



ROYAUME DU MAROC  
UNIVERSITE MOHAMMED V DE RABAT  
FACULTE DE MEDECINE ET DE  
PHARMACIE  
RABAT



Année : 2023

Thèse N° : 144

# INTÉRÊT DE LA SIMULATION PROCÉDURALE DANS L'APPRENTISSAGE DE LA VOIE INTRA-OSSEUSE

*Thèse*

Présentée et soutenue publiquement le:    /    / 2023

PAR

**Madame BENTALHA KENZA**

*Née le 19 Juillet 1996, à RABAT*

*Médecin Interne au CHU Ibn Sina de Rabat*

Pour l'Obtention du Diplôme de

**Docteur en Médecine**

**Mots Clés** : Simulation- Simulation procédurale- Voie intra-osseuse

**Membres du Jury :**

**Madame ECH-CHERIF EL KETTANI Selma**

Professeur en anesthésie et réanimation

**Président du jury**

**Madame BENTALHA AZIZA**

Professeur en anesthésie et réanimation

**Directeur de thèse**

**Monsieur TADILI Jawad**

Professeur en anesthésie et réanimation

**Juge**

**Madame MEKAOUI Nour**

Professeur en pédiatrie

**Juge**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَقُلْ أَعْمَلُوا فَسِيرَى اللَّهِ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ  
وَالْمُؤْمِنُونَ وَسَتُرَدُّونَ إِلَىٰ عِلْمِ الْغَيْبِ  
وَالشَّهَادَةِ فَيُنَبِّئُكُمْ بِمَا كُنْتُمْ تَعْمَلُونَ

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمُ

## **DOYENS HONORAIRES :**

<b>1962 _ 1969:</b>	<b>Professeur Abdelmalek FARAJ</b>
<b>1969 _ 1974:</b>	<b>Professeur Abdellatif BERBICH</b>
<b>1974 _ 1981:</b>	<b>Professeur Bachir LAZRAK</b>
<b>1981 _ 1989:</b>	<b>Professeur Taieb CHKILI</b>
<b>1989 _ 1997:</b>	<b>Professeur Mohamed Tahar ALAOUI</b>
<b>1997 _ 2003:</b>	<b>Professeur Abdelmajid BELMAHI</b>
<b>2003 _ 2013:</b>	<b>Professeur Najia HAJJAJ – HASSOUNI</b>
<b>2013 _ 2022:</b>	<b>Professeur Mohamed ADNAOUI</b>

## **ORGANISATION DECANALE :**

- ***Doyen***  
***Professeur Brahim LEKEHAL***
- ***Vice-Doyen chargé des Affaires Académiques et Estudiantines***  
***Professeur Amal THIMOU***
- ***Vice-Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération***  
***Professeur Taoufiq DAKKA***
- ***Vice-Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie***  
***Professeur Younes RAHALI***
- ***Secrétaire Général***  
***Mr. Mohamed KARRA***

## **SERVICES ADMINISTRATIFS :**

- ***Chef du Service des Affaires Administratives***  
***Mr. Abdellah KHALED***
- ***Chef du Service des Affaires Estudiantines, Statistiques et Suivi des Lauréats***  
***Mr. Azzeddine BOULAAJOUL***
- ***Chef du Service de la Recherche, Coopération, Partenariat et des Stages***  
***Mr. Najib MOUNIR***
- ***Chef du service des Finances***  
***Mr. Rachid BENNIS***
- ***Chef du Service Informatique***  
***Mr. Abdelhakim EL MESSAOUDI***

# 1 - ENSEIGNANTS-CHERCHEURS MEDECINS ET PHARMACIENS

## PROFESSEURS DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR :

### Décembre 1984

Pr. MAAOUNI Abdelaziz  
Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajdi  
Pr. SETTAF Abdellatif

Médecine Interne – [Clinique Royale](#)  
Anesthésie -Réanimation  
Pathologie Chirurgicale

### Décembre 1989

Pr. ADNAOUI Mohamed

Médecine Interne

### Janvier et Novembre 1990

Pr. KHARBACH Aïcha

Gynécologie -Obstétrique

### Février Avril Juillet et Décembre 1991

Pr. AZZOUZI Abderrahim

Anesthésie Réanimation

Pr. BAYAHIA Rabéa

Néphrologie

Pr. BELKOUCHI Abdelkader

Chirurgie Générale

Pr. BERRAHO Amina

Ophtalmologie

Pr. BEZAD Rachid

Gynécologie Obstétrique [Méd. Chef Maternité des](#)

[Orangers Rabat](#)

Pr. CHERRAH Yahia

Pharmacologie [Doyen de la Fac. Phar. Abulcassis Rabat](#)

Pr. SOULAYMANI Rachida

Pharmacologie- [Dir. Centre Anti Poison et de](#)

[Pharmacovigilance](#)

### Décembre 1992

Pr. AHALLAT Mohamed

Chirurgie Générale [Doyen de FMPT](#)

Pr. BENSOUDA Adil

Anesthésie Réanimation

Pr. EL OUAHABI Abdessamad

Neurochirurgie

Pr. FELLAT Rokaya

Cardiologie

Pr. JIDDANE Mohamed

Anatomie

Pr. ZOUHDI Mimoun

Microbiologie

### Mars 1994

Pr. BEN RAIS Nozha

Biophysique

Pr. CAOUI Malika

Biophysique

Pr. CHRAIBI Abdelmjid

Endocrinologie et Maladies Métaboliques [Doyen de](#)

[la FMPA](#)

Pr. EL AMRANI Sabah

Gynécologie Obstétrique

Pr. ERROUGANI Abdelkader

Chirurgie Générale – [Directeur du CHIS Rabat](#)

Pr. ESSAKALI Malika

Immunologie

Pr. ETTAYEBI Fouad

Chirurgie pédiatrique

Pr. IFRINE Lahssan

Chirurgie Générale

Pr. SENOUCI Karima

Dermatologie

### **Mars 1994**

Pr. ABBAR Mohamed\*  
Pr. BENTAHILA Abdelali  
Pr. BERRADA Mohamed Saleh  
Pr. CHERKAOUI Lalla Ouafae  
Pr. LAKHDAR Amina  
Pr. MOUANE Nezha

Urologie *Inspecteur du SSM*  
Pédiatrie  
Traumatologie – Orthopédie  
Ophtalmologie  
Gynécologie Obstétrique  
Pédiatrie

### **Mars 1995**

Pr. ABOUQUAL Redouane  
Pr. AMRAOUI Mohamed  
Pr. BAIDADA Abdelaziz  
Pr. BARGACH Samir  
Pr. EL MESNAOUI Abbes  
Pr. ESSAKALI HOUSSYNI Leila  
Pr. IBEN ATTYA ANDALOUSSI Ahmed  
Pr. OUAZZANI CHAHDI Bahia  
Pr. SEFIANI Abdelaziz  
Pr. ZEGGWAGH Amine Ali

Réanimation Médicale  
Chirurgie Générale  
Gynécologie Obstétrique  
Gynécologie Obstétrique  
Chirurgie Vasculaire Périphérique  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Urologie  
Ophtalmologie  
Génétique  
Réanimation Médicale

### **Décembre 1996**

Pr. BELKACEM Rachid  
Pr. EL ALAMI EL FARICHA EL Hassan  
Pr. GAOUZI Ahmed  
Pr. OUZEDDOUN Naima  
Pr. ZBIR EL Mehdi\*

Chirurgie Pédiatrie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Néphrologie  
Cardiologie *Directeur HMI Mohammed V Rabat*

### **Novembre 1997**

Pr. ALAMI Mohamed Hassan  
Pr. BIROUK Nazha  
Pr. FELLAT Nadia  
Pr. KADDOURI Nouredine  
Pr. KOUTANI Abdellatif  
Pr. LAHLOU Mohamed Khalid  
Pr. MAHRAOUI CHAFIQ  
Pr. TOUFIQ Jallal  
Pr. YOUSFI MALKI Mounia

Gynécologie-Obstétrique  
Neurologie  
Cardiologie  
Chirurgie pédiatrique  
Urologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Psychiatrie *Directeur Hôp. Ar-razi Salé*  
Gynécologie Obstétrique

### **Novembre 1998**

Pr. BENOMAR ALI  
Pr. BOUGTAB Abdesslam  
Pr. ER-RIHANI Hassan  
Pr. BENKIRANE Majid\*

Neurologie *Doyen de la Fac. Méd. Abulcassis Rabat*  
Chirurgie Générale  
Oncologie Médicale  
Hématologie

### **Janvier 2000**

Pr. ABID Ahmed\*  
Pr. AIT OUAMAR Hassan  
Pr. BENJELLOUN Dakhama Badr Sououd

Pneumo-phtisiologie  
Pédiatrie  
Pédiatrie

Pr. BOURKADI Jamal-Eddine  
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Al Montacer  
Pr. ECHARRAB El Mahjoub  
Pr. EL FTOUH Mustapha  
Pr. EL MOSTARCHID Brahim\*  
Pr. TACHINANTE Rajae  
Pr. TAZI MEZALEK Zoubida

### **Novembre 2000**

Pr. AIDI Saadia  
Pr. AJANA Fatima Zohra  
Pr. BENAMR Said  
Pr. CHERTI Mohammed  
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Selma  
Pr. EL HASSANI Amine  
Pr. EL KHADER Khalid  
Pr. GHARBI Mohamed El Hassan  
Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae

### **Décembre 2001**

Pr. BALKHI Hicham\*  
Pr. BENABDELJLIL Maria  
Pr. BENAMAR Loubna  
Pr. BENELBARHDADI Imane  
Pr. BENNANI Rajae  
Pr. BENOUACHANE Thami  
Pr. BEZZA Ahmed\*  
Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi  
Pr. BOUMDIN El Hassane\*  
Pr. CHAT Latifa  
Pr. EL HIJRI Ahmed  
Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid  
Pr. EL MADHI Tarik  
Pr. EL OUNANI Mohamed  
Pr. ETTAIR Said  
Pr. GAZZAZ Miloudi\*  
Pr. HRORA Abdelmalek  
Pr. KABIRI EL Hassane\*  
Pr. LAMRANI Moulay Omar  
Pr. LEKEHAL Brahim  
Pr. MEDARHRI Jalil  
Pr. MOHSINE Raouf  
Pr. NOUINI Yassine  
Pr. SABBAH Farid  
Pr. SEFIANI Yasser  
Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN Soumia

Pneumo-phtisiologie  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Générale  
Pneumo-phtisiologie  
Neurochirurgie  
Anesthésie-Réanimation  
Médecine Interne

Neurologie  
Gastro-Entérologie  
Chirurgie Générale  
Cardiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Pédiatrie  
Urologie  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques  
Pédiatrie

Anesthésie-Réanimation  
Neurologie  
Néphrologie  
Gastro-Entérologie  
Cardiologie  
Pédiatrie  
Rhumatologie  
Anatomie  
Radiologie  
Radiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Neuro-Chirurgie  
Chirurgie-Pédiatrique [Directeur Hôp. d'Enfants Rabat](#)  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie -  
Neuro-Chirurgie  
Chirurgie Générale [Directeur Hôpital Ibn Sina Rabat](#)  
Chirurgie Thoracique  
Traumatologie orthopédie  
Chirurgie Vasculaire Périphérique –[Doyen de la FMPR](#)  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Générale  
Urologie  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Vasculaire Périphérique  
Pédiatrie

## **Décembre 2002**

Pr. AMEUR Ahmed\*  
Pr. AMRI Rachida  
Pr. AOURARH Aziz\*  
Pr. BAMOU Youssef\*  
Pr. BELMEJDOUB Ghizlene\*  
Pr. BENZEKRI Laila  
Pr. BENZZOUBEIR Nadia  
Pr. BERNOUSSI Zakiya  
Pr. CHOHO Abdelkrim\*  
Pr. CHKIRATE Bouchra  
Pr. EL ALAMI EL Fellous Sidi Zouhair  
Pr. FILALI ADIB Abdelhai  
Pr. HAJJI Zakia  
Pr. KRIOUILE Yamina  
Pr. OUJILAL Abdelilah  
Pr. RAISS Mohamed  
Pr. THIMOU Amal  
Pr. ZENTAR Aziz\*

## **Janvier 2004**

Pr. ABDELLAH El Hassan  
Pr. AMRANI Mariam  
Pr. BENBOUZID Mohammed Anas  
Pr. BENKIRANE Ahmed\*  
Pr. BOULAADAS Malik  
Pr. BOURAZZA Ahmed\*  
Pr. CHAGAR Belkacem\*  
Pr. CHERRADI Nadia  
Pr. EL FENNI Jamal\*  
Pr. EL HANCHI ZAKI  
Pr. EL KHORASSANI Mohamed  
Pr. HACHI Hafid  
Pr. KHARMAZ Mohamed  
Pr. MOUGHIL Said  
Pr. OUBAAZ Abdelbarre\*  
Pr. TARIB Abdelilah\*  
Pr. TIJAMI Fouad  
Pr. ZARZUR Jamila

## **Janvier 2005**

Pr. ABBASSI Abdellah  
Pr. AL KANDRY Sif Eddine\*  
Pr. ALLALI Fadoua  
Pr. AMAZOUZI Abdellah  
Pr. BAHIRI Rachid  
Pr. BARKAT Amina

Urologie  
Cardiologie  
Gastro-Entérologie [Directeur HMI Moulay Ismail-Meknès](#)  
Biochimie-Chimie  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques  
Dermatologie  
Gastro-Entérologie  
Anatomie Pathologique  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Chirurgie pédiatrique  
Gynécologie Obstétrique  
Ophtalmologie  
Pédiatrie  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie [V-D chargé Aff Acad. Est.](#)  
Chirurgie Générale [Directeur de l' ERPLM](#)

Ophtalmologie  
Anatomie Pathologique  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Gastro-Entérologie  
Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale  
Neurologie  
Traumatologie orthopédie [Directeur HM Avicenne-Marrakech](#)  
Anatomie Pathologique  
Radiologie  
Gynécologie Obstétrique  
Pédiatrie  
Chirurgie Générale  
Traumatologie orthopédie  
Chirurgie Cardio-Vasculaire  
Ophtalmologie  
Pharmacie Clinique  
Chirurgie Générale  
Cardiologie

Chirurgie Réparatrice et Plastique  
Chirurgie Générale  
Rhumatologie  
Ophtalmologie  
Rhumatologie [Directeur Hôp. Al Ayachi Salé](#)  
Pédiatrie

Pr. BENYASS Aatif\*  
Pr. DOUDOUH Abderrahim\*  
Pr. HESSISSEN Leila  
Pr. JIDAL Mohamed\*  
Pr. LAAROSSI Mohamed  
Pr. LYAGOUBI Mohammed  
Pr. ZERAIDI Najia

#### **AVRIL 2006**

Pr. ACHEMLAL Lahsen\*  
Pr. BELMEKKI Abdelkader\*  
Pr. BENCHEIKH Razika  
Pr. BOUHAFS Mohamed El Amine  
Pr. BOULAHYA Abdellatif\*  
Pr. CHENGUETI ANSARI Anas  
Pr. DOGHMI Nawal  
Pr. FELLAT Ibtissam  
Pr. FAROUDY Mamoun  
Pr. HARMOUCHE Hicham  
Pr. IDRIS LAHLOU Amine\*  
Pr. JROUNDI Laila  
Pr. KARMOUNI Tariq  
Pr. KILI Amina  
Pr. KISRA Hassan  
Pr. KISRA Mounir  
Pr. LAATIRIS Abdelkader\*  
Pr. LMIMOUNI Badreddine\*  
Pr. MANSOURI Hamid\*  
Pr. OUANASS Abderrazzak  
Pr. SAFI Soumaya\*  
Pr. SOUALHI Mouna  
Pr. TELLAL Saida\*  
Pr. ZAHRAOUI Rachida

#### **Octobre 2007**

Pr. ABIDI Khalid  
Pr. ACHACHI Leila  
Pr. AMHAJJI Larbi\*  
Pr. AOUI Sarra  
Pr. BAITE Abdelouahed\*  
Pr. BALOUCH Lhousaine\*  
Pr. BENZIANE Hamid\*  
Pr. BOUTIMZINE Nourdine  
Pr. CHERKAOUI Naoual\*  
Pr. EL BEKKALI Youssef\*  
Pr. EL ABSI Mohamed  
Pr. EL MOUSSAOUI Rachid

Cardiologie  
Biophysique  
Pédiatrie  
Radiologie  
Chirurgie Cardio-vasculaire  
Parasitologie  
Gynécologie Obstétrique

Rhumatologie  
Hématologie  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Chirurgie - Pédiatrique  
Chirurgie Cardio – Vasculaire. [Directeur Hôpital Ibn Sina Marr.](#)  
Gynécologie Obstétrique  
Cardiologie  
Cardiologie  
Anesthésie Réanimation  
Médecine Interne  
Microbiologie  
Radiologie  
Urologie  
Pédiatrie  
Psychiatrie  
Chirurgie – Pédiatrique  
Pharmacie Galénique  
Parasitologie  
Radiothérapie  
Psychiatrie  
Endocrinologie  
Pneumo – Phtisiologie  
Biochimie  
Pneumo – Phtisiologie

Réanimation Médicale  
Pneumo phtisiologie  
Traumatologie orthopédie  
Parasitologie  
Anesthésie Réanimation  
Biochimie-Chimie  
Pharmacie clinique  
Ophtalmologie  
Pharmacie galénique  
Chirurgie cardio-vasculaire  
Chirurgie Générale  
Anesthésie Réanimation

Pr. EL OMARI Fatima  
Pr. GHARIB Nouredine  
Pr. HADADI Khalid\*  
Pr. ICHOU Mohamed\*  
Pr. ISMAILI Nadia  
Pr. KEBDANI Tayeb  
Pr. LOUZI Lhoussain\*  
Pr. MADANI Naoufel  
Pr. MARC Karima  
Pr. MASRAR Azlarab  
Pr. OUZZIF Ez zohra\*  
Pr. SEFFAR Myriame  
Pr. SEKHSOKH Yessine\*  
Pr. SIFAT Hassan\*  
Pr. TACHFOUTI Samira  
Pr. TAJDINE Mohammed Tariq\*  
Pr. TANANE Mansour\*  
Pr. TLIGUI Houssain  
Pr. TOUATI Zakia

### **Mars 2009**

Pr. ABOUZAHIR Ali\*  
Pr. AGADR Aomar\*  
Pr. AIT ALI Abdelmounaim\*  
Pr. AKHADDAR Ali\*  
Pr. ALLALI Nazik  
Pr. AMINE Bouchra  
Pr. ARKHA Yassir  
Pr. BELYAMANI Lahcen\*  
Pr. BJIJOU Younes  
Pr. BOUHSAIN Sanae\*  
Pr. BOUI Mohammed\*  
Pr. BOUNAIM Ahmed\*  
Pr. BOUSSOUGA Mostapha\*  
Pr. CHTATA Hassan Toufik\*  
Pr. DOGHMI Kamal\*  
Pr. EL MALKI Hadj Omar  
Pr. EL OUENNASS Mostapha\*  
Pr. ENNIBI Khalid\*  
Pr. FATHI Khalid  
Pr. HASSIKOU Hasna\*  
Pr. KABBAJ Nawal  
Pr. KABIRI Meryem  
Pr. KARBOUBI Lamyia  
Pr. LAMSAOURI Jamal\*  
Pr. MARMADE Lahcen  
Pr. MESKINI Toufik  
Pr. MSSROURI Rahal

Psychiatrie  
Chirurgie plastique et réparatrice  
Radiothérapie  
Oncologie médicale  
Dermatologie  
Radiothérapie  
Microbiologie  
Réanimation Médicale  
Pneumo phtisiologie  
Hématologie biologique  
Biochimie-Chimie  
Microbiologie  
Microbiologie  
Radiothérapie  
Ophtalmologie  
Chirurgie Générale  
Traumatologie-orthopédie  
Parasitologie  
Cardiologie

