snyder KV, Hopkins LN, et al. Thrombus density predicts successful recanalization with Solitaire stent retriever thrombectomy in acute ischemic stroke. *J Neurointerventional Surg*. 2015 Feb;7(2):104–7.
17. Menon BK. et al Association of Clinical, Imaging, and Thrombus Characteristics With Recanalization of Visible Intracranial Occlusion in Patients With Acute Ischemic Stroke *JAMA*. 2018 Sep 11; 320(10): 1017–1026.
18. Mishra SM, Dykeman J, Sajobi TT, Trivedi A, Almekhlafi M, Sohn SI, et al. Early reperfusion rates with IV tPA are determined by CTA clot characteristics. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2014;35:2265–2272
19. Christoforidis GA, Mohammad Y, Avutu B, Tejada A, Slivka AP. Arteriographic demonstration of slow antegrade opacification distal to a cerebrovascular thromboembolic occlusion site as a favorable indicator for intra-arterial thrombolysis. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2006;27:1528–1531.
20. Frölich AM, Psychogios MN, Klotz E, Schramm R, Knauth M, Schramm P. Antegrade flow across incomplete vessel occlusions can be distinguished from retrograde collateral flow using 4-dimensional computed tomographic angiography. *Stroke*. 2012;43:2974–2979.
21. Mokin M. et al Association of clot burden score with radiographic and clinical outcomes following Solitaire stent retriever thrombectomy: analysis of the SWIFT PRIME trial. *J Neurointerv Surg*. 2017 Oct;9(10):929-932

22. Treurniet KM et al. Clot Burden Score on Baseline Computerized Tomographic Angiography and Intra-Arterial Treatment Effect in Acute Ischemic Stroke. *Stroke*. 2016 Dec;47(12):2972-2978.
23. Zhu F, Lapergue B, Kyheng M, Blanc R, Labreuche J, Ben Machaa M, Duhamel A, Marnat G, Saleme S, Costalat V, Bracard S, Richard S, Desal H, Mazighi M, Consoli A, Piotin M, Gory B. ; ASTER Trial Investigators. Similar Outcomes for Contact Aspiration and Stent Retriever Use According to the Admission Clot Burden Score in ASTER. *Stroke*. 2018 Jul;49(7):1669-1677.
24. Brinjikji W et al. Correlation of imaging and histopathology of thrombi in acute ischemic stroke with etiology and outcome: a systematic review. *J Neurointerv Surg*. 2017 Jun;9(6):529-534.
25. Maekawa K et al. Erythrocyte-Rich Thrombus Is Associated with Reduced Number of Maneuvers and Procedure Time in Patients with Acute Ischemic Stroke Undergoing Mechanical Thrombectomy. *Cerebrovasc Dis Extra*. 2018;8(1):39-49
26. Boeckh-Behrens T et al. The Impact of Histological Clot Composition in Embolic Stroke. *Clin Neuroradiol*. 2016 Jun;26(2):189-97.
27. Ahn SH et al. Histologic features of acute thrombi retrieved from stroke patients during mechanical reperfusion therapy. *Int J Stroke*. 2016 Dec;11(9):1036-1044. Epub 2016 Apr 7.
28. Berndt et al. Thrombus Permeability in Admission Computed Tomographic Imaging Indicates Stroke Pathogenesis Based on Thrombus Histology. *Stroke*. 2018 Nov;49(11):2674-2682.

29. Skov J et al. Lysability of fibrin clots is a potential new determinant of stroke risk in atrial fibrillation. *Thromb Res.* 2014 Sep;134(3):717-22.
30. Niesten JM, van der Schaaf IC, van Dam L, Vink A, Vos JA, Schonewille WJ, et al. Histopathologic composition of cerebral thrombi of acute stroke patients is correlated with stroke subtype and thrombus attenuation. *PLoS One.* 2014.
31. Chen Z, Shi F, Gong X, Zhang R, Zhong W, Zhang R, Zhou Y, Lou M. Thrombus Permeability on Dynamic CTA Predicts Good Outcome after Reperfusion Therapy. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2018 Oct;39(10):1854-1859.

### 3 CONCLUSION

Nous avons analysé les facteurs prédictifs de recanalisation par stent Retriever chez 182 patients présentant un AVC ischémique avec occlusion proximale de la circulation cérébrale antérieure.

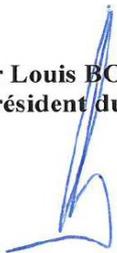
Notre travail montre que la densité spontanée du thrombus mesurée sur le scanner sans injection ainsi que sa perméabilité (évaluée par la prise de contraste et le thrombus void fraction) apparaissent comme des facteurs prédictifs du succès de la recanalisation par thrombectomie mécanique avec stent Retriever.