Médecine interne  
Pédiatrie  
Chirurgie Générale  
Neuro-chirurgie  
Radiologie  
Rhumatologie  
Neuro-chirurgie *Directeur Hôp. des Spécialités Rabat*  
Anesthésie Réanimation *Directeur de la Clinique Royale*  
Anatomie *Dir. Délégué de la Fondation Ch.Kh.Ibn Zaid*  
Biochimie-Chimie  
Dermatologie  
Chirurgie Générale  
Traumatologie-orthopédie  
Chirurgie Vasculaire Périphérique  
Hématologie clinique  
Chirurgie Générale  
Microbiologie  
Médecine interne  
Gynécologie obstétrique  
Rhumatologie  
Gastro-Entérologie  
Pédiatrie  
Pédiatrie  
Chimie Thérapeutique  
Chirurgie Cardio-vasculaire  
Pédiatrie  
Chirurgie Générale

Pr. NASSAR Ittimade  
Pr. OUKERRAJ Latifa  
Pr. RHORFI Ismail Abderrahmani\*

### **Mars 2010**

Pr. FILALI Karim\*  
Pr. CHEMSI Mohamed\*

### **Octobre 2010**

Pr. ALILOU Mustapha  
Pr. AMEZIANE Taoufiq\*  
Pr. BELAGUID Abdelaziz  
Pr. CHADLI Mariama\*  
Pr. DAMI Abdellah\*  
Pr. DENDANE Mohammed Anouar  
Pr. EL HAFIDI Naima  
Pr. EL KHARRAS Abdennasser\*  
Pr. EL MAZOUZ Samir  
Pr. EL SAYEGH Hachem  
Pr. ERRABIH Ikram  
Pr. LAMALMI Najat  
Pr. MOSADIK Ahlam  
Pr. MOUJAHID Mountassir\*  
Pr. ZOUAIDIA Fouad

### **Décembre 2010**

Pr. ZNATI Kaoutar

### **Mai 2012**

Pr. AMRANI Abdelouahed  
Pr. ABOUELALAA Khalil\*  
Pr. BENCHEBBA Driss\*  
Pr. DRISSI Mohamed\*  
Pr. EL ALAOUI MHAMDI Mouna  
Pr. EL OUAZZANI Hanane\*  
Pr. ER-RAJI Mounir  
Pr. JAHID Ahmed

### **Février 2013**

Pr. AHID Samir

### **l'UM6SS**

Pr. AIT EL CADI Mina  
Pr. AMRANI HANCHI Laila  
Pr. AMOR Mourad  
Pr. AWAB Almahdi  
Pr. BELAYACHI Jihane  
Pr. BELKHADIR Zakaria Houssain  
Pr. BENCHEKROUN Laila  
Pr. BENKIRANE Souad  
Pr. BENSghir Mustapha\*

Radiologie  
Cardiologie  
Pneumo-Phtisiologie

Anesthésie-Réanimation *[Directeur ERSSM](#)*  
Médecine Aéronautique

Anesthésie Réanimation  
Médecine Interne  
Physiologie  
Microbiologie  
Biochimie- Chimie  
Chirurgie pédiatrique  
Pédiatrie  
Radiologie  
Chirurgie Plastique et Réparatrice  
Urologie  
Gastro-Entérologie  
Anatomie Pathologique  
Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Générale  
Anatomie Pathologique

Anatomie Pathologique

Chirurgie pédiatrique  
Anesthésie Réanimation  
Traumatologie-orthopédie  
Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Générale  
Pneumophtisiologie  
Chirurgie pédiatrique  
Anatomie Pathologique

Pharmacologie *[Doyen de la Faculté de Pharmacie de](#)*

Toxicologie  
Gastro-Entérologie  
Anesthésie-Réanimation  
Anesthésie-Réanimation  
Réanimation Médicale  
Anesthésie-Réanimation  
Biochimie-Chimie  
Hématologie  
Anesthésie Réanimation

Pr. BENYAHIA Mohammed\*  
Pr. BOUATIA Mustapha  
Pr. BOUABID Ahmed Salim\*  
Pr. BOUTARBOUCH Mahjouba  
Pr. CHAIB Ali\*  
Pr. DENDANE Tarek  
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Mohamed Ali  
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Najwa  
Pr. ELFATEMI NIZARE  
Pr. EL GUERROUJ Hasnae  
Pr. EL HARTI Jaouad  
Pr. EL JAOUDI Rachid\*  
Pr. EL KABABRI Maria  
Pr. EL KHANNOUSSI Basma  
Pr. EL KHLOUFI Samir  
Pr. EL KORAICHI Alae  
Pr. EN-NOUALI Hassane\*  
Pr. ERGUIG Laila  
Pr. FIKRI Meryem  
Pr. GHFIR Imade  
Pr. IMANE Zineb  
Pr. IRAQI Hind  
Pr. KABBAJ Hakima  
Pr. KADIRI Mohamed\*  
Pr. LATIB Rachida  
Pr. MAAMAR Mouna Fatima Zahra  
Pr. MEDDAH Bouchra  
Pr. MELHAOUI Adyl  
Pr. MRABTI Hind  
Pr. NEJJARI Rachid  
Pr. OUBEJJA Houda  
Pr. OUKABLI Mohamed\*  
Pr. RAHALI Younes  
Pr. RATBI Ilham  
Pr. RAHMANI Mounia  
Pr. REDA Karim\*  
Pr. REGRAGUI Wafa  
Pr. RKAIN Hanan  
Pr. ROSTOM Samira  
Pr. ROUAS Lamiaa  
Pr. ROUIBAA Fedoua\*  
Pr. SALIHOUN Mouna  
Pr. SAYAH Rochde  
Pr. SEDDIK Hassan\*  
Pr. ZERHOUNI Hicham

Néphrologie  
Chimie Analytique et Bromatologie  
Traumatologie orthopédie  
Anatomie  
Cardiologie *Président de la Ligue N. de L. contre les M. CV*  
Réanimation Médicale  
Anesthésie Réanimation  
Radiologie  
Neuro-chirurgie  
Médecine Nucléaire  
Chimie Thérapeutique  
Toxicologie  
Pédiatrie  
Anatomie Pathologique  
Anatomie  
Anesthésie Réanimation  
Radiologie  
Physiologie  
Radiologie  
Médecine Nucléaire  
Pédiatrie  
Endocrinologie et maladies métaboliques  
Microbiologie  
Psychiatrie  
Radiologie  
Médecine Interne  
Pharmacologie  
Neuro-chirurgie  
Oncologie Médicale  
Pharmacognosie  
Chirurgie Pédiatrique  
Anatomie Pathologique  
Pharmacie Galénique *Vice-Doyen à la Pharmacie*  
Génétique  
Neurologie  
Ophtalmologie  
Neurologie  
Physiologie  
Rhumatologie  
Anatomie Pathologique  
Gastro-Entérologie  
Gastro-Entérologie  
Chirurgie Cardio-Vasculaire  
Gastro-Entérologie  
Chirurgie pédiatrique

Pr. ZINE Ali\*

Traumatologie orthopédie

**AVRIL 2013**

Pr. EL KHATIB MOHAMED KARIM\*

Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale

**MAI 2013**

Pr. BOUSLIMAN Yassir\*

Toxicologie

**JUIN 2013**

Pr. BENALI Bennaceur

Médecine du Travail

**MARS 2014**

Pr. ACHIR Abdellah

Chirurgie Thoracique

Pr. BENCHAKROUN Mohammed\*

Traumatologie- Orthopédie

Pr. BOUCHIKH

Mohammed Chirurgie Thoracique

Pr. EL KABBAJ Driss\*

Néphrologie

Pr. EL MACHTANI IDRISSE Samira\*

Biochimie-Chimie

Pr. HARDIZI Houyam

Histologie- Embryologie-Cytogénétique

Pr. HASSANI Amale\*

Pédiatrie

Pr. HERRAK Laila

Pneumologie

Pr. JEAIDI Anass\*

Hématologie Biologique

Pr. KOUACH Jaouad\*

Généologie-Obstétrique

Pr. RHISSASSI Mohamed Jaafar

CHIRURGIE CARDIO-VASCULAIRE

Pr. SEKKACH Youssef\*

Médecine Interne

Pr. TAZI MOUKHA Zakia

Généologie-Obstétrique

**DECEMBRE 2014**

Pr. ABILKASSEM Rachid\*

Pédiatrie

Pr. AIT BOUGHIMA Fadila

Médecine Légale

Pr. BEKKALI Hicham\*

Anesthésie-Réanimation

Pr. BOUABDELLAH Mounya

Biochimie-Chimie

Pr. DERRAJI Soufiane\*

Pharmacie Clinique

Pr. EL AYOUBI EL IDRISSE Ali

Anatomie

Pr. EL GHADBANE Abdedaim Hatim\*

Anesthésie-Réanimation

Pr. EL MARJANY Mohammed\*

Radiothérapie

Pr. FEJJAL Nawfal

Chirurgie Réparatrice et Plastique

Pr. JAHIDI Mohamed\*

OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE

Pr. LAKHAL Zouhair\*

Cardiologie

Pr. OUDGHIRI NEZHA

Anesthésie-Réanimation

Pr. RAMI Mohamed

Chirurgie pédiatrique

Pr. SABIR Maria

Psychiatrie

Pr. SBAI IDRISSE Karim\*

Médecine Préventive, Santé Publique et Hygiène

**AOUT 2015**

Pr. MEZIANE Meryem

Dermatologie

Pr. TAHIRI Latifa

Rhumatologie

### **JANVIER 2016**

Pr. BENKABBOU Amine  
Pr. EL ASRI Fouad\*  
Pr. ERRAMI Noureddine\*

Chirurgie Générale  
Ophtalmologie  
Oto-Rhino-Laryngologie

### **JUIN 2017**

Pr. ABI Rachid\*  
Pr. ASFALOU Ilyasse\*  
Pr. BOUAITI El Arbi\*  
Pr. BOUTAYEB Saber  
Pr. EL GHISSASSI Ibrahim  
Pr. HAFIDI Jawad  
Pr. MAJBAR Mohammed Anas  
Pr. OURAINI Saloua\*  
Pr. RAZINE Rachid  
Pr. SOUADKA Amine  
Pr. ZRARA Abdelhamid\*

Microbiologie  
Cardiologie  
Médecine Préventive, Santé Publique et Hygiène  
Oncologie Médicale  
Oncologie Médicale  
Anatomie  
Chirurgie Générale  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Médecine Préventive, Santé Publique et Hygiène  
Chirurgie Générale  
Immunologie

### **PROFESSEURS AGREGES :**

#### **MAI 2018**

Pr. AMMOURI Wafa  
Pr. BENTALHA Aziza  
Pr. EL AHMADI Brahim  
Pr. EL HARRECH Youness\*  
Pr. EL KACEMI Hanan  
Pr. EL MAJJAOUI Sanaa  
Pr. FATIHI Jamal\*  
Pr. GHANNAM Abdel-Ilah  
Pr. JROUNDI Imane  
Pr. MOATASSIM BILLAH Nabil  
Pr. TADILI Sidi Jawad  
Pr. TANZ Rachid\*

Médecine interne  
Anesthésie-Réanimation  
Anesthésie-Réanimation  
Urologie  
Radiothérapie  
Radiothérapie  
Médecine Interne  
Anesthésie-Réanimation  
Médecine préventive, santé publique et Hygiène  
Radiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Oncologie Médicale

#### **NOVEMBRE 2018**

Pr. AMELLAL Mina  
Pr. SOULY Karim  
Pr. TAHRI Rajae

Anatomie  
Microbiologie  
Histologie-Embryologie-Cytogénétique

## **NOVEMBRE 2019**

Pr. AATIF Taoufiq\*  
Pr. ACHBOUK Abdelhafid\*  
Pr. ANDALOUSSI SAGHIR Khalid  
Pr. BABA HABIB Moulay Abdellah\*  
Pr. BASSIR Rida Allah  
Pr. BOUATTAR Tarik  
Pr. BOUFETTAL Monsef  
Pr. BOUCHENTOUF Sidi Mohammed\*  
Pr. BOUZELMAT Hicham\*  
Pr. BOUKHRIS Jalal\*  
Pr. CHAFRY Bouchaib\*  
Pr. CHAHDI Hafsa\*  
Pr. CHERIF EL ASRI ABAD\*  
Pr. DAMIRI Amal\*  
Pr. DOGHMI Nawfal\*  
Pr. ELALAOUI Sidi-Yassir  
Pr. EL ANNAZ Hicham\*  
Pr. EL HASSANI Moulay El Mehdi\*  
Pr. EL HJOUJI Abderrahman\*  
Pr. EL KAOUI Hakim\*  
Pr. EL WALI Abderrahman\*  
Pr. EN-NAFAA Issam\*  
Pr. HAMAMA Jalal\*  
Pr. HEMMAOUI Bouchaib\*  
Pr. HJIRA Naouafal\*  
Pr. JIRA Mohamed\*  
Pr. JNIENE Asmaa  
Pr. LARAQUI Hicham\*  
Pr. MAHFOUD Tarik\*  
Pr. MEZIANE Mohammed\*  
Pr. MOUTAKI ALLAH Younes\*  
Pr. MOUZARI Yassine\*  
Pr. NAOUI Hafida\*  
Pr. OBTEL MAJDOULINE  
Pr. OURRAI ABDELHAKIM\*  
Pr. SAOUAB RACHIDA\*  
Pr. SBITTI YASSIR\*  
Pr. ZADDOUG OMAR\*  
Pr. ZIDOUH SAAD\*

Néphrologie  
Chirurgie réparatrice et plastique  
Radiothérapie  
Gynécologie-Obstétrique  
Anatomie  
Néphrologie  
Anatomie  
Chirurgie-Générale  
Cardiologie  
Traumatologie-Orthopédie  
Traumatologie-Orthopédie  
Anatomie Pathologique  
Neuro-chirurgie  
Anatomie Pathologique  
Anesthésie-Réanimation  
Pharmacie-Galénique  
Virologie  
Gynécologie-Obstétrique  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Générale  
Anesthésie-Réanimation  
Radiologie  
Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Dermatologie  
Médecine interne  
Physiologie  
Chirurgie-Générale  
Oncologie Médicale  
Anesthésie-Réanimation  
Chirurgie Cardio-Vasculaire  
Ophtalmologie  
Parasitologie-Mycologie  
Médecine préventive, santé publique et Hygiène  
Pédiatrie  
Radiologie  
Oncologie Médicale  
Traumatologie-Orthopédie  
Anesthésie-Réanimation

## **NOVEMBRE 2020**

Pr. LALYA ISSAM\*

Radiothérapie

## **SEPTEMBRE 2021**

Pr. ABABOU Karim*	Chirurgie Réparatrice et Plastique
Pr. ALAOUI SLIMANI Khaoula*	Oncologie Médicale
Pr. ATOUF OUAFA	Immunologie
Pr. BAKALI Youness	Chirurgie Générale
Pr. BAMOUS Mehdi*	CHIRURGIE CARDIO-VASCULAIRE
Pr. BELBACHIR Siham	Psychiatrie
Pr. BELKOUCH Ahmed*	Médecine des Urgences et des Catastrophes
Pr. BENNIS Azzelarab*	Traumatologie-Orthopédie
Pr. CHAFAI ELALAOUI Siham	Génétique
Pr. DOUMIRI Mouhssine	Anesthésie-Réanimation
Pr. EDDERAI Meryem*	Radiologie
Pr. EL KTAIBI Abderrahim*	Anatomie Pathologique
Pr. EL MAAROUFI Hicham*	Hématologie Clinique
Pr. EL OMRI Naoual*	Médecine Interne
Pr. EL QATNI Mohamed*	Médecine Interne
Pr. FAHRY Aicha*	Pharmacie Galénique
Pr. IBRAHIM RAGAB MOUNTASSER Dina*	Néphrologie
Pr. IKEN Maryem*	Parasitologie
Pr. JAAFARI Abdelhamid*	Anesthésie-Réanimation
Pr. KHALFI Lahcen*	Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
Pr. KHEYI Jamal*	Cardiologie
Pr. KHIBRI Hajar	Médecine Interne
Pr. LAAMRANI Fatima Zahrae	Radiologie
Pr. LABOUDI Fouad	Psychiatrie
Pr. LAHKIM Mohamed*	Radiologie
Pr. MEKAOUI Nour	Pédiatrie
Pr. MOJEMMI Brahim	Chimie Analytique
Pr. OUDRHIRI Mohammed Yassaad	Neurochirurgie
Pr. SATTE AMAL*	Neurologie
Pr. SOUHI Hicham*	Pneumo-phtisiologie
Pr. TADLAOUI Yasmina*	Pharmacie Clinique
Pr. TAGAJDID Mohamed Rida*	Virologie
Pr. ZAHID Hafid*	Hématologie
Pr. ZAJJARI Yassir*	Néphrologie
Pr. ZAKARYA Imane*	Pharmacognosie

---

(\*) Enseignants Chercheurs Militaires

## 2 - ENSEIGNANTS-CHERCHEURS SCIENTIFIQUES

### PROFESSEURS DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR :

Pr. ABOUDRAR Saadia	Physiologie
Pr. ALAMI OUHABI Naima	Biochimie-Chimie
Pr. ALAOUI KATIM	Pharmacologie
Pr. ALAOUI SLIMANI Lalla Naïma	Histologie-Embryologie
Pr. ANSAR M'hammed	Chimie Organique et Pharmacie Chimique
Pr. BARKIYOU Malika	Histologie-Embryologie
Pr. BOUHOUCHE Ahmed	Génétique Humaine
Pr. BOUKLOUZE Abdelaziz	Applications Pharmaceutiques
Pr. DAKKA Taoufiq	Physiologie <i>Vice-Doyen chargé de la Rech. et de la Coop.</i>
Pr. FAOUZI Moulay El Abbas	Pharmacologie
Pr. IBRAHIMI Azeddine	Biologie moléculaire/Biotechnologie
Pr. RIDHA Ahlam	Chimie
Pr. TOUATI Driss	Pharmacognosie
Pr. ZAHIDI Ahmed	Pharmacologie

### PROFESSEURS HABILITES :

Pr. AANNIZ Tarik	Microbiologie et Biologie moléculaire
Pr. BENZEID Hanane	Chimie
Pr. CHAHED OUAZZANI Lalla Chadia	Biochimie-Chimie
Pr. CHERGUI Abdelhak	Botanique, Biologie et physiologie végétales
Pr. DOUKKALI Anass	Chimie Analytique
Pr. EL BAKKALI Mustapha	Physiologie
Pr. EL JASTIMI Jamila	Chimie
Pr. KHANFRI Jamal Eddine	Histologie-Embryologie
Pr. LAZRAC Fatima	Chimie
Pr. LYAHYAI Jaber	Génétique
Pr. OUADGHIRI Mouna	Microbiologie et Biologie
Pr. RAMLI Youssef	Chimie Organique Pharmaco-Chimie
Pr. SERRAGUI Samira	Pharmacologie
Pr. TAZI Ahnini	Génétique ( <i>mis en disponibilité</i> )
Pr. YAGOUBI Maamar	Eau, Environnement

---

Mise à jour le 20/02/2023

KHALED Abdellah

Chef du Service des Affaires Administratives

FMPR

*Le Doyen*

# **DEDICACES**

*Je dédie ce travail :*

*A la mémoire de feu ma mère*

*Merci pour ton amour inconditionnel. Merci pour tous tes sacrifices. Si je suis la personne que je suis aujourd'hui maman, c'est grâce à toi. Tu as été la meilleure épouse qu'un homme puisse rêver, et la meilleure maman que des enfants puissent rêver d'avoir.*

*Je n'oublierai jamais ton amour, ta tendresse, ta gentillesse, ta bonté, ta générosité ainsi que tes précieux conseils et ton soutien .*

*Je t'exprime à travers ce travail ma reconnaissance et mon amour éternel.*

*Tu nous manques de plus en plus, jours après jours.*

*Je t'aime maman.*

*Qu'Allah t'accueille dans son éternel paradis, et puissions-nous nous retrouver.*

*A mon très cher père :*

*Merci énormément pour tous les sacrifices que tu as fait pour nous, mon frère et moi-même . Merci d'être toujours à mes côtés pour me supporter depuis mon enfance et durant toutes ces années. Tu as su jouer le rôle du père et combler le vide de la mère.*

*Je ne pourrai jamais te remercier assez pour ta bienveillance, ta gentillesse ta générosité , ni pour les efforts que tu as fournis afin de m'accorder une vie paisible et heureuse, ainsi qu'un amour et une tendresse inconditionnés, exprimés à ta manière.*

*Puisse ce jour être l'exaucement de toutes tes prières tant formulées et la récompense de tes efforts.*

*Que dieu te donne bonheur, santé, longue vie.*

*Aucun mot ne pourrait exprimer l'amour que j'éprouve pour toi.*

*Je ne suis rien sans toi. Je t'aime baba.*

*À mon grand frère, Abdelouahed*

*Je tiens à te remercier pour ton soutien au quotidien. Tu as su jouer le rôle du grand frère.  
Que dieu le tout puissant t'offre un futur plein de bonheur et de réussite, à toi et à ta tendre  
épouse Inass.*

*À ma famille, À mes cousines Rokaya, Souhaila, Najlae, Latifa*

*Et à mes tantes Noufissa, Naoual, Zahra :*

*Merci beaucoup pour tous les moments de joie que nous avons partagés ensemble. Grâce à  
vous j'ai pu réaliser m'épanouir et ainsi devenir la personne que je suis aujourd'hui.*

*Vous êtes la meilleure famille qui puisse exister sur terre.*

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de mes remerciements les plus sincères.*

*À mes amis :*

*Soundouss Sebbata : il y a des amis et il y a des amis qui deviennent la famille; merci pour  
tout mon mentor*

*Imane Lalami, Lamyae Elhamani, Asmae Elqamçoui, Romaisae Boufetama*

*À mes amis de galère : Soukaina Cherkaoui, Chakir Mahfoud, Hamza Boutkhalil*

*À mon très cher ami Ilias Hmaïdouch*

*À ma douce Douae Hmaïdi*

*Aux meilleures anciennes en radiologie, notre duo préféré Nour Bahlouli et Fatima Chaït,  
merci pour tout*

*À ma douce Sahar Aït Ahmed, mon coup de cœur en pédiatrie*

*À Rania El Gueddari, merci pour ton soutien inconditionnel, throughit thick and thin*

*À Kenza Benchekrout, mon acolyte depuis toujours, my ride or die.*

# **REMERCIEMENTS**

*Je remercie, tout d'abord, Madame Selma Ech-chrif El Kettani d'avoir accepté de présider le jury de ma thèse. Je lui exprime toute ma gratitude pour cet honneur.*

*Je remercie Madame Aziza Bentalha de m'avoir encadrée tout au long de cette thèse. Je lui suis reconnaissante pour sa gentillesse, sa disponibilité permanente et pour les nombreux encouragements qu'il m'a prodigués, et pour m'avoir appris à être plus autonome. C'est son suivi méticuleux qui m'a, sans aucun doute, permis de préciser mon propos. Ses brillantes intuitions, la pertinence de ses remarques et sa rigueur m'ont aidée à améliorer les méthodes de recherche.*

*Je tiens à remercier particulièrement Madame Nour Mekaoui, pour sa gentillesse. Elle a été à l'écoute, conciliante et m'a toujours accueillie avec le sourire. Ses directives, ses conseils et son aimable implication ont été pour moi d'une aide précieuse.*

*Je remercie Monsieur Jawad Tadili pour l'honneur qu'il me fait d'être dans mon jury de thèse.*

*Mes derniers remerciements vont à tous ceux qui m'ont soutenue*

# LISTE DES ABREVIATIONS

**ACC** : Arrêt cardio-circulatoire

**ACR** : Arrêt cardio-respiratoire

**AHA** : American heart association

**AMM** : Autorisation de mise sur le marché

**CELESTE** : Centre d'E-Learning, Enseignement par Simulation et Télémédecine  
Educatif

**CESU** : Centre d'enseignement en soins et gestes d'urgence

**ECG** : Electrocardiogramme

**FDZ** : Fondation Cheikh Zaid

**FMPR** : Faculté de médecine et de pharmacie de Rabat

**FMPO** : Faculté de médecine et de pharmacie de Oujda

**FMPC** : Faculté de médecine et de pharmacie de Casablanca

**FMPF** : Faculté de médecine et de pharmacie de Fès

**HAS** : Haute autorité de santé

**HF** : Haute-fidélité

**OAP** : Œdème aigu du poumon

**RCP** : Réanimation cardio-pulmonaire

**RV** : Réalité virtuelle

**TICE** : Technologies de l'Information et de la Communication dans l'Education

**ILCOR** : International liaison Committee on Resuscitation

**IMSC** : International Medical Simulation Center

**HTIC** : Health Care Training Center

**PEC** : Prise en charge

**VIO** : Voie intra-osseuse

**VVC** : Voie veineuse centrale

**VVP** : Voie veineuse périphérique

**QCM** : Questions choix multiple

**QCU** : Questions choix unique

# **LISTE DES ILLUSTRATIONS**

# LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Mannequin pédagogique d'accouchement de Madame Du Coudray .....	7
Figure 2 : Madame Chases mannequin utilisé par les infirmières du <i>Hartford Hospital Training School</i> .....	7
Figure 3 : Mannequin de SimMan 3G+ .....	9
Figure 4 : Endo mentor simulateur d'endoscopie .....	10
Figure 5 : Simulateur avancé d'obstétrique .....	11
Figure 6 : Les différentes techniques de la simulation en santé.....	14
Figure 7 : Exemple de patient standardisé. ....	15
Figure 8 : Simulateur d'Haute-fidélité adulte et de basse fidélité.....	16
Figure 9 : Simulateur d'Haute-fidélité enfant .....	17
Figure 10 : Simulateur Haute-fidélité nourrisson.....	17
Figure 11 : Simulateur procédural pour la prise de voie veineuse périphérique, voie intra- osseuse, prélèvement biologiques. ....	18
Figure 12 : Simulateur endovasculaire.....	18
Figure 13 : Simulateur de réalité virtuelle.....	19
Figure 14 : La simulation hybride en obstétrique .....	20
Figure 15 : Financement de départ des 9 centres d'études. ....	23
Figure 16 : Répartition générale du financement. ....	24
Figure 17 : Différents types d'équipements des centres de simulation.....	24
Figure 18 : Répartition globale des techniques de simulation en France.....	26
Figure 19 : Évolution du nombre de centres de simulations équipées de simulateurs HF.....	27
Figure 20 : Répartition géographique des centres espagnols disposants de simulateurs .....	27
Figure 21 : Figure représentative de l'épiphyse médullaire, des canaux de Volkmann et des canaux Haversiens.....	39
Figure 22 : Schéma anatomique montrant les différentes structures de l'os.....	40
Figure 23 : Illustrations de l'aiguille modifiée de Diekman, et de l'aiguille de Jamshidi. ....	43
Figure 24 : Différentes aiguilles utilisées selon l'âge et le poids.....	43
Figure 25 : Icône illustrant un système à percussion : le Bone Injection Gun (BIG). ....	44

Figure 26 : Illustration du système motorisé : aiguille montée sur une perceuse : l'EZ-IO ....	44
Figure 27 : Schéma illustratif du repérage de l'humérus proximal.....	46
Figure 28 : Schéma illustratif du repérage du tibia proximal.....	46
Figure 29 : Schéma illustratif du repérage du Fémur distal chez les nourrissons.....	47
Figure 30 : Illustration des différentes étapes de la IO (a).....	48
Figure 31 : Illustration des différentes étapes de la IO (b).....	49
Figure 32 : Illustration des différentes étapes de la IO (c).....	50
Figure 33 : Schéma récapitulatif, résumant les étapes de prise d'une voie intra-osseuse.....	51
Figure 34 : Matériel utilisé durant l'atelier, avec système motorisé, de type EZ-IO. ....	57
Figure 35 : Matériel utilisé durant l'atelier, avec système manuel, type trocart de médullogramme.....	58
Figure 36 : Atelier de simulation procédurale pour apprentissage d'une VIO : Présentation par PowerPoint .....	59
Figure 37 : Moment de prise d'une VIO par des apprenants par technique motorisée par système EZ-IO. ....	59
Figure 38 : Moment de prise d'une VIO par des apprenants par technique manuelle, par trocart de médullogramme .....	60
Figure 39 : Organigramme récapitulatif du déroulement de nos ateliers.....	63
Figure 40 : Diagramme en courbe représentatif des points gagnés chez les deux groupes. ....	74
Figure 41 : Cône de l'apprentissage d'Edgar Dale hiérarchisant les différentes méthodes d'apprentissage et le taux de rétention de chacune. ....	81
Figure 42 : Pyramide représentative du modèle d'évaluation de KirkPatrick. ....	85

# LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Étapes de déroulement d'une séance de simulation. ....	13
Tableau 2 : Les différents centres participants à l'enquête HAS française.....	22
Tableau 3 : Les différents scénarios utilisés comme base de formation. ....	25
Tableau 4 : Description de l'effectif participant. ....	67
Tableau 5 : Description concernant la zone anatomique ou il faut idéalement insérer le cathéter intra-osseux pour le groupe « simulation ». ....	68
Tableau 6 : Description concernant la pression à l'intérieur de la moelle osseuse, chez le groupe « simulation ».....	69
Tableau 7 : Description concernant les indications de la voie intra-osseuse, chez le groupe « simulation ».....	69
Tableau 8 : Description des résultats concernant les sites de ponction possibles pour la mise en place d'une voie intra-osseuse , chez le groupe « simulation ».....	70
Tableau 9 : Description des résultats concernant la capacité des participants à prendre une voie intra-osseuse, chez le groupe « simulation ».....	70
Tableau 10 : Description des résultats concernant la zone anatomique ou il faut idéalement insérer le cathéter intra-osseux, chez le groupe « support théorique ».....	71
Tableau 11 : Description des résultats concernant la pression à l'intérieur de la moelle osseuse, chez le groupe « support théorique ».....	71
Tableau 12 : Description des résultats concernant les indications de la VIO, chez le groupe « support théorique ».....	72
Tableau 13 : Description des résultats concernant les sites de ponction possibles pour l'insertion d'une VIO, chez le groupe « support théorique ».....	72
Tableau 14 : Description des résultats concernant la capacité des participants à prendre une VIO, chez le groupe « support théorique ».....	73
Tableau 15 : Analyse du score global chez les 2 groupes, avant et après formation. ....	74
Tableau 16 : Comparaison des notes globales aux Qcm chez les deux groupes participants. .	75
Tableau 17 : comparaison des pourcentages d'amélioration entre le groupe 1 et le groupe 2.	76

# SOMMAIRE

<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>RAPPELS</b> .....	<b>3</b>
<b>I. RAPPEL SIMULATION</b> .....	<b>4</b>
1. Définition et intérêt de la Simulation médicale .....	4
1.1.1. Définition.....	4
1.1.2. Intérêt.....	4
2. Historique de la simulation .....	5
2.1. Simulation en aéronautique .....	5
2.2. Simulation en marine marchande .....	5
2.3. Simulation dans l'industrie nucléaire .....	6
3. La simulation en santé .....	6
4. Domaines de la simulation en santé.....	9
5. Limites .....	11
6. Enseignement par la simulation .....	13
6.1. Déroulement d'une séance de simulation.....	13
6.2. Techniques de simulations utilisées .....	14
7. Simulation en santé: Etat des lieux .....	21
7.1. État des lieux en Amérique du Nord .....	21
7.2. État des lieux en Europe.....	22
7.3. État des lieux en Afrique .....	28
7.4. État des lieux au Maroc .....	29
<b>II. Rappel sur la voie Intra-osseuse</b> .....	<b>38</b>

1. Définition .....	38
2. Intérêt .....	38
3. Rappels anatomiques et physiologiques: .....	38
4. Indications.....	41
5. Contre-indications :.....	42
6. Protocole .....	43
6.1. Équipement : .....	43
6.2. Analgésie.....	45
6.3. Technique :.....	45
6.3.1. Sites de ponction :.....	46
6.3.2. Technique de pose : .....	47
6.4. Les complications.....	52
<b>MATERIEL ET METHODES.....</b>	<b>53</b>
<b>I. Description de l'étude .....</b>	<b>54</b>
1. Type de d'étude.....	54
2. Lieu et durée de l'étude .....	54
3. Population : .....	54
4. Critères d'inclusion et critères d'exclusion.....	55
5. Schéma de l'étude : .....	56
5.1. Pour le groupe 1 : « Groupe simulation » : .....	56
5.2. Pour le groupe 2 : « formation théorique » : .....	61
<b>II. Méthodologie d'étude .....</b>	<b>64</b>
1. Recueil des données .....	64

2. Saisie des données.....	64
3. Analyse des données .....	64
3.1. Analyse descriptive .....	64
3.2. Statistique analytique : .....	64
<b>III. Méthodes de recherche théorique .....</b>	<b>65</b>
<b>RESULTATS .....</b>	<b>66</b>
<b>I. Etude descriptive :.....</b>	<b>67</b>
1. Profil des étudiants inclus dans notre étude :.....	67
2. Expérience préalable chez l'ensemble des étudiants : .....	67
3. Description des principales questions chez le groupe 1 : .....	68
4. Description des principales questions chez le groupe 2 : .....	71
<b>II. Etude analytique :.....</b>	<b>74</b>
1. Analyse globale des résultats :.....	74
2. Comparaison des deux groupes : .....	75
2.1. Comparaison des notes globales de toutes les questions, chez les groupes simulation et support théorique :.....	75
2.2. Comparaison de chaque question pertinente :.....	75
<b>DISCUSSION .....</b>	<b>77</b>
<b>I. La simulation et simulation procédurale .....</b>	<b>78</b>
<b>II. L'intra-osseuse .....</b>	<b>79</b>
<b>III. Le contexte et le but de notre étude .....</b>	<b>79</b>
<b>IV. Nos principaux résultats .....</b>	<b>80</b>
<b>V. Ce qu'en dit la littérature .....</b>	<b>82</b>
<b>VI. Forces et limites de l'étude.....</b>	<b>84</b>

<b>VII. Ouverture vers l'avenir.....</b>	<b>87</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>88</b>
<b>RESUME.....</b>	<b>90</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>94</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>101</b>



# **INTRODUCTION**



La simulation en santé se définit par l'utilisation d'un matériel (mannequin ou simulateur procédural), de la réalité virtuelle, ou d'un patient standardisé pour reproduire des situations ou des environnements de soins, à fin d'enseigner des procédures diagnostiques et thérapeutiques et de permettre de répéter des processus, des concepts médicaux ou des prises de décision par un professionnel de santé ou une équipe de professionnels [1]

L'intérêt principal de la simulation est de permettre d'apprendre, de s'améliorer, de progresser dans sa pratique, et d'améliorer ses compétences, tout en limitant le stress et le risque de le faire d'emblée sur un patient. Elle a par ailleurs pour objectif de mettre les apprenants devant des situations de soin complexes, rares, qu'ils n'auront pas forcément à affronter dans leur quotidien.

Elle réduit donc l'écart entre le haut degré de compétences cliniques requis pour exécuter une tâche donnée et le faible degré d'exposition.

Dans la médecine d'urgence, la simulation prend tout son intérêt pour les raisons sus-citées, et l'abord veineux particulièrement par voie intra-osseuse en est un bon exemple.

La voie intra-osseuse est une technique qui permet un abord veineux adéquat devant les situations d'urgence lorsque l'abord veineux n'est pas accessible, comme devant des états de choc, un arrêt cardiaque ou des convulsions chez le nouveau-né ou un nourrisson. Son apprentissage lors de ces situations peut être difficile, d'où l'intérêt d'entraînement et de pratique en amont par une simulation procédurale en parallèle à une formation théorique.

Malgré son importance, et la disponibilité d'un matériel adéquat, force est de constater la non utilisation de la voie intra-osseuse par les professionnels de santé lors de situations d'urgence dans l'enceinte de l'Hôpital d'Enfant de Rabat.

L'objectif de notre thèse est de discuter de l'intérêt de la simulation dans l'apprentissage de la voie intra-osseuse chez des étudiants en médecine en comparant un apprentissage purement théorique à un apprentissage par simulation procédurale.



## **RAPPELS**



# I. RAPPEL SIMULATION

## 1. Définition et intérêt de la Simulation médicale

### 1.1.1. Définition

« Le terme simulation en santé correspond à l'utilisation d'un matériel (Mannequin ou simulateur procédural), de la réalité virtuelle (RV) ou d'un patient standardisé pour reproduire des situations ou des environnements de soins, ayant pour objectif d'enseigner des procédures diagnostiques et thérapeutiques et de répéter des processus, mais aussi des concepts médicaux ou des prises de décision par un professionnel de santé ou une équipe de professionnels. [1]

L'apprentissage par la simulation est une méthode d'enseignement, qui est utilisée quand les raisons techniques, économiques (coût du matériel), ou déontologiques (sécurité et sûreté) empêchent la mise en œuvre directe dans l'activité professionnelle.[2,3,4]

### 1.1.2. Intérêt

«*Jamais la première fois sur le patient* ». Cet adage qui est bien connu dans le domaine de la simulation en santé résume à lui seul, le rôle important de la simulation dans le processus de formation des soignants : Un apprentissage sans aucun risque pour le patient tout en étant dans un « environnement sûr et de soutien ». [2,3,4]

La simulation permet un apprentissage technique et non technique incluant :

- L'entraînement au raisonnement clinique, mais aussi diagnostique et thérapeutique
- Les gestes techniques
- La gestion des situations courantes ou rares ou complexes génératrices de stress
- La gestions de situations à risque (Evènements indésirables, afflux massifs...)
- Le travail en équipe
- La communication...
- L'évaluation
- La recherche
- L'organisation , la conception de procédure ou de protocoles...

Elle permet d'une part à l'apprenant d'acquérir des connaissances, de renforcer ses acquis, de progresser par l'observation de sa propre pratique afin d'améliorer celle-ci par la réflexion autant de fois que nécessaire. Et d'autre part, au formateur une évaluation objective par des objectifs clairs.

Tout ceci bien sûr centré sur le patient avec comme objectif principal de ne pas nuire au patient « primum non nocere », et de lui attribuer la meilleure prise en charge possible.

## **2. Historique de la simulation**

### **2.1. Simulation en aéronautique**

L'aéronautique peut être considérée comme le berceau de la simulation professionnelle à grande échelle. Les tous premiers simulateurs de vol sont apparus vers le début du XXe siècle, au même moment que les vrais avions.

Le simulateur de vol est un outil rêvé pour ce faire, permettant d'entraîner les pilotes à des pannes rares ou des pannes qui sont trop dangereuses pour être reproduites en vol réel.

Des règlements internationaux de l'aviation civile imposent aujourd'hui la simulation comme outil de formation continue et d'entraînement obligatoire aux procédures et pannes. Les pilotes sont évalués et qualifiés en se basant sur cet outil.

La formation continue sur simulateurs s'est étendue à plus de membres de l'équipage ; elle est devenue obligatoire dans les années quatre-vingts aux personnels de cabine pour l'évacuation (toboggans, ouverture des portes et issues de secours.) ainsi qu'aux contrôleurs aériens pour leur entraînement initial et continu.

### **2.2. Simulation en marine marchande**

Introduite dès le début des années 80 pour permettre l'entraînement au travail sur radar, la simulation a par la suite étendu son champ d'activité à tous les domaines du navire et a augmenté sa fidélité jusqu'au niveau dans lequel le réalisme des situations permet de travailler les comportements des apprenants. [9]

L'enjeu principal de la simulation en marine marchande est un enjeu de société : la sécurité car l'accident n'est plus tolérable.

### **2.3. Simulation dans l'industrie nucléaire**

L'exploitation des centrales nucléaires nécessite un degré élevé de maîtrise des installations, en termes de pilotage ou de maintenance, en situation normale ou accidentelle.

Plusieurs champs sont concernés en vue de garantir ces impératifs : l'aspect technique en premier lieu puisqu'il s'agit de faire fonctionner un système technique. L'aspect organisationnel ensuite, qui est fondamental, avec une volonté permanente d'analyse, d'adaptation de cette organisation,[10],[11]. Le choix d'un tel outil pédagogique est justifié par une double nécessité : celle de créer des situations aussi proches que possible de la réalité d'exploitation, d'une part, ainsi que d'entraîner une équipe à piloter un système technique complexe en groupe, d'autre part.

### **3. La simulation en santé**

Au 18ème siècle madame du Coudray, sage-femme, a créé un mannequin et a commencé à se déplacer dans les provinces de la France pour enseigner l'accouchement aux matrones des campagnes. Ces modèles avaient pour but de recréer les manœuvres obstétricales. Elle parcourt ainsi la France pendant près de 25 ans et forme plus de 5000 femmes grâce à la simulation. Au cours de sa campagne de formation, il est estimé qu'environ 4000 sages femmes utilisaient ses mannequins à travers toute la France, et que la mortalité infantile a montré dans les années suivantes une nette diminution.



**Figure 1 : Mannequin pédagogique d'accouchement de Madame Du Coudray [41]**

Entre 1910 et les années 70 un mannequin de bois surnommé « madame Chases » sera utilisé par les élèves infirmières du Hartford Hospital training school of nurses pour pratiquer des soins de nursing de base.



**Figure 2 : Madame Chases mannequin utilisé par les infirmières du *Hartford Hospital Training School***

Ce modèle va se perfectionner par la suite et sera même utilisé par l'armée américaine durant la seconde guerre mondiale.

Le professeur Peter Safar, du Baltimor City hospital a tenté de perfectionner durant les années 50 les manœuvres de réanimation cardio-respiratoire (RCP). À cette époque-là, il avait constamment besoin de la contribution de membres de son équipe pour simuler des patients : les volontaires étaient alors endormis et intubés. Devant le manque évident de modèle de simulation il finira par s'associer au le médecin norvégien Bjorn Lind pour tenter de développer un modèle adapté à la Réanimation cardiopulmonaire.

De très nombreux exemples sont retrouvés dans l'histoire. En effet, au Moyen-Âge, les chevaliers s'entraînaient avec des simulateurs pour développer leurs aptitudes et compétences au combat. A la Renaissance le jeu de rôle au théâtre est largement utilisé comme art pédagogique [12]

Parallèlement à l'évolution technologique, un mannequin de simulation est mis au point par le docteur Michael Gordon et sera nommé « Hervé ». Dédié strictement à la cardiologie, Hervé peut mimer au-delà de 30 pathologies cardiaques. Il a été créé principalement pour améliorer les compétences cardiovasculaires du personnel médical. En imitant les fonctions cardiaques de base du corps humain, il propose un exercice d'entraînement beaucoup plus réaliste qu'une conférence traditionnelle en classe<sup>1</sup>. Tout en évitant le risque de pratiquer sur un vrai patient, les simulateurs préparent les étudiants à des situations du monde réel .[13]

Le « Sim Man3G » est le modèle le plus utilisé pour la simulation en médecine d'urgence. Il est proposé en 2000 par Laerdal et a été perfectionné au fil des années. Le dernier modèle « SIMAN 3G+ » est très avancé et a la possibilité de mimer des symptômes neurologiques mais aussi physiques. Il est doté de haute technologie telle que : la présence de pouls, la reconnaissance automatique des drogues, la possibilité de pose de défibrillateur. (Figure 3)



**Figure 3 : Mannequin de SimMan 3G+**

#### **4. Domaines de la simulation en santé**

Les données dont on dispose sur l'état des lieux international de la simulation en santé sont difficilement retrouvées dans la littérature. Néanmoins, on parvient à retrouver plusieurs études et revues thématiques. Une enquête publiée en 2000 avait pour but de regrouper les informations concernant l'utilisation de la simulation dans le cadre de la formation et l'évaluation ainsi que la recherche en anesthésie. [14]

Un questionnaire de soixante-sept paramètres avait été envoyé à cent cinquante-huit centres de plusieurs pays qui utilisent la simulation médicale. Sur environ 5 000 articles étudiés concernant la formation par la simulation des professionnels de santé, soixante-douze articles et ouvrages utilisaient les termes « simulation », « patient standardisé » et « jeu de rôle » dans la formation en psychiatrie.

La simulation et le recours aux patients standardisés sont utiles et adaptés à la formation et l'évaluation. Ce mode de formation était tout à fait accepté que ce soit par les étudiants en formation initiale ou par les professionnels en termes de formation continue. Le jeu de rôle occupait lui aussi une place importante.

Plusieurs travaux ont concerné la simulation chirurgicale [15]. La formation aux actes interventionnels consistait à atteindre des objectifs cliniques, techniques et comportementaux. La nécessité de répéter les gestes techniques précis a conduit à utiliser des modèles tels les animaux ou les cadavres, et plus récemment à l'utilisation de simulateurs.

La simulation a touché progressivement différents domaines de la santé, à savoir :

- La réanimation cardio-respiratoire, dans laquelle la simulation permet une meilleure application de recommandations scientifiques après formation du simulateur [16,17]
- La prise en charge du traumatisme crânien grave et du traumatisme thoracique: la formation par la simulation procédurale des internes, des résidents et des urgentistes a permis une amélioration significative des compétences et par conséquent l'amélioration du pronostic du patient.
- Le domaine de la fibroscopie (figure 4) : la simulation a prouvé son efficacité par l'amélioration du taux de réussite de l'acte et la diminution de la durée d'intubation.



**Figure 4 : Endo mentor simulateur d'endoscopie**

- L'obstétrique: de nombreux articles scientifiques ont insisté sur l'intérêt de la simulation dans l'amélioration de la formation et des pratiques des sages femmes, des internes des résidents et de professionnels de la santé. Celle-ci leur a permis de passer à un niveau de confiance supérieur concernant des situations difficiles telles que les présentations dystociques et les hémorragies de délivrance



**Figure 5 : Simulateur avancé d'obstétrique**

## **5. Limites**

La principale limite est le coût conséquent pour la mise en place d'un programme de simulation. Celui-ci va se répartir entre les locaux, le matériel, mais essentiellement sur le personnel. La présence d'un personnel qualifié en simulation demeure indispensable [18]

L'équipe de base pourrait être représentée par un médecin, un infirmier ou un technicien. Selon les locaux, le matériel (procédural ou mannequin HF), et le personnel présent, les frais de fonctionnement peuvent varier en allant d'une dizaine de milliers à plus d'un million d'euros, avec dans certaines situations un coût de maintenance annuel qui peut s'élever presque à la moitié du coût d'investissement initial.

Prenons les exemples suivants :

- Le coût de mise en place du Sunnybrook Health Center de Toronto était estimé à 665 000 dollars US, dont 85% étaient destinés à l'achat du matériel et 15% aux salaires du personnel. Le coût annuel était de 165 000 dollars américains.
- Le coût initial était de 876 485 dollars US pour la rénovation de locaux et l'achat du matériel, et le coût annuel de fonctionnement était estimé à 361 425 dollars US .
- À Angers, en France, le coût initial du centre de simulation en santé, ouvert en 2007, avoisinait "seulement" les 50.000 euros. ". Ils ont commencé avec les moyens du bord dans une salle unique se souvient Jean-Claude Granry.
- Ceci dit, une simulation par patient standardisé ne nécessite généralement que très peu de moyens, et peut être un début.

Le coût cependant, n'est pas la seule limite, malgré le progrès en robotique, le matériel actuellement commercialisé peine toujours à recréer le réalisme d'un patient en chair et en os. La réalité virtuelle utilisée en chirurgie tente de palier à ce manque et propose une simulation plus immersive et plus engagée. Celle-ci peut être contextualisée selon le besoin. L'avenir de la simulation passera alors très probablement par la réalité virtuelle, pour s'amender de ses limites et proposer une simulation plus efficiente dans le domaine de la santé | [19].

Par ailleurs, le manque d'effectif représente aussi un frein au développement des ateliers de simulation. En effet, le ratio professeurs/étudiants est de l'ordre d'un professeur pour entre 5 et 10 étudiants, il faudrait donc plus de ressources humaines pour l'organisation et le bon déroulement des scénarios.

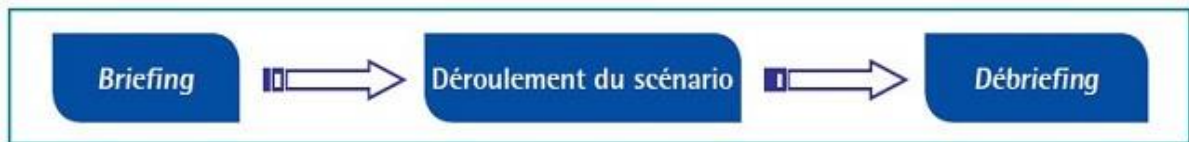
Sans oublier que la simulation consomme du temps. En effet, la préparation des scénarios ( entre leur rédaction, leur amélioration et leur correction) , l'organisation du lieu, du matériel, de la formation des apprenants, prennent le plus de temps à être mis en place, parallèlement à la durée du briefing qui précède la séance de simulation ( 10 à 15 minutes), suivi du passage sur simulateur, dont la durée dépendra du scénario, et se termine par un débriefing qui lui aussi prend un temps non négligeable (30 à 45 minutes en moyenne, mais il peut se prolonger bien au-delà) [55]. Le facteur temps constitue donc une des limites à la bonne formation des participants.

## 6. Enseignement par la simulation

### 6.1. Déroulement d'une séance de simulation

Une séance de simulation se déroule selon un schéma préétabli et comprend 3 phases distinctes : le briefing, le déroulement du scénario et le débriefing.

**Tableau 1 : Étapes de déroulement d'une séance de simulation.**



**Première partie : le Briefing :** Etape importante à travers laquelle le formateur précise le cadre de la séance de simulation et ses objectifs. C'est un temps indispensable pour :

- La familiarisation des apprenants avec les matériaux, par exemple : possibilité et limite du mannequin, matériel à disposition ;
- La présentation du contexte et de l'histoire qui a précédé la prise en charge simulée.
- La présentation de l'environnement (exemple : configuration des locaux, présence de personne tierce ou de la famille)

De manière générale, le formateur parvient à mettre à l'aise les apprenants afin de créer un environnement idéal à l'apprentissage. De ce fait, le briefing permet le bon déroulement du scénario et la préparation du débriefing.

- **Seconde partie: le déroulement du scénario:**

Une fois le briefing fait, le scénario est mis en œuvre par les apprenants et guidé par les formateurs qui adaptent leur évolution selon leurs réactions. Pendant le déroulement du scénario, le formateur a un rôle double : d'une part, celui de faire évoluer le scénario pour maintenir les apprenants en situation de résolution de problème, et d'autre part celui d'évaluer les apprenants. Il peut intervenir par lui-même ou via un facilitateur pour aider les apprenants. On peut avoir recours à un enregistrement vidéo du scénario lors du débriefing.

- **Troisième partie: le Débriefing**

Le débriefing est le temps d'analyse de pratiques et de synthèse qui fait suite à la mise en situation simulée. C'est le principal temps d'apprentissage et de réflexion de la séance de simulation. Il doit durer au minimum autant que le déroulement du scénario mais peut se prolonger bien au-delà. Toute la session d'une simulation est faite pour le débriefing.

## 6.2. Techniques de simulations utilisées

- Les différentes approches de la simulation peuvent être résumées par la figure ci-dessous.[42]

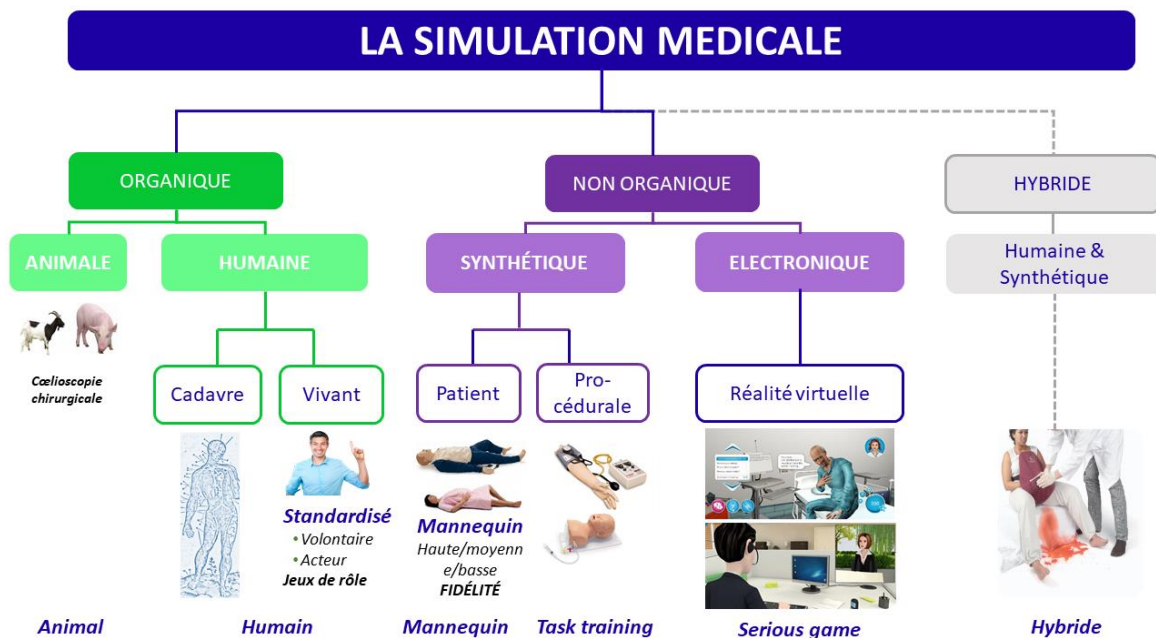


Figure 6 : Les différentes techniques de la simulation en santé

Ainsi les techniques de la simulation le plus souvent utilisées dans le domaine de la santé sont :

### **a- Simulation Organique**

Qui peut être réalisée sur animal ou sur un humain :

- **Sur animal :**

L'exemple type est celui de l'utilisation de cochons pour des chirurgies par coelioscopie.

- **Sur humain :**

Elle peut se faire sur un cadavre avec comme exemple des dissections sur une partie du corps.

Ou sur patient vivant, il s'agit alors d'un patient standardisé ou patient simulé avec des consultations simulées. Des patients ou des acteurs sont sollicités et se basent sur un scénario préétabli et sur une description détaillée de leur « rôle ». Ce type de technique est intéressant autant pour des étudiants en médecine que des paramédicaux voir même des professionnels de santé seniors. Ces méthodes ont pour objectif de développer les compétences techniques et non techniques tel que la communication avec le patient quand il existe un enjeu fort, ou lorsqu'il convient de donner une information complexe à un patient. [43]



**Figure 7 : Exemple de patient standardisé.**

## b- Simulation non organique

Qui peut être divisée en 2 genres, la simulation synthétique et la simulation électronique

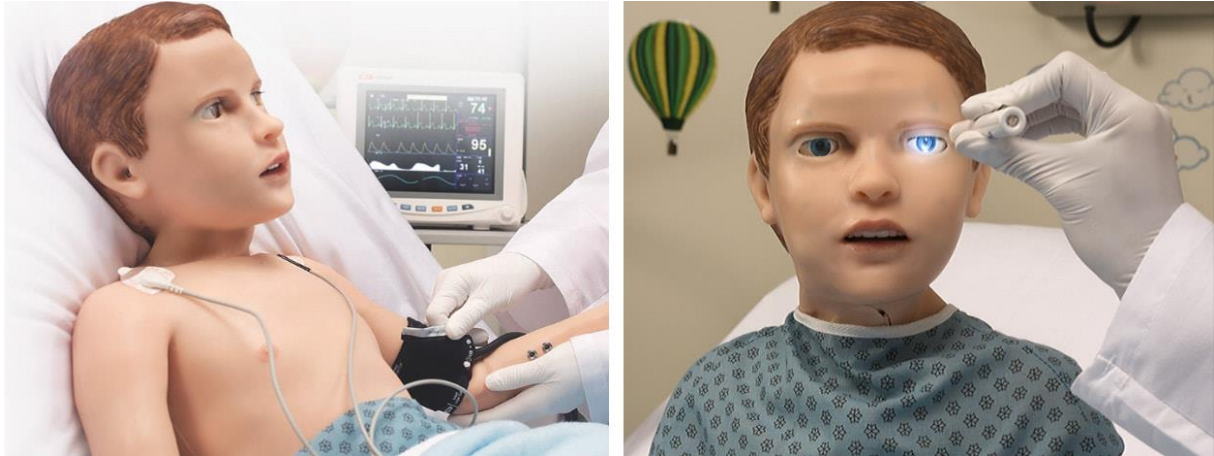
- **La simulation synthétique** peut être réalisée par :

-Un patient, représenté par un mannequin qui peut être de fidélité basse, moyenne, ou haute. Le mannequin de basse fidélité est un mannequin qui ne comporte que les fonctions de base. Il peut par exemple être utilisé pour la réanimation cardiopulmonaire de base. Le mannequin de basse fidélité ne peut ni bouger, ni cligner des yeux, ni être perfusé, ni s'exprimer. Contrairement à un mannequin de haute-fidélité, qui est plus réaliste et capable de respirer, parler via un ordinateur ou répondre à des stimuli lors d'interventions. Le mannequin obéit à un scénario préétabli. Le formateur peut faire varier les constantes vitales et l'état clinique du mannequin, selon les besoins. Il s'agit d'un Simulateur de Haute-fidélité " mannequin piloté par informatique"

Les mannequins peuvent être de grandeur nature adulte, enfant, nourrisson ou nouveau-né en fonction du besoin.



**Figure 8 : Simulateur d'Haute-fidélité adulte (à droite) et de basse fidélité (à gauche)**



**Figure 9 : Simulateur d'Haute-fidélité enfant**



**Figure 10 : Simulateur Haute-fidélité nourrisson.**

-Simulation Procédurale :

La simulation procédurale est une méthode qui utilise un simulateur (synthétique, humain, numérique...) pour enseigner ou reproduire un processus permettant de conduire une succession d'opérations pour l'accomplissement d'une tâche déterminée. En pratique, c'est un apprentissage de gestes techniques sur des parties de mannequins ou de corps humains comme par exemple l'apprentissage de l'intra-osseuse sur un tibia synthétique, ou encore des bras pour perfusion, ou l'apprentissage de sutures sur des peaux synthétiques. Ces méthodes permettent la répétition de gestes dans une procédure, le plus souvent technique, et cela sans engendrer de risque pour le patient.



**Figure 11 : Simulateur procédural pour la prise de voie veineuse périphérique, voie intra-osseuse, prélèvement biologiques. [44]**

Certains simulateurs sont encore plus sophistiqués et permettent de reproduire des situations interventionnelles de haute technicité comme c'est le cas des simulateurs de coronarographies, d'angiographie, de bronchoscopie, comme le montre la figure (12) ci-dessous :



**Figure 12 : Simulateur endovasculaire.**

- **La simulation électronique ou Réalité visuelle basée sur les interfaces d'écrans**

L'apprenant porte un casque et immergé dans un jeu de réalité virtuelle, dans lequel il affronte une situation d'urgence, qu'il est doit gérer comme dans la vraie vie.

Ce type de simulation permet d'appréhender les situations complexes, ou d'étudier des concepts illustrés de manière plus concrète par les modèles informatiques. Ces applications sont interactives et permettent de comprendre comment un équipement peut être utilisé, elles permettent aussi de s'entraîner à prendre des décisions thérapeutiques pour un patient virtuel en fonction de la variation de différentes paramètres.

Plusieurs exemples sont disponibles, l'implantation de sondes de simulation ; la manipulation d'instruments dans le cadre des ablations de flutter , l'analyse des ECG ; la localisation et ponction trans-septales ...



**Figure 13 : Simulateur de réalité virtuelle [45]**

Les avantages de ces simulateurs sont nombreux et reconnus : sans risque pour le patient, aucune exposition aux rayons X, une durée de formation illimitée, ainsi qu'une efficacité pour se familiariser avec les différents aspects d'une procédure.

### **c- Simulation hybride**

Il s'agit là d'une combinaison entre un patient simulé et une partie de mannequin. Comme représenté sur la figure 12, on voit un bassin d'accouchement avec une patiente standardisée. Ou encore une peau ou un bras simulé pour perfusion, mais portés par un patient standardisé.

Contextualisées et combinées, ces associations permettent d'obtenir les impressions du patient et de donner des sensations à l'apprenant, dans ce cas, ces méthodes seront qualifiées d'haute-fidélité.



**Figure 14 : La simulation hybride en obstétrique**

## **7. Simulation en santé: Etat des lieux**

### **7.1. État des lieux en Amérique du Nord**

La formation par simulation en Amérique du Nord a depuis toujours été considérée comme un argument majeur d'attractivité des établissements de santé. La simulation est utilisée pour la certification des professionnels de santé. En effet, une accréditation des centres est possible à travers des référentiels validés. [20, 21]

Le premier centre de simulation canadien a vu le jour en 1995 à Toronto, quelques temps après les premiers centres aux États-Unis. Il existait une demi-douzaine de centres de simulation en 1999, contre plus de 60 lors du recensement fait en 2009 [22]. Ceci correspond à près de 80 programmes de simulation d'après les estimations. De nos jours, les établissements de soins et de formation ne disposant pas de centre de simulation, sont considérés comme moins attractifs aussi bien pour les patients que pour les étudiants. Les centres de simulation représentent donc en plus une vitrine pour la promotion de l'excellence des établissements de soins et de formation.

L'accréditation des centres de simulation a pris place aussi bien aux États-Unis qu'au Canada. Aux États-Unis, de nombreux organismes ont le pouvoir de certifier les formations dispensées par les centres de simulation : la société internationale de simulation en santé, la société américaine des anesthésistes (ASA), la société américaine des chirurgiens (ACS). Tandis qu'au Canada, le Collège royal est le seul à pouvoir accréditer chaque programme de simulation pour l'ensemble des formations dispensées par ce centre.

L'Amérique du Nord dispose de simulateurs de différents niveaux de fidélité allant de la simple maquette procédurale jusqu'au simulateur d'haute-fidélité informatisé à la Réalité virtuelle contextualisée.

- **Financement :**

En ce qui concerne le financement des programmes et centres, au début, il était principalement public. Puis, au fil du temps, des centres privés ont été créés, principalement aux Etats-Unis. Le Canada quant à lui, a privilégié les partenariats privé-public. Leur modèle économique repose sur le principe d'autofinancement par les formations, les donations et la recherche, une fois la phase de lancement initiale passée. [23]

En bref, la simulation fait partie intégrante du monde de la santé en Amérique du Nord. Celle-ci étant devenue un des principaux éléments de la formation de toutes les professions médicales et paramédicales dans ces pays.

## **7.2. État des lieux en Europe**

L'analyse de la simulation en Europe a été réalisée par le biais d'une enquête portant sur neuf centres de simulation représentatifs de huit pays européens. Dans cette enquête on s'est basé majoritairement sur l'étude faite par la Haute Autorité de Santé française (HAS). Cette étude a pour but de donner un aperçu sur les centres européens.

- **Centres étudiés**

L'étude a intéressé 8 centres publics et 1 centre privé : deux sont rattachés à l'université, une est une fondation, un est rattaché à la région et plus de la moitié revient au CHU (tableau 2)

**Tableau 2 : Les différents centres participants à l'enquête HAS française.**

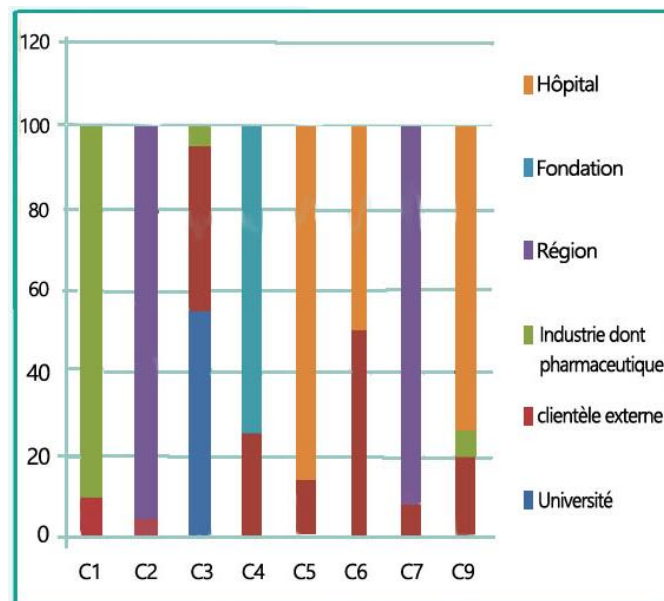
Bologne	Italie
Copenhague	Danemark
Gjovik	Norvège
Genève	Suisse
Santiago de Compostela	Espagne
Stavenger	Norvège
Tubingen	Allemagne
Université de Hertfordshire	Royaume-Uni
Swindon	Royaume-Uni

Presque la moitié des centres a été créée avant 2001. L'Espagne a développé une politique nationale concernant l'instauration des centres de simulation.

Les  $\frac{2}{3}$  des centres sont dirigés par des médecins travaillant à l'hôpital et à l'université.

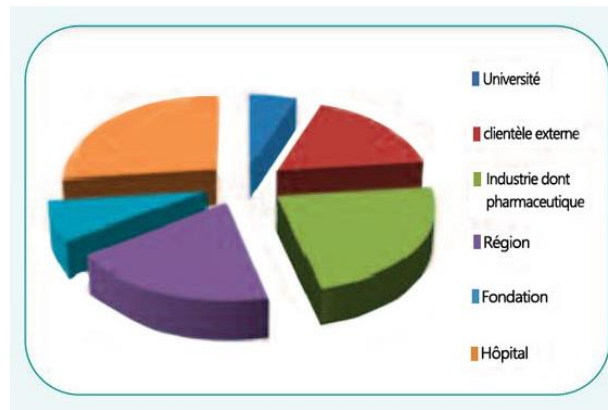
- **Financement de départ**

Plusieurs centres sont financés de manière non négligeable par la clientèle externe à l'hôpital ou à l'université, comme le montre la figure (15) ci-dessous, représentant la répartition du financement initial des neufs centres d'étude.



**Figure 15 : Financement de départ des 9 centres d'études.**

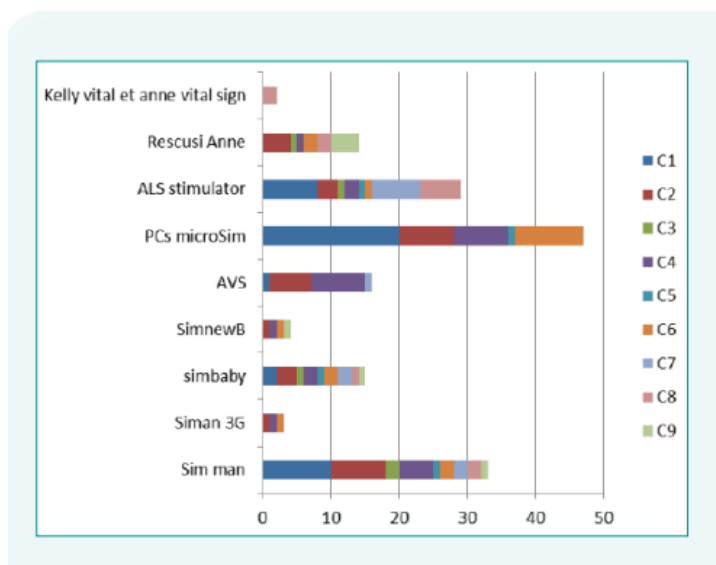
De manière générale, les principaux financeurs des centres de simulations européens sont les fonds privés de l'industrie en incluant l'industrie pharmaceutique et les centres hospitaliers.



**Figure 16 : Répartition générale du financement.**

- **Equipement**

Les centres européens sont bien équipés. Le plus souvent c'est le SimMan®, l'ALS, l'AVS et SimBaby™ qui sont utilisés.



**Figure 17 : Différents types d'équipements des centres de simulation**

## ● Scénarios

Tous les centres utilisent des scénarios comme base de formation. (Tableau 3)

**Tableau 3 : Les différents scénarios utilisés comme base de formation.**

Principaux types de scénarios	
Arrêt cardio-respiratoire	Coma
Douleur thoracique	Complication anesthésique
Choc hémorragique	Intubation difficile
Infarctus du myocarde	Anaphylaxie
Traumatismes	<i>Debriefing</i> d'accident
Épilepsie	Réanimation néonatale
Consultation d'annonce de mauvaise nouvelle	Complications néonatales

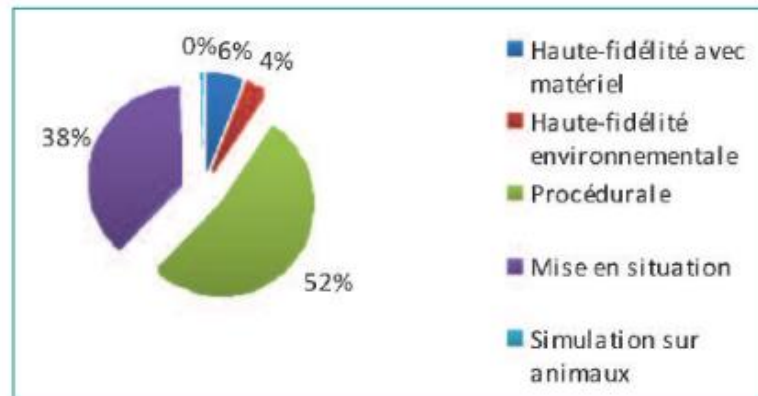
## ● État des lieux de la simulation en France

La simulation en santé est considérée comme une activité émergente en France. Ayant pour objectif d'identifier les lacunes de son organisation et de mesurer le niveau d'avancement, la HAS a établi deux enquêtes:

- La première est purement descriptive, permettant à la fois une reconnaissance des domaines couverts et ceux à développer.
- La deuxième consiste à délimiter le fonctionnement et l'organisation des centres français.

Le rapport fait par la HAS a objectivé quelques points : L'activité de simulation en santé se répartit sur l'ensemble du territoire national et intéresse toutes les disciplines. Les centres de simulation français disposent de locaux dédiés, mais la surface disponible reste assez limitée. Les locaux secondaires dédiés au débriefing sont sous-développés. L'ensemble des centres déclare utiliser au moins un matériel haute-fidélité. Mais les matériels et équipements demeurent assez peu nombreux et restent assez peu diversifiés à l'exception de certains établissements. La simulation qui a recours à un environnement virtuel est quasi inexistante. Plusieurs thèmes ou disciplines sont couverts par la simulation même si certains thèmes sont plus récurrents tels que ceux se rapportant à l'anesthésie réanimation, à la médecine d'urgence et à la périnatalité.

L'analyse des techniques de simulation a prouvé que les deux méthodes les plus régulièrement retrouvées en France sont : la simulation procédurale et les mises en situation ( Figure 18):

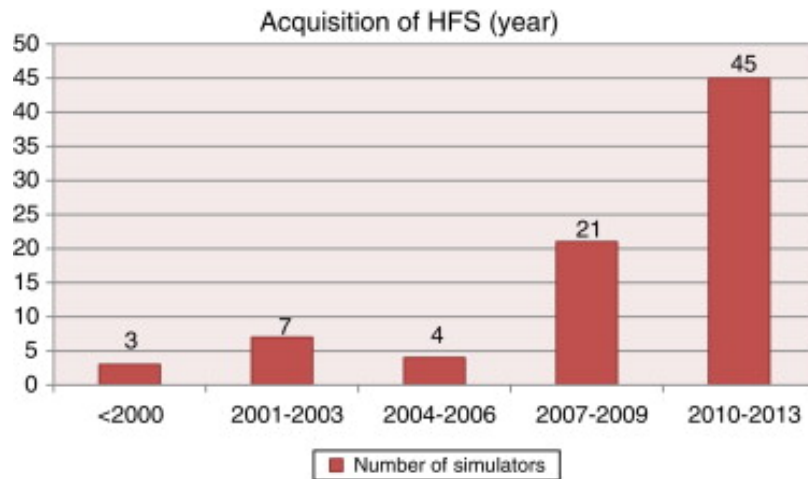


**Figure 18 : Répartition globale des techniques de simulation en France.**

Le financement est limité et de sources multiples. Tous les centres se disent avoir trouvé des difficultés pour obtenir le financement de départ et pour maintenir le financement de fonctionnement. Plus de la moitié des établissements a démarré avec un financement initial de moins de 100 000 euros (à noter qu'un mannequin haute-fidélité adulte coûte en moyenne 40 000 euros). Les délais d'obtention du financement varient et peuvent aller d'une semaine à trois ans.

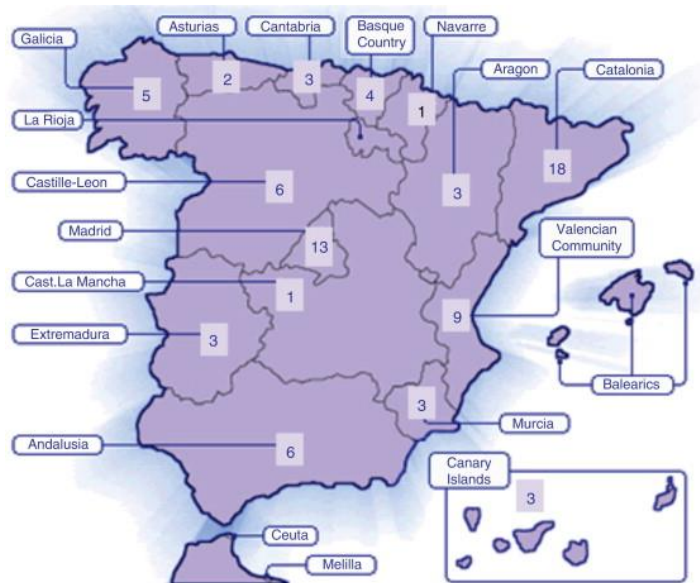
- **État des lieux en Espagne**

À l'instar de plusieurs pays européens, l'Espagne s'est elle aussi intéressée à la simulation médicale. Les centres de simulation espagnols disposent de simulateurs de différents niveaux de fidélité. Le processus d'introduction de simulateur HF en Espagne était lentement progressif (seules 3 institutions étaient équipées de simulateurs HF à la fin des années 90), avec une nette florescence ces 6 dernières années (plus de 66 dispositifs ont été acquis par différents centres) [24]. L'évolution d'installation des centres disposant d'équipement HF en Espagne est représentée par la figure (19) ci-dessous.



**Figure 19 : Évolution du nombre de centres de simulations équipées de simulateurs HF**

En Espagne comme au Royaume-Uni, il y a une répartition géographique inégale des centres de simulation disposant d'équipement HF dans le pays ( figure 20) . ils sont concentrés essentiellement dans les grandes communautés autonome à savoir: Catalogne (18 centres) Madrid (13 centres) Valence ( 9 centres) Andalousie castille et Leon (6 centres chacun) région de Galice (5 centres) basque (4 centres) région de Murcie Aragon cantabri Estrémadure îles Canaries (3 centres chacun) Asturies (2 centres) Castille et Navarre (1 centre)



**Figure 20 : Répartition géographique des centres espagnols disposants de simulateurs**

- **Etat des lieux au Royaume-Uni**

En 2010, le NHS (National health service) du Royaume-Uni a effectué un rapport concernant l'organisation ainsi que le financement des centres de simulation médicale. Ce dernier souligne le rôle primordial de la simulation dans le cadre de la formation initiale et continue, sous toutes ses formes pour les professions médicales et paramédicales, permettant de ce fait l'élaboration d'un système de soins plus efficace.

Le budget financier détermine la nature et la qualité du matériel utilisé en simulation ce qui rend la généralisation des simulateurs haute-fidélité très difficile. L'accès des apprenants au centre de simulation est limité surtout par les mesures de protection qui entourent ces simulateurs.

Une plus grande transparence sur le financement demeure primordiale. Celle-ci est réclamée par plusieurs centres, dont certains se retrouvent contraints à faire payer leurs formations en cas de manque de subvention. [46]

### **7.3. État des lieux en Afrique**

La simulation en a connu plusieurs problèmes avant de prendre forme.

En Afrique du Sud, l'accès aux installations de formation par simulation dans les universités est un processus progressif qui a mis plus d'une décennie à prendre place. Le " Cap Town South Africa simulation training lab" a révolutionné la formation médicale en Afrique du Sud en offrant aux stagiaires une expérience virtuelle et pratique de très haut niveau. [25]

Une collaboration valant plusieurs millions de dollars entre l'Université de Stellenbosch et la société de technologie mondiale Medtronic a vu le jour par l'établissement dans un laboratoire de simulation médicale. D'après Peter Fuller, vice-président du groupe Medtronic, d'autres pays de l'Afrique subsaharienne vont par la suite bénéficier du même projet tels que le Kenya, l'Éthiopie et d'autres pays de la région. [26]

Dans ce sens, d'autres pays africains ont eux aussi établi des partenariats avec les différents pays pionniers en simulation pour pouvoir financer leurs projets et accroître leur expérience: exemple du Rwanda qui bénéficie de deux centres de simulation grâce à deux partenariats avec le Canada et les USA.

## **7.4. État des lieux au Maroc**

Au cours des dernières décennies, et particulièrement de ces vingt dernières années, la simulation médicale s'est imposée, et s'impose de plus en plus, comme une modalité indispensable d'enseignement. Ce n'est que plus récemment qu'elle émerge en matière de pédagogie médicale au Maroc.

Au Maroc, un des principes pédagogiques de la nouvelle réforme des études médicales est de former des praticiens réflexifs. Autrement dit former des « praticiens capables de délibérer sur leur propre pratique, de les objectiver et de les partager, de les améliorer et d'introduire des innovations susceptibles d'accroître leur efficacité » [37].

Le début de la simulation au Maroc revient majoritairement à des efforts personnels de quelques équipes des principales villes marocaines.

Le Ministère de la santé a fait un effort conséquent, en équipant les différents centres d'enseignement en soins et gestes d'urgence (CESU) par le matériel de simulation :

- Mannequins de basse fidélité
- Mannequin de haute-fidélité

Les principaux CESU au Maroc sont localisés dans les villes suivantes : Casablanca - Rabat - Marrakech - Fès - Oujda - Meknès - Safi - Settat - Tanger.

- **a : Centres de Simulation médicale de Casablanca**

La première séance d'enseignement par simulation médicale haute-fidélité à Casablanca a eu lieu le 19 février 2009. Une salle de 80 m<sup>2</sup> avait été dédiée au niveau du SAMU de Casablanca à fin de dispenser ce type d'enseignement. Le public-cible étant principalement constitué de médecins internes, de résidents, étudiants en médecine, infirmiers et techniciens ambulanciers. Sur les deux premières années de fonctionnement, 368 personnes avaient bénéficié d'une formation par simulation médicale. Devant le succès de cette méthode pédagogique, de plus en plus de centres de simulation médicale sont en train de voir le jour à la faculté de médecine et de pharmacie de Casablanca.

C'est en grande partie grâce au Pr. Mouhaoui, professeur agrégé de l'enseignement supérieur en anesthésie réanimation et médecine d'urgence, président de la Morocco Sim, que la simulation a vu le jour à Casablanca, et c'est par le biais de ses efforts acharnés, sa détermination, et sa motivation qu'elle s'est développée au fil des années et s'est étendue aux autres villes du Maroc.

- International Medical Simulation Center (IMSC) : Inauguré le 15 Décembre 2016 par Sa Majesté le Roi Mohammed VI, l'International Medical Simulation Center, ou IMSC est un hôpital de simulation consacré à la formation par simulation, d'apprenants issus particulièrement du domaine de la santé. Au-delà de sa mission fondamentale de formation, IMSC s'est aussi fixé pour objectif d'être un acteur principal de l'amélioration des soins et de la santé à travers la formation des professionnels de santé experts et en participant à la démocratisation de la simulation au Maroc et en Afrique , et ce, par le biais de la généralisation de l'utilisation de la simulation comme méthode pédagogique dans la formation initiale mais aussi continue des professions paramédicales et médicales. [54]
- Le Centre de simulation médicale de Casablanca (Casablanca Medical simulation center), situé à la Faculté de médecine et de pharmacie de Casablanca, de l'université Hassan II , où avait eu lieu de congrès d'HTIC, entre le 23 et le 25 février 2023 ,

- **b : Centres de simulation médicale de Marrakech**

Le centre de simulation et d'innovation en sciences de la santé (CSI-2S) de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Marrakech (FMPM) a vu le jour en 2013- 2014. Il se concentre essentiellement sur la pédagogie médicale en adoptant l'enseignement basé sur les technologies numériques de la dernière génération et la simulation. C'est un centre interprofessionnel et multidisciplinaire où les étudiants, les médecins, personnels infirmiers et thérapeutes travaillent et évoluent dans un environnement reproduisant fidèlement les conditions de l'urgence, les complications, et même l'incertitude liée aux traitements médicaux, sans engendrer de conséquences pour le patient.

En ce qui concerne le matériel et outils utilisés, pendant la préparation du projet pédagogique, la faculté de Médecine et de Pharmacie de Marrakech a pu se procurer un matériel

pédagogique de basse fidélité .

- c : Centres de simulation médicale de Rabat
  - Faculté de médecine et de pharmacie de Rabat

Le Centre de simulation de la FMPR est un département pédagogique de l'Université Mohamed V Souissi, et labellisé depuis 2019. Il fonctionne comme un laboratoire universitaire, qui a pour objectif de développer la pédagogie et la recherche, et se concentre surtout sur la pédagogie dans le domaine médical à travers un enseignement qui est basé sur des technologies numériques et la simulation. C'est un centre multidisciplinaire (intégrant l'ensemble des spécialités), et qui cible la formation médicale initiale, spécialisée ou continue, en intégrant les différents professionnels et métiers de la santé [56].

Il vise à répondre aux besoins de formation croissants des professionnels de santé, ainsi que de participer aux efforts nécessaires à l'amélioration de la qualité et de la sécurité des soins. Ce centre a pour but d'optimiser l'enseignement médical et paramédical, en faisant de l'étudiant un acteur principal de sa propre formation, et à améliorer la qualité des soins en renforçant la notion de gestion des risques en médecine, et ce par le biais de solutions numériques et de simulation innovante. Une littérature scientifique riche démontre incontestablement l'importance de ces approches pédagogiques innovantes et structurantes déjà bien développées et organisées à l'étranger au niveau hospitalo-universitaire.

#### - **Programme d'enseignement par simulation à la FMPR**

Pour mieux répondre de façon adaptée aux problématiques auxquelles on fait face actuellement, le centre de simulation de la FMPR a développé plusieurs outils de simulation médicale, visant avant tout à dispenser un contenu pédagogique innovant et original, spécifique mais aussi adapté. Et donc, à partir de situations cliniques fréquentes, l'équipe pédagogique a créé des scénarios de simulation (et ce en incluant un briefing, une mise en situation réaliste, et un débriefing adapté aux objectifs pédagogiques ainsi qu'aux apprenants), qui peuvent être aussi bien réalisés par des jeux de rôles, par patients standardisés, ou sur des mannequins de simulation de basse, moyenne et haute-fidélité.

Chaque scénario a lieu en temps réel, et fait intervenir de façon réaliste les éléments classiques de la PEC médicale, qui sont : l'interrogatoire, l'examen clinique, les examens complémentaires (images, sons, vidéos), pour pouvoir aboutir à un raisonnement et une synthèse menant à la mise en place d'une thérapeutique et de gestes techniques. Le principe d'intégration de la simulation médicale dans le programme pédagogique de la Faculté de Médecine de l'Université se base sur une approche permettant de renforcer pour, chaque niveau d'enseignement, la réalisation des objectifs pédagogiques spécifiques.

Ce projet a pour but d'insérer dans les programmes pédagogiques déjà existants, différentes solutions de simulations (en allant de la simulation numérique, aux mannequins mono-tâches, jusqu'aux scénarios évolués) permettant ainsi, sur des sujets précis et pour des cibles prédéfinies, d'apporter une valeur ajoutée pédagogique non négligeable. L'atout principal de ces solutions est de pouvoir entraîner des étudiants à la pratique médicale dans les différents domaines, dans des conditions quasi réelles, et sans pour autant engendrer le moindre risque pour les malades.

#### **- Formation continue au centre de simulation de la FMPR**

Le centre de simulation de la FMPR a joué un rôle clé dans la formation continue des professionnels de santé.

Parmi eux les jeunes médecins internes, sur une durée de 7 semaines, comportant différents scénarios des situations d'urgences, comme les ACR, les OAP, les états de choc, les troubles métaboliques, troubles de conscience, les détresses respiratoires, qui sont retrouvées au quotidien pendant leurs gardes, ainsi que différents ateliers pratiques, comme les ateliers de suture, d'intubation, de gazométrie, d'interprétation de l'ECG.

Elle concerne tout aussi bien les médecins externes de 7<sup>ème</sup> année, et les médecins en instance de thèse, pour les immerger dans ce qui les attend pendant leur année de gardes aux urgences des CHP, à fin d'assurer leurs gardes dans les meilleures conditions.

De nombreux DU ont aussi lieu dans le centre de simulation de la FMPR, parmi lesquelles on retrouve des DU de coelioscopie, pour les résidents en chirurgie viscérale.

○ Centre de simulation de la fondation Cheikh Zaid à Rabat :

Le centre de simulation Médicale de la Fondation Cheikh Zaid (FDCZ) a vu le jour en 2016.

Il fait appel aux outils de dernier cri et aux technologies les plus récentes dans le but de développer les compétences des différents professionnels de santé.

Les méthodes pédagogiques reproduisent des situations cliniques, de manière réaliste. Les étudiants, seuls ou en équipe, sont confrontés à des situations critiques qui leurs permettent de développer des compétences techniques ou comportementales, en perfectionnant des gestes techniques, sans engendrer le moindre risque pour les patients.

Parmi les formations que propose le centre de la Fondation Cheikh Zaid :

- Transfusion
- Médecine per-opératoire
- Anesthésie Réanimation
- Urgences
- Ethique
- Radiologie
- Obstétrique
- Néonatalogie
- d : Centres de simulation médicale de Tanger : Centre de simulation clinique et d'innovation pédagogique en science de la santé de la faculté de Médecine de Tanger

Ce centre a démarré il y a 2 ans de cela, en 2020. Avec une superficie de près de 600 m<sup>2</sup>, le Centre de Simulation Clinique et d'Innovation pédagogique en science de la santé de la faculté de médecine et de pharmacie de Tanger est doté de plusieurs locaux et de sites de formations destinés à la simulation dans les différents domaines.

Il dispose d'une technologie de dernier cri, qui permet aux étudiants, entre la 1<sup>ère</sup> année jusqu'à la fin du cursus, de disposer d'un outil pédagogique, leur permettant d'améliorer leurs connaissances. Ainsi que de s'entraîner sur des mannequins, avant d'examiner et de traiter de vrais patients.

Il représente par ailleurs une solution pour pallier au manque de terrains de stage dont souffrent les étudiants au sein des établissements de soins.

Près de 30 enseignants participent au programme de formation, et plus de 3000 apprenants ont bénéficié de formation grâce à la simulation, toutes disciplines confondues.

- e : Centres de simulation médicale de oujda

La FMPO a mis en place un centre d'apprentissage par la simulation médicale destiné à la formation initiale des médecins généralistes, des médecins spécialistes ainsi qu'à la formation continue. Ce qui constitue une réalisation importante qui vise la professionnalisation des étudiants via le développement de leurs compétences. Toutefois, la formation par simulation à la FMPO reste handicapée par les limites suivantes : Selon le rapport annuel de la Cours des comptes au titre de l'année 2018 : Cette activité est encore limitée à quatre spécialités ou services pour trente spécialités en tout, à savoir : la réanimation cardio-respiratoire, la gynéco-obstétrique, l'arthroscopie ainsi que l'endoscopie digestive en traumatologie orthopédie. Les besoins sont donc conséquents pour la généralisation de cette technique aux autres spécialités

Les laboratoires de simulation au sein de ce centre restent insuffisamment équipés. Le matériel existant est limité en nombre et moyennement diversifié comparativement à l'effectif non négligeable des étudiants. De plus en l'absence des préparateurs de labos, ce matériel n'offre pas de réelle opportunité de formation. En outre, le centre de simulation nécessite un coût élevé en termes de ressources pédagogiques, matérielles et financières, dont la FMPO ne dispose pas actuellement, ce qui limite l'expansion de ce mode d'apprentissage indéniable dans les sciences médicales.

- f : Centres de simulation médicale de Fès :Centre d'E-learning, de simulation et de Télémédecine à la faculté de Médecine et de Pharmacie de Fès

Le centre d'enseignement en soins et gestes d'urgence (CESU) de Fès est composé de : une salle de simulation, une salle de retransmission et de débriefing, un hall pour des ateliers pratiques.

Il assure en coordination avec le CHU Hassan II, la Faculté de Médecine et la Direction régionale de santé de Fès-Meknès la formation initiale et continue pour : les étudiants de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Fès : tous les étudiants de 5ème année de Médecine bénéficient depuis trois ans d'une formation aux gestes et soins d'urgence en petits groupes durant l'année universitaire. Infirmiers, résidents, internes et techniciens ambulanciers, sans oublier les médecins généralistes qui ont aussi accès au CESU.

Dernièrement, le Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche scientifique et de la formation des cadres (MESRSFC) au Maroc a consacré un budget non négligeable pour l'équipement des différentes facultés de Médecine du Royaume par les centres de simulation. La faculté de Médecine et de Pharmacie de Fès s'est ainsi dotée d'un centre dénommé CELESTE « Centre d'E-Learning, Enseignement par Simulation et Télémédecine Educative ». Ce centre comporte 6 salles de formation équipées de moyens de retransmission et des locaux techniques et administratifs. Une commission TICE (Technologies de l'Information et de la Communication dans l'Education). Des formations dédiées à la bonne utilisation des techniques de formation par simulation sont même programmées. [49]

- g : Les diplômes et Masterclass en simulation

De nombreux DU et master class ont vu le jour, dans différentes villes marocaines, parmi lesquels on retrouve :

- Le Diplôme universitaire de pédagogie et enseignement par simulation en santé, organisé au niveau de l'IMSC : International Medical Simulation Center et l'UM6SS
- Le diplôme universitaire de Simulation en santé et Innovation en Santé et Innovations

Pédagogiques. Université Hassan II Casablanca, Faculté de Médecine et de Pharmacie de Casablanca

- Le diplôme universitaire Simulation en Santé et Innovations Pédagogiques à la faculté de Médecine et de Pharmacie de Oujda
- Les masterclass de pédagogie de la simulation : Faculté de Médecine et de Pharmacie de Casablanca ( au profit des professeurs assistants de la faculté)
- Les masterclass de pédagogie de la simulation lors des congrès HTIC ( Tanger puis Casablanca)
- Masterclass de simulation médical en collaboration Smmu et cheikh zaid Rabat

- **h : La sim'cup**

La Sim'cup est un mot composé de « Sim » qui fait allusion à la simulation et « Cup » qui en anglais signifie coupe et qui fait allusion à la coupe ou au titre disputés lors d'une compétition. La Sim'cup est ainsi une compétition nationale, dont les régionales ont été disputées pour la première fois à Casablanca en 2014 . Les années qui ont suivi, toutes les facultés du royaume ont adhéré au concept. C'est une compétition qui représente avant tout le moyen pédagogique par excellence qui associe un esprit compétitif bénéfique à un apprentissage assuré dans le domaine des urgences en médecine. Les étudiants se retrouvent face à une situation d'urgence réelle mais simulée. Ceci dans le but éducatif de parvenir à une maîtrise sans mise en danger de patients.

Elle englobe un programme riche et méticuleusement préparé par toute l'équipe d'organisation, à leur tête le Pr. Mohamed Mouhaoui chef de service du SAMU au CHU Ibn Roch de Casablanca et la participation du Pr. Ibrahim Hosni chef de service de réanimation au CHU Mohammed 6 D'Oujda [53]

L'équipe de la faculté de médecine et de pharmacie de Oujda a remporté la 3ème édition de la SIMCUP nationale organisée à Fès en Juillet 2018. Puis a remporté le 14 Octobre 2019 à Prague la compétition internationale de simulation médicale, initiée par la société européenne de Médecine d'urgence, en s'imposant contre la France en final.

- i: HTIC : Healthcare innovation training center

Actuellement, le contexte de l'apprentissage des sciences de la santé répond à une ère qui est moderne et qui se caractérise par l'obligation du respect de l'éthique dans la pratique professionnelle, la nécessité d'une qualité, d'une sécurité ainsi que d'efficacité optimale des soins. C'est dans ce contexte là qu'a vu le jour la toute première édition du congrès « **Healthcare training & innovation** », organisée par la Société marocaine de simulation médicale, en partenariat avec l'Université Abdelmalek Essaâdi, la Faculté de médecine et de pharmacie de Tanger et le CHU de Tanger Tétouan Al-Hoceima, au Tangier' Sim Center, qui a eu lieu les 24, 25 et 26 février 2022 à Tanger.

Ce congrès est réparti sur plusieurs branches, incluant des conférences, des masterclass et des ateliers relatifs à la simulation procédurale, ainsi que la simulation et les soins infirmiers, la simulation haute-fidélité, les serious game, sans oublier la ludification pédagogique, la réalité virtuelle et l'intelligence artificielle qui s'appliquent aux sciences de la santé. [48]

Cette année, la deuxième édition du HTIC a eu lieu à Casablanca, sur une durée de 3 jours, entre le 23 et le 25 février 2023, organisé par La Morocco Sim, société marocaine de simulation en santé, en partenariat avec l'Université Hassan II, la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Casablanca et le CHU Ibn Rochd de Casablanca.

La prochaine édition (2024) est prévue à FES.

# VOIE INTRA OSSEUSE

## II. Rappel sur la voie Intra-osseuse

### 1. Définition

L'accès vasculaire intra-osseux (IO) fait référence au placement d'une aiguille creuse spécialisée à travers le cortex d'un os dans l'espace médullaire pour la perfusion d'un traitement médical ou pour la réalisation de tests de laboratoires. [27] [28]

### 2. Intérêt

La voie IO représente une option de recours quand l'accès veineux standard retarderait le traitement ou est difficilement obtenu à l'hôpital ou en milieu préhospitalier [29].

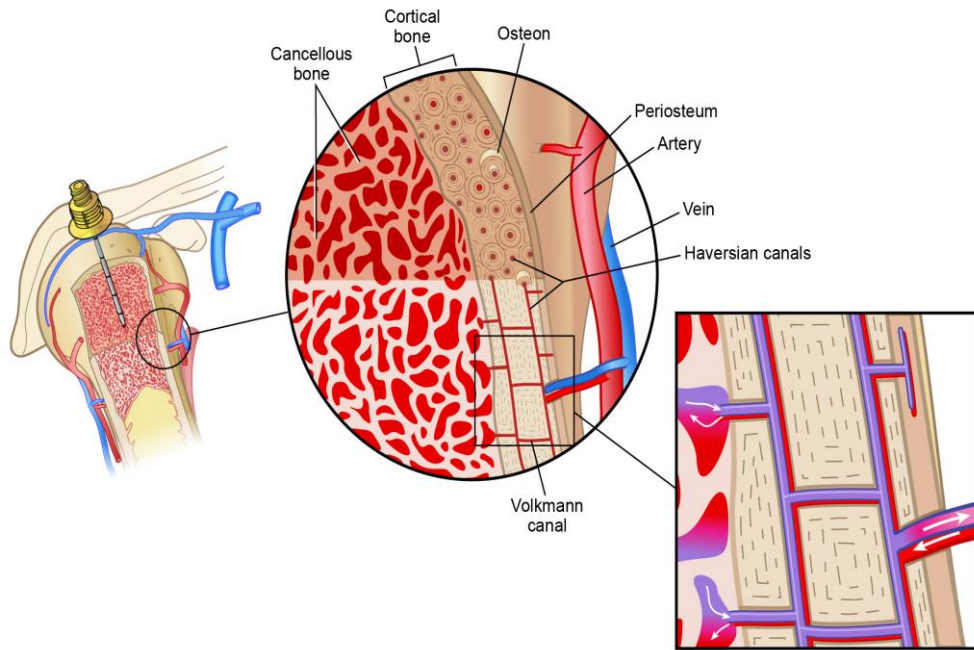
L'accès vasculaire est parfois difficile et surtout dans des situations d'urgence. Il est notamment connu que « Plus on a besoin d'une voie veineuse, plus il est difficile d'en trouver ». L'accès intra-osseux (IO) est une voie rapide, fiable et sécuritaire permettant l'administration de tous les médicaments et tous les types de perfusions.

L'IO est plus facile que l'accès veineux périphérique et les abords veineux centraux dans de nombreuses situations et acceptable pour tous les groupes d'âge, y compris les nouveau-nés prématurés. [30, 31, 32].

L'un des avantages majeurs de la voie intra-osseuse, est que le plexus vasculaire ne se collabe jamais à l'intérieur de l'os, et en fait donc une voie de prédilection lors des états de chocs, là où les voies veineuses périphériques et centrales peuvent échouer.

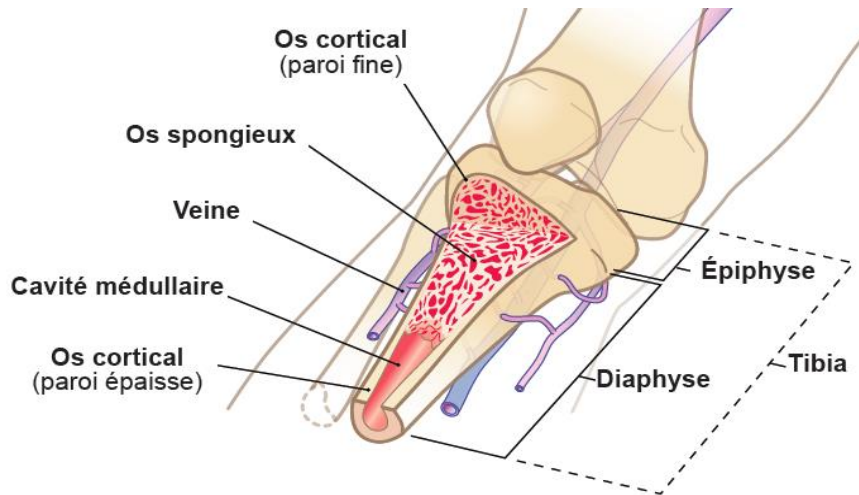
### 3. Rappels anatomiques et physiologiques:

Les os longs sont bien vascularisés et sont capables de tolérer d'importants volumes de liquides et de les transporter rapidement dans la circulation centrale. L'espace médullaire épiphysaire comprend un vaste réseau de vaisseaux sanguins, qui sont orientés verticalement (dans les canaux haversiens) et horizontalement (dans les canaux de Volkmann), comme le montre la figure ci-dessous :



**Figure 21 : Figure représentative de l'épiphyse médullaire, des canaux de Volkmann et des canaux Haversiens**

Dans ce réseau, le sang et les liquides ont un flux rapide, ils arrivent ainsi rapidement au niveau du système circulatoire central. La voie intra-osseuse se fait au niveau des Épiphyses des os longs, (tibia et humérus), en raison du fait que la couche osseuse compacte y est plus fine, et que la couche spongieuse y est plus abondante. Le cortex osseux de cette région peut donc être transpercé plus facilement, et la vascularisation est très riche à son niveau, comme le montre la figure ci-dessous : (figure 22)



**Figure 22 : Schéma anatomique montrant les différentes structures de l'os**

La pression à l'intérieur de la moelle osseuse est de 25-35 mm Hg, d'où l'intérêt de mettre une poche de contre-pression lors de la perfusion.

La cavité médullaire fonctionne telle une veine rigide, qui ne se collabe pas, y compris devant un état de choc sévère ou d'arrêt cardio-respiratoire. De nombreuses études dans lesquelles les deux voies ont été comparées (la voie veineuse et la voie intra-osseuse), ont montré que les médicaments arrivaient dans le système circulatoire central dans la même intervalle de temps et avec des concentrations similaires [47]

## 4. Indications

La voie intra-osseuse est, comme on l'a suscité, une voie clé dans certaines situations d'urgences, elle est par conséquent indiquée dans :

- L'arrêt cardiaque, ou l'absence de flux rend la prise d'une voie veineuse périphérique très difficile. Ainsi, selon toutes les recommandations 2020 sur l'arrêt cardiaque qu'elle soient américaine de l'American Heart Association « AHA », ou européennes de l'ILCOR (International liaison Committee on Resuscitation), elles préconisent l'accès IO dans le cas où des tentatives de mise en place d'un accès IV seraient vaines ou impossibles. [40]

Une revue systématique de l'ILCOR, réalisée en 2020, qui visait à comparer entre l'administration de médicaments par voie IV et par voie IO (essentiellement sur le site pr tibial) durant un arrêt cardiaque a montré que l'accès IV était corrélé à de meilleurs résultats cliniques dans 5 études rétrospectives; des analyses de sous-groupes axées sur d'autres questions cliniques ont eu des résultats comparables lorsque l'accès Intra-veineux ou l'accès intra-osseux avait été utilisé pour l'administration de médicaments. Bien que l'accès IV soit préférable, dans les situations où il est difficile à mettre en place, l'accès IO constitue une option non négligeable.

A noter qu'en ce qui concerne la prise en charge de l'ACR chez le nouveau-né et chez le nourrisson : Si un accès vasculaire est nécessaire chez le nouveau-né, ou le nourrisson, la voie veineuse ombilicale est privilégiée. Si l'accès par voie IV n'est pas possible, la voie IO peut alors être envisagée. [40]

- Devant des  tats de chocs, les vaisseaux se collabent, et la prise d'une VVP devient difficile, pour l'administration de médicaments, remplissage...
- Ou plus globalement devant tout abord veineux périphérique difficile et échec de pose d'une voie veineuse périphérique, avec besoin urgent d'accès veineux jugé par le médecin. Les cas les plus classiques sont :
  - Déshydratation sévère, durant laquelle les vaisseaux du malade sont collab s.
  - Brûlures  tendues
  - Sepsis

- Traumatisme
- État de mal épileptique
- Malade enseveli ( AVP..)

## **5. Contre-indications :**

On peut scinder les contre-indications en :

- Contre-indications absolues :
  - Absence de repères anatomiques
  - Lésion vasculaire homolatérale
  - Cellulite ou infection sur le site
  - Fracture du site osseux, car toutes les solutions perfusées se retrouveraient perdues par le site de fracture.
- Contre-indications relatives :
  - Ostéogénèse imparfaite, dans laquelle l'os est fragile et risque de se fracturer en cas de pression trop importante.
  - Ostéoporose
  - Chirurgie orthopédique récente
  - Tentative d'IO sur le même os précédent moins de 48 heures
  - Matériel orthopédique sur le membre concerné (clou, visse, ou prothèse) [33]

## 6. Protocole

### 6.1. Équipement :

- Plusieurs dispositifs existent pour l'insertion intro-osseuse, notamment :

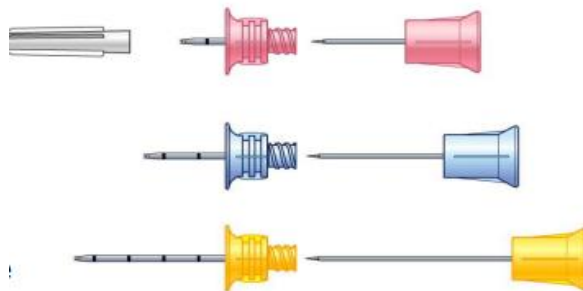
Des dispositifs manuels, qui comprennent l'aiguille Jamshidi et l'aiguille modifiée Diekman, comme le montrent les figures ci-dessous :



**Figure 23 : Illustrations de l'aiguille modifiée de Diekman (à gauche), et de l'aiguille de Jamshidi ( à droite) .**

Le choix de la taille de l'aiguille dépend de l'âge et donc de l'épaisseur du tissu mou, plus que du poids. On admet :

- Aiguille rose de 15 mm : de la naissance à 39 Kg.
- Aiguille bleue de 25 mm : à partir de 40 kg
- Aiguille jaune de 45 mm : patient obèse et site huméral chez l'adulte.



**Figure 24 : Différentes aiguilles utilisées selon l'âge et le poids.**

- Système à percussion : Il s'agit d'un trocart armé sur un système de détente, qui fonctionne comme un marteau piqueur, comme le montre la figure ci-dessous :



**Figure 25 : Icône illustrant un système à percussion : le Bone Injection Gun (BIG).**

- Système motorisé : c'est un système avec une aiguille montée sur une perceuse, et c'est la technique la plus utilisée car c'est la plus adaptée selon les recommandations. (Rapide, efficace, trou bien limité, plus pratique pour l'utilisateur, et moins traumatique pour le patient .)



**Figure 26 : Illustration du système motorisé : aiguille montée sur une perceuse : l'EZ-IO**

## 6.2. Analgésie

Une technique stérile standard doit être employée. Le site approprié est localisé. Le moment le plus douloureux lors de la mise en place de la voie intra-osseuse est celui du flush initial, et si le patient est éveillé, une anesthésie locale doit être injectée dans le site. La procédure est bien tolérée chez les patients éveillés. [34]

Il existe 2 types de douleurs :

- La douleur somatique, ressentie lors de la ponction de la peau
- La douleur viscérale ressentie lors de l'injection et de la perfusion

Elles dépendent de plusieurs facteurs intriqués :

- Le type d'aiguille utilisée
- Le site de ponction
- La pression de perfusion doit être supérieure à la pression à l'intérieur de la moelle osseuse, d'où la nécessité d'utilisation d'une poche à contre-pression.

En ce qui concerne l'analgésie utilisée, il est recommandé :

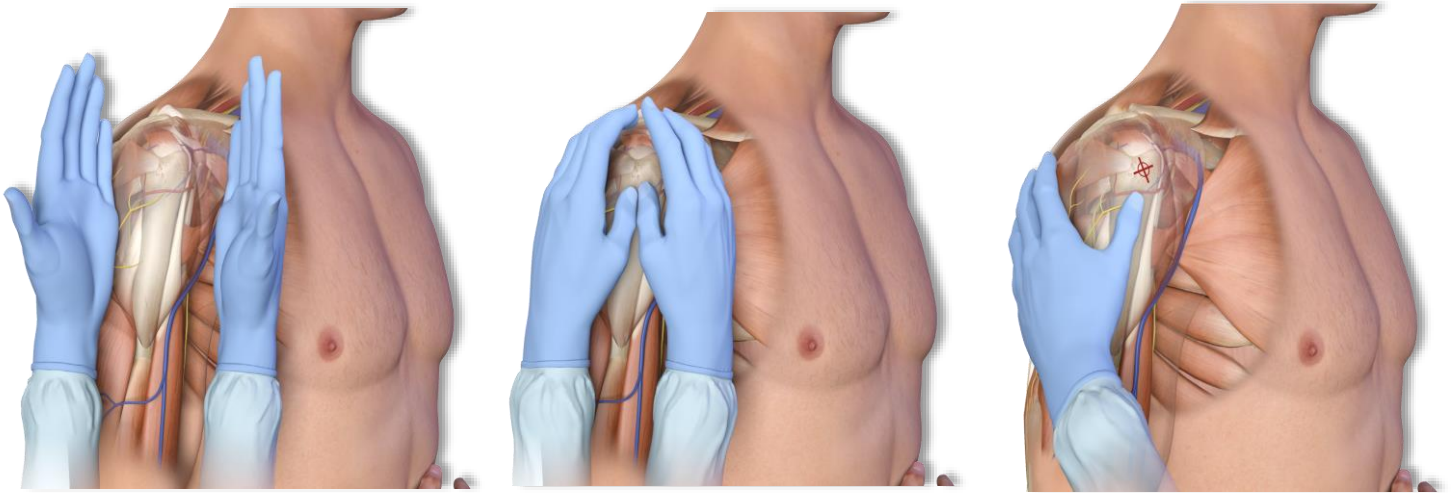
- L'utilisation de la Lidocaïne 2%,
- L'injection de 0,5 mg/Kg dès le reflux sanguin obtenu,
- Puis l'injection lente par bolus de 0,2 mL,
- Il est nécessaire d'attendre 15 à 20 secondes pour obtenir l'effet anesthésique.

## 6.3. Technique :

La technique est la même pour tous les sites mais change sur l'orientation de la perceuse pour le site huméral. Les différents sites de ponction sont :

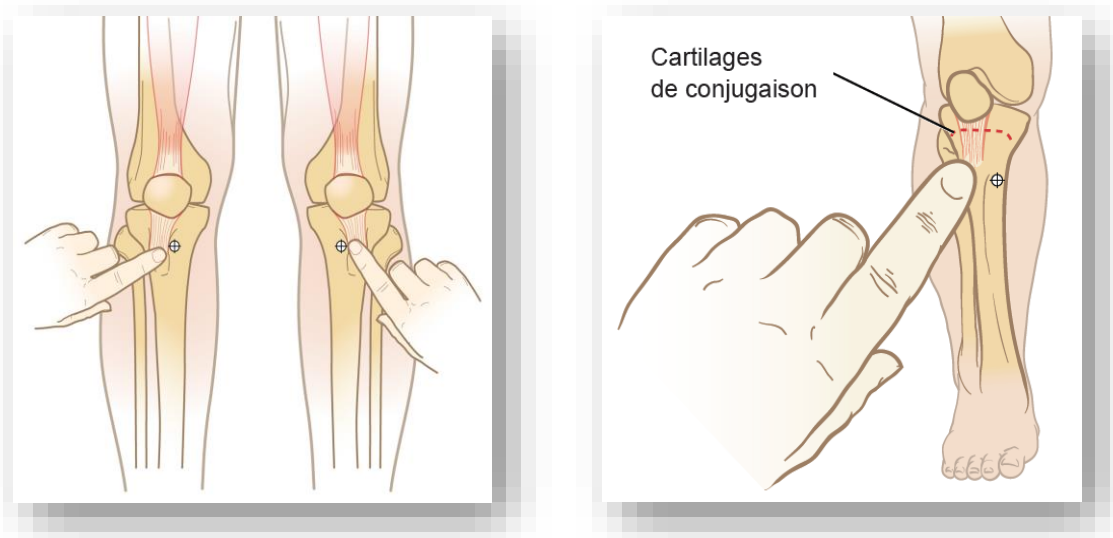
### 6.3.1. Sites de ponction :

- Humérus proximal, pour l'adulte, car elle permet un meilleur débit et donc une distribution plus rapide des solutés de perfusion.



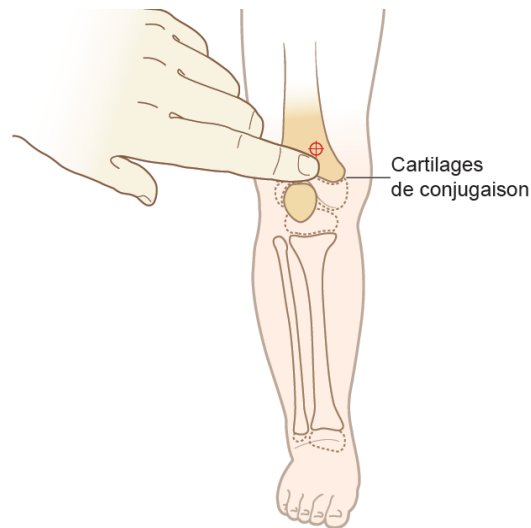
**Figure 27 : Schéma illustratif du repérage de l'humérus proximal.**

- Tibial proximal, qui est le plus important et facile d'accès chez l'enfant et le nourrisson, en prenant comme repère la tubérosité tibiale antérieure, on ponctionne 2 cm en dessous et en dedans et de la tubérosité tibiale antérieure.



**Figure 28 : Schéma illustratif du repérage du tibia proximal**

- Tibial distal,
- Fémur distal : uniquement chez l'enfant et chez le nourrisson :



**Figure 29 : Schéma illustratif du repérage du Fémur distal chez les nourrissons**

### **6.3.2. Technique de pose :**

#### 1 - Préparation à la ponction :

Repérage du site d'insertion et palpation des repères osseux,  
 Antisepsie cutanée rigoureuse, port de gants stériles.

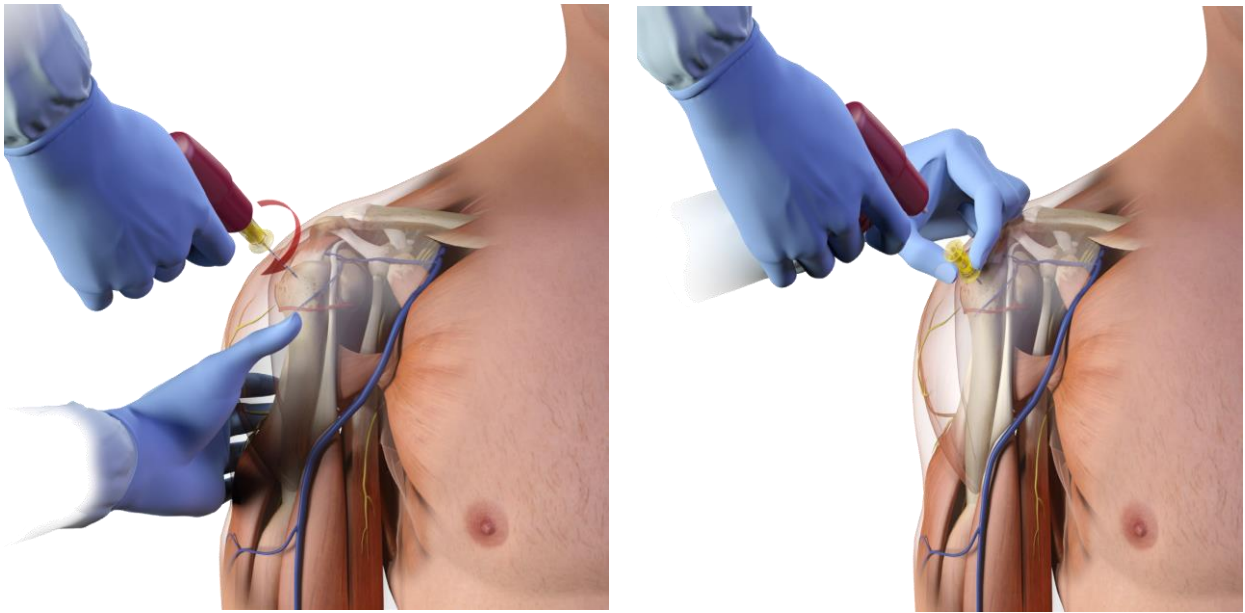
#### 2 - Réalisation de la ponction :

Maintenir la perceuse à 90° ou 45° par rapport à la peau,

Sentir le passage de la corticale,

Enlever le trocart ou le mandrin métallique.

Tous les sites sont ponctionnés à 90° sauf pour l'humérus proximal, qui est ponctionné à 45°.

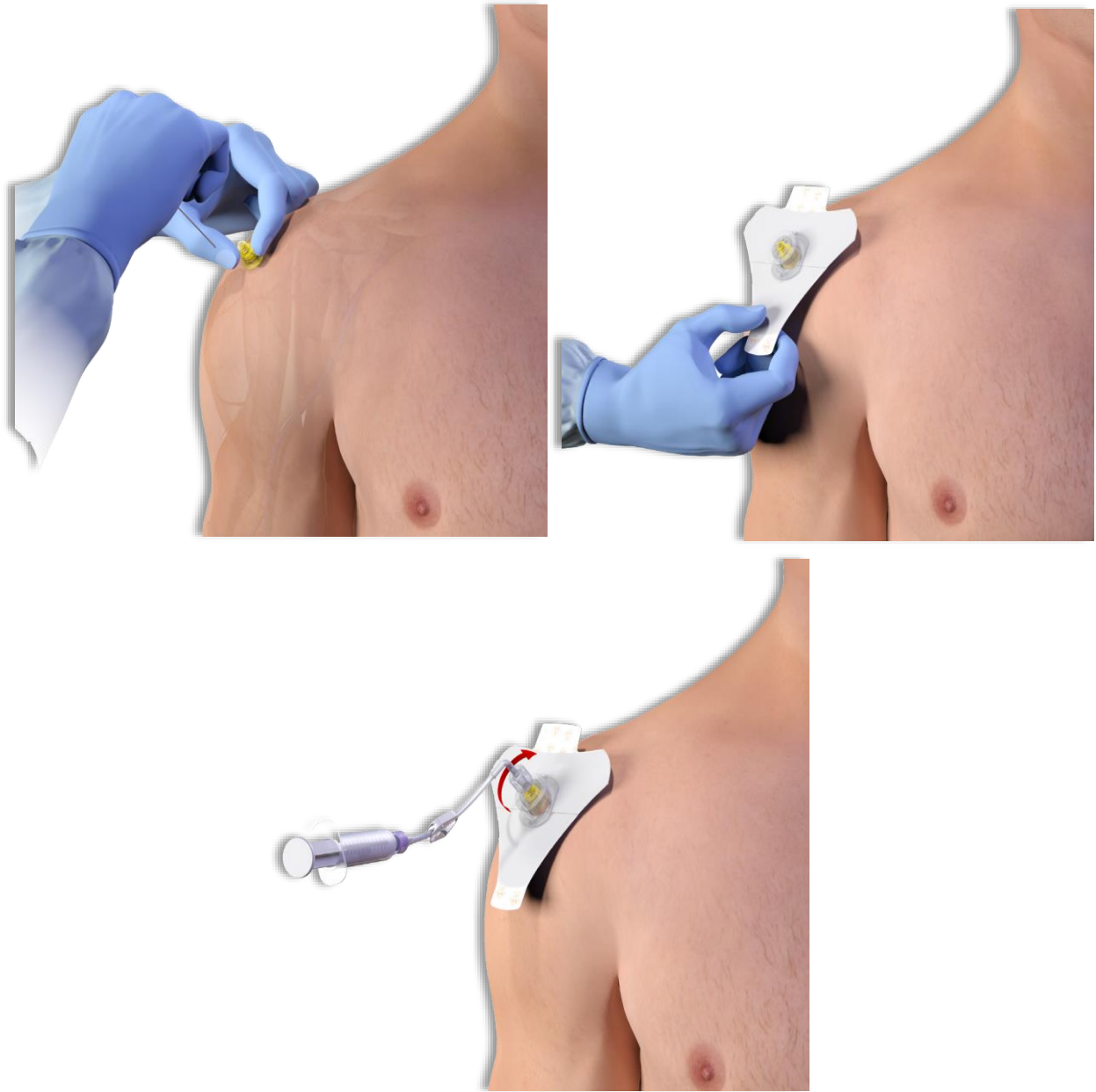


**Figure 30 : Illustration des différentes étapes de la IO (a)**

A noter qu'il faut qu'au moins 5 mm de l'aiguille reste visibles au-dessus de la peau pour permettre ainsi la pénétration de l'espace médullaire ; autrement, il vaudra mieux choisir une aiguille plus longue ou un site avec moins de tissus mous recouvrant l'os. Ce scénario peut se voir chez les patients obèses, chez qui le site tibial proximal est susceptible d'être moins profond.

### 3- Vérification de la bonne position :

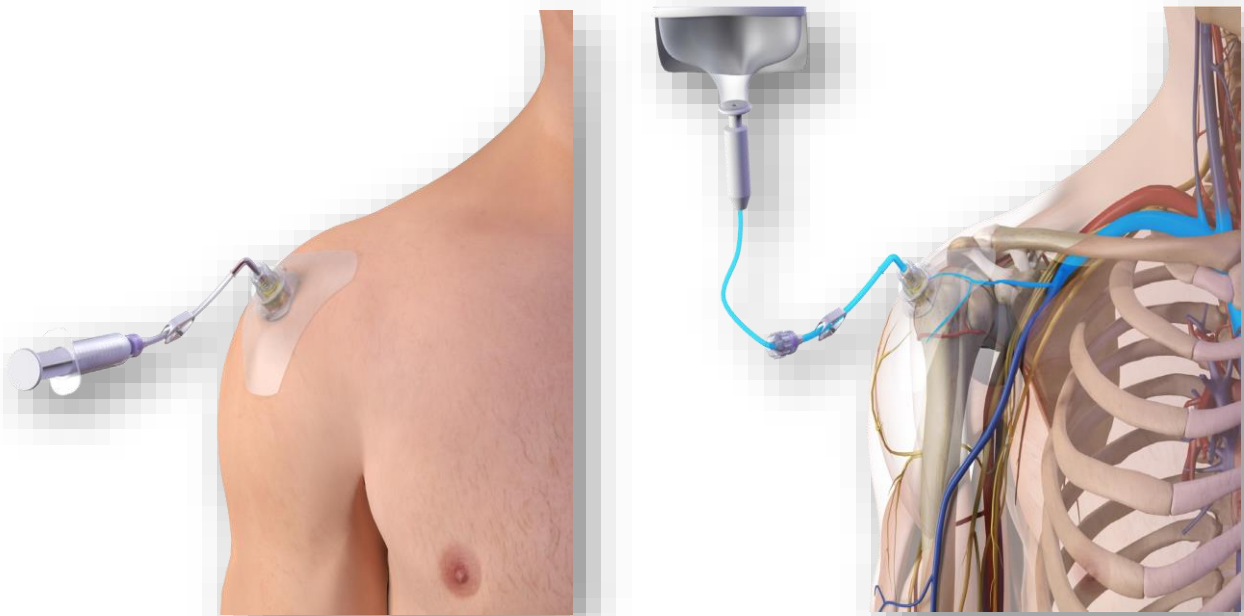
- -Confirmer le placement de l'aiguille IO en vérifiant la stabilité de l'aiguille dans l'os, et en aspirant la moelle, sans oublier de vérifier la capacité de rincer avec une solution saline et de bons débits IV.
- -Vérifier l'immobilité de l'aiguille puis assurer sa fixation,
- La stabilisation de l'aiguille varie en fonction de l'appareil utilisé mais est obligatoire pour éviter de déloger ou de plier par inadvertance l'aiguille IO.
- -Mettre le prolongateur et faire un test d'aspiration.



**Figure 31 : Illustration des différentes étapes de la IO (b)**

#### 4 - Préparation à l'injection et/ou la perfusion :

- Injecter 0,5 mg/Kg de Lidocaïne 2% puis attendre 15 à 20 sec,
- Faire le flush de 10 mL de NaCl 0,9%, (le flush sert à ouvrir les travées osseuses, c'est le moment le plus douloureux vu que c'est contre pression)
- Débuter l'injection du médicament et/ou soluté, tout en exerçant une contre-pression. La pression doit dépasser les 30 mm hg comme précisé dans le rappel anatomique, (une poche de contre pression peut être utilisée)
- Vérifier l'absence de résistance et/ou d'extravasation.



**Figure 32 : Illustration des différentes étapes de la IO (c)**



**Figure 33 : Schéma récapitulatif, résumant les étapes de prise d'une voie intra-osseuse**

#### 5- Ablation :

- Après l'obtention d'un accès IV adéquat, le dispositif IO sera retiré et bandé.
- Toujours en respectant les conditions d'asepsie rigoureuse,
- Dévisser le cathéter dans le sens contraire des aiguilles d'une montre,
- Sans oublier que l'aiguille doit rester perpendiculaire à l'os, pas de mouvements d'inclinaison.

#### 6- Durée d'utilisation :

Il est obligatoire de documenter la date et l'heure de placement de l'IO afin de s'assurer qu'il sera utilisé pendant moins de 24 heures.

L'AMM (Autorisation de mise sur le marché) est prévu jusqu'à 72 heures pour EZ\_IO, mais il est préférable de ne pas dépasser les 24 heures. Il y a une majoration du risque infectieux au-delà. [35, 36]

L'IO est une voie d'urgence pour passer un cap, un autre abord veineux doit être pris dès que possible.

#### **6.4. Les complications**

Les complications de l'IO sont rares (elles représentent moins de 1%) , et peuvent être divisées en complications bénignes, et complications graves :

##### **-Les complications bénignes**

- ✓ Hématome local
- ✓ Diffusion sous-cutanée
- ✓ Abscesses sous-cutané,

##### **-Les complications graves :**

- ✓ Mécaniques : fracture sous-périostée, syndrome des loges,
- ✓ Infectieuses : ostéomyélite bactérienne ou fongique,
- ✓ Autres : embolie graisseuse ou gazeuse, ostéomyélite chimique.

L'extravasation de liquide peut aussi survenir secondairement à l'insertion à travers le cortex postérieur, plaçant un IO dans un site de fracture ou dans l'os qui a été précédemment accédé ou sur un site chirurgical orthopédique récent ; cela peut entraîner un syndrome des loges ainsi que les complications habituelles des tissus mous.

Chez les enfants, la nécrose de la plaque épiphysaire peut être évitée en s'assurant que le site d'insertion IO est éloigné de la plaque épiphysaire.

Les autres complications comprennent :

- La cellulite
- Les fractures
- L'embolie graisseuse
- L'ostéomyélite
- L'incapacité de retirer une aiguille IO tordue. Une aiguille tordue peut nécessiter un retrait chirurgical. [37, 38]



## **MATERIEL ET METHODES**



# **I. Description de l'étude**

## **1. Type de d'étude**

Il s'agit d'une étude prospective, descriptive et analytique d'un atelier expérimental dédié à la formation des médecins internes, externes, résidents et généralistes sur l'abord vasculaire par voie intra-osseuse. Le but étant d'évaluer l'intérêt de la simulation dans l'amélioration des connaissances et de la pratique chez les apprenants, une comparaison d'une formation par simulation procédurale à une formation théorique sur support a été réalisée.

## **2. Lieu et durée de l'étude**

Cette étude a eu lieu au niveau de la salle de cours du service de Réanimation pédiatrique, à l'Hôpital des Enfants de Rabat.

Le premier atelier expérimental a eu lieu le mercredi 7 décembre 2022, et le dernier a eu lieu le vendredi 13 janvier 2023. Six ateliers expérimentaux, ont été réalisés, incluant une vingtaine d'apprenants par atelier. Des six ateliers, trois ateliers ont été sous forme de simulation procédurale précédée par une présentation interactive par un formateur. Les trois autres ateliers, les apprenants recevaient un support écrit avec l'ensemble des informations sur l'abord intra-osseux dont ils avaient besoin. Les ateliers de simulation procédurale s'étalaient sur une durée de deux heures en moyenne, incluant une présentation interactive. Les ateliers sur support se faisaient sur une heure en moyenne.

## **3. Population :**

Notre étude a regroupé des étudiants en 6ème et 7ème années de médecine, des médecins internes, des médecins généralistes, des résidents de première année d'anesthésie réanimation et des résidents de pédiatrie.

Le choix des médecins s'est fait sur la base du volontariat. Un appel au niveau de l'Hôpital d'Enfant de Rabat a proposé un atelier de formation sur la voie intra-osseuse pour ceux qui étaient intéressés et qui n'en avaient pas bénéficié préalablement.

Un chiffre de 100 apprenants était visé initialement, et le dispatching des apprenants sur les 6 ateliers se faisait en fonction des disponibilités des apprenants et du formateur de telle

manière d'avoir une vingtaine d'étudiants au maximum par atelier. Comme précisé plus haut, 3 ateliers étaient faits par simulation et 3 par support. Des 6 ateliers le nombre total d'apprenant a été divisé en deux pour avoir deux groupes à comparer : « Groupe 1 » pour le groupe d'apprenants ayant bénéficié d'une formation par simulation procédurale précédée par une présentation interactive, et le « Groupe 2 », pour les étudiants ayant eu une formation théorique sur support. Par commodité le groupe 1 sera appelé « Groupe simulation » et le groupe 2 « Groupe théorique ». La méthodologie pratique du déroulement des ateliers sera décrite plus bas. Il a été par contre nécessaire pour l'homogénéité des deux groupes de notre travail de diviser les étudiants de manière égale selon leurs profils pour le choix final des deux groupes à comparer.

#### **4. Critères d'inclusion et critères d'exclusion**

##### **Critères d'inclusion :**

- ✓ Notre enquête concernera tous les médecins externes et internes, des résidents en pédiatrie, et les résidents en anesthésie-réanimation, n'ayant jamais bénéficié d'une séance de simulation concernant l'apprentissage de la voie IO

##### **Critère d'exclusion :**

- ✓ Les médecins externes et internes, des résidents en pédiatrie, et les résidents en anesthésie-réanimation, ayant déjà bénéficié d'une séance de simulation concernant l'apprentissage de la voie IO.
- ✓ 6 participants ont été exclus de l'étude car ils avaient répondu à un questionnaire au lieu de deux.
- ✓ 2 participants ont aussi été exclus car ils avaient omis de répondre à une ou plusieurs questions.

## 5. Schéma de l'étude :

### 5.1. Pour le groupe 1 : « Groupe simulation » :

Trois étapes se sont succédées :

- Étape 1 : L'ensemble des apprenants du groupe simulation a d'abord répondu à un questionnaire avec leurs connaissances de base avant toute formation.

La collecte des données s'est faite par Google Forms via les smartphones des apprenants.

Le questionnaire était composé de 20 questions et a porté sur des connaissances générales, des questions perceptives, pour évaluer la perception de l'apprenant sur le degré d'acquisition de connaissances et de compétences et des questions de pratique, concernant la VIO. Il incluait des QCU (Questions choix unique), des QCM (Questions choix multiple), et des réponses ouvertes. Pour la pondération des réponses justes des deux groupes, le questionnaire, a été noté sur 40. A raison de :

- 2 points par réponse juste et complète.
- 1 point pour une réponse juste et incomplète
- 0 points pour une réponse fausse.

Le questionnaire est en annexe 2

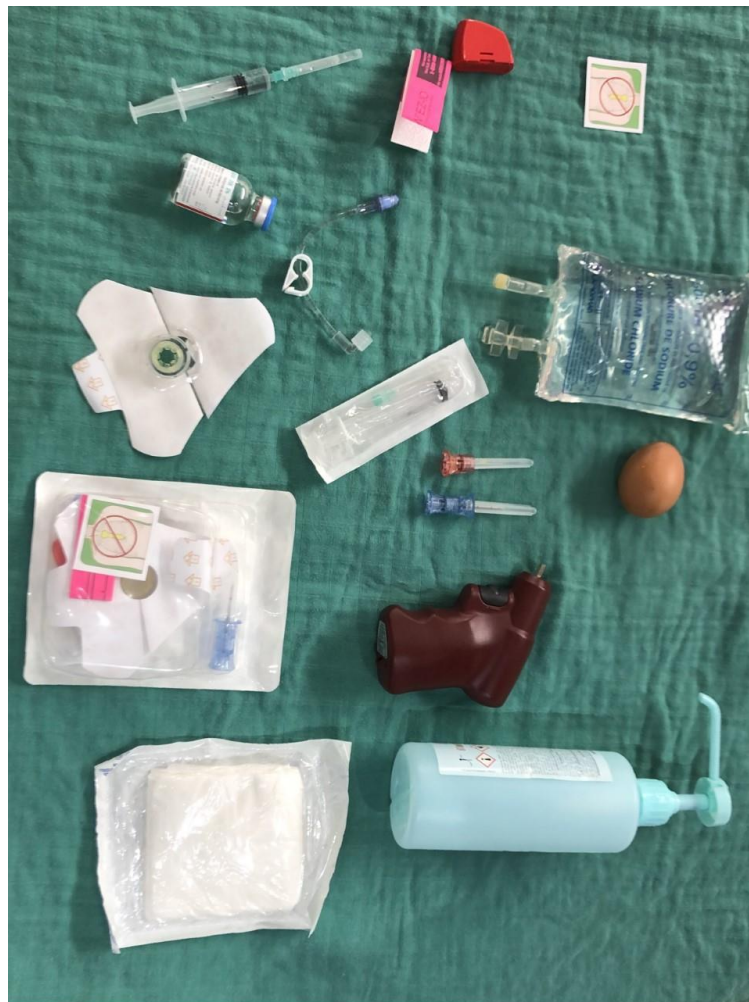
- Étape 2 : formation :

La formation a été faite sur présentation interactive sur PowerPoint, par un formateur spécialisé en anesthésie-réanimation, suivie d'une vidéo d'une vraie prise de VIO (voie intra-osseuse). Par la suite les apprenants du « groupe simulation » ont profité d'une simulation procédurale, composée de :

- Un Briefing, où le formateur a expliqué le geste, étape par étape.
- L'application du geste de simulation procédurale par le formateur, puis par chaque apprenant.
- Un débriefing après chaque étape de prise d'une VIO, puis un débriefing total, sur l'ensemble de la séance de formation.

Choix du matériel utilisé : Pour mener à bien notre étude expérimentale, nous avons eu besoin de :

- Du kit de la voie intra-osseuse ( constitué d'un trocart, prolongateur, fixateur, bracelet..)
- Système motorisé, par perceuse EZ-IO
- 2 seringues
- Matériel d'asepsie.
- Du sérum salé
- De la xylocaine
- A la place des os et par commodité et disponibilité nous avons utilisé des œufs qui donnent la possibilité d'en aspirer le contenu.



**Figure 34 : Matériel utilisé durant l'atelier, avec système motorisé, de type EZ-IO.**





**Figure 36 : Atelier de simulation procédurale pour apprentissage d'une VIO :  
Présentation par PowerPoint**



**Figure 37 : Moment de prise d'une VIO par des apprenants par technique motorisée par  
système EZ-IO.**



**Figure 38 : Moment de prise d'une VIO par des apprenants par technique manuelle, par trocart de médullogramme .**

- Étape 3 :

Le groupe 1, ou « groupe simulation » a par la suite répondu une deuxième fois au même questionnaire.

## 5.2. Pour le groupe 2 : « formation théorique » :

Trois étapes se sont succédées :

- Étape 1 : L'ensemble des apprenants du groupe « formation théorique » a d'abord répondu au même questionnaire que le groupe 1, avec le même nombre de questions et la même pondération.

La collecte des données s'est faite par Google Forms via les smartphones des apprenants.

Le questionnaire était composé de 20 questions et a porté sur des connaissances générales, des questions perceptives, pour évaluer la perception de l'apprenant sur le degré d'acquisition de connaissances et de compétences et des questions de pratique, concernant la VIO. Il incluait des QCU (Questions choix unique), et des QCM (Questions choix multiple), et des réponses ouvertes. Pour la pondération des réponses justes des deux groupes, le questionnaire, a été noté sur 40. A raison de :

- 2 points par réponse juste et complète.
- 1 point pour une réponse juste et incomplète
- 0 points pour une réponse fausse.

Le questionnaire est en annexe 2

- Étape 2 : formation :

La formation a été faite sur support théorique, qui regroupait l'ensemble des items nécessaires à la mise en place d'une VIO (voie intra-osseuse). Il comportait les éléments suivants :

- La définition et intérêt de la voie intra-osseuse.
- Les indications & les contre-indications.
- Les sites de pose d'une VIO
- Le matériel utilisé.
- Les techniques de pose.
- La durée de pose.
- L'ablation.

➤ Les complications.

Un délai de 20 à 30 minutes leur a été accordé pour lecture du support.

Le support est disponible en annexe 1.

- Etape 3 :

Les participants du groupe 2, ou groupe « formation théorique » ont répondu une deuxième fois au même questionnaire.

Après avoir récolté les données des réponses des deux groupes, nous avons calculé les moyennes des notes de chaque groupe, pour comparer la moyenne des notes du groupe « simulation » avec le groupe « support théorique ».

Un récapitulatif est représenté par l'organigramme ci-dessous :

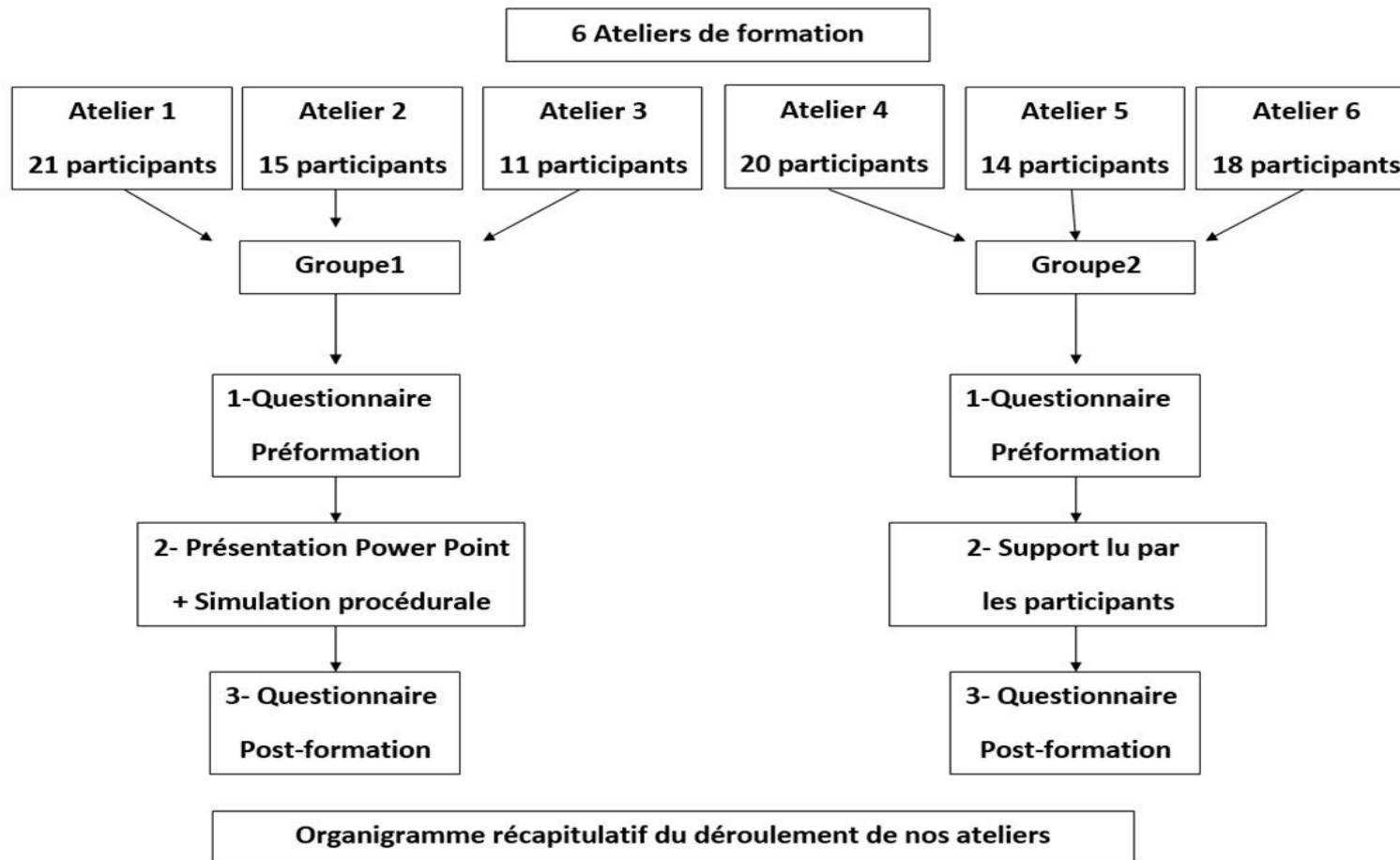


Figure 39 : Organigramme récapitulatif du déroulement de nos ateliers.

## **II. Méthodologie d'étude**

### **1. Recueil des données**

Les données de notre étude ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire Google Forms, via les smartphones des participants.

### **2. Saisie des données**

L'ensemble des données a été rapporté à partir du questionnaire après pondération, sur le logiciel Excel sur le programme MICROSOFT OFFICE EXCEL, et traités par JAMOVI 2.3.21.

### **3. Analyse des données**

L'analyse des données a été menée sur le logiciel JAMOVI 3.2

#### **3.1. Analyse descriptive**

Afin de décrire les résultats, on a utilisé :

- Pour les variables quantitatives Médiane et Intervalle inter quantile en cas de distribution non gaussienne , et moyennes et écarts-type pour les valeurs à distribution gaussienne
- Pour les variables qualitatives, nous les avons exprimées en effectifs et pourcentages

#### **3.2. Statistique analytique :**

En ce qui concerne les tests de comparaison pour les variables quantitatives, nous avons utilisé le test de Wilcoxon pour échantillons appariés.

Pour les tests de comparaison pour les variables qualitatives, quant