L'augmentation des valeurs de ces caractéristiques, à l'exception du CBS, est également inversement corrélée à la durée du geste et au nombre de passages du stent Retriever au cours de la procédure.

L'augmentation de la perméabilité du thrombus et celle du CBS sont associées à une meilleure évolution clinique à 3 mois.

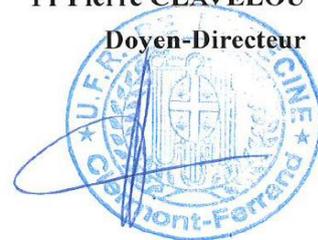
Ces informations, facilement analysables et exploitables en pratique courante, peuvent aider à l'évaluation du pronostic clinique des patients, faciliter les prises de décisions et ainsi permettre une meilleure concertation entre les différentes spécialités dans la prise en charge du patient, notamment en phase aiguë.

**Pr Louis BOYER**  
**Président du jury**



12.6.19

**Pr Pierre CLAVELOU**  
**Doyen-Directeur**



# SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des Maîtres de cette FACULTE et de mes chers CONDISCIPLES, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'Honneur et de la Probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et je n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Respectueux et reconnaissant envers mes MAÎTRES, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les HOMMES m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert d'OPPROBRE et méprisé de mes confrères si j'y manque.

# **(Conseil national de l'ordre des médecins)**

## 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.

**POËY Clément**

ETUDE DES CARACTERISTIQUES SCANOGRAPHIQUES DU THROMBUS DANS LES AVC ISCHEMIQUES AIGUS COMME FACTEUR PREDICTIF DU SUCCES DE RECANALISATION PAR THROMBECTOMIE MECANIQUE.

**RESUME**

**Objectifs :** Plusieurs études récentes montrent la corrélation, au cours des AVC ischémiques aigus, entre les caractéristiques du thrombus au scanner et leur composition. Cette composition influe sur les propriétés physiques des thrombi et peut modifier la probabilité de revascularisation. Nous avons étudié les caractéristiques scanographiques du thrombus au scanner comme facteur prédictif du succès de recanalisation par thrombectomie mécanique.

**Matériels et méthodes :** Etude rétrospective monocentrique au CHU de Clermont-Ferrand, incluant 182 patients ayant présenté un AVC ischémique aigu avec occlusion carotidienne/sylvienne, diagnostiqué par angioscanner et traité par thrombectomie mécanique. Les caractéristiques recueillies, obtenues par la moyenne de 3 ROI millimétriques, étaient : densité spontanée, prise de contraste  $\Delta$  (densité sur l'angioscanner - densité spontanée), porosité  $\epsilon$  ( $\Delta$  thrombus /  $\Delta$  de l'artère controlatérale). La localisation et la taille du thrombus étaient évaluées par le Clot Burden score (CBS). Le succès de la thrombectomie était évalué par le score artériographique TICI. L'analyse principale comparait les caractéristiques des thrombi dans les groupes succès et échec de recanalisation. L'analyse secondaire évaluait les autres facteurs prédictifs de succès et l'évaluation fonctionnelle à 3 mois (score de Rankin modifié) dans les 2 groupes.

**Résultats :** L'hyperdensité spontanée du thrombus ( $52.8 \pm 7.8$  vs  $48.7 \pm 6.9$ ,  $p=0.002$ ),  $\Delta$  ( $26.3 \pm 11.6$  vs  $14.7 \pm 13.12$ ,  $p<0.001$ ), et  $\epsilon$  ( $9.2 \pm 4.4$  vs  $5.4 \pm 5.4$ ,  $p<0.001$ ) ressortaient comme des facteurs prédictifs du succès de la thrombectomie mécanique. Ces caractéristiques étaient également associées à une diminution de la durée de la procédure et du nombre de passages du stent. La perméabilité du thrombus et le CBS étaient associés à une meilleure évolution clinique à 3 mois.

**Conclusion :** La densité spontanée et la perméabilité du thrombus apparaissent comme des facteurs prédictifs du succès de recanalisation, avec des procédures plus simples et plus courtes.

**MOTS-CLES :** AVC ischémique, thrombectomie, perméabilité du thrombus, angioscanner.

**JURY :**

Président : Monsieur BOYER Louis, Professeur

Membres : Monsieur GARCIER Jean-Marc, Professeur

Monsieur CHABROT Pascal, Professeur

Madame FERRIER Anna, Docteur

Monsieur ZERROUG Abderrahim, Docteur

**DATE DE LA SOUTENANCE :**

19 juillet 2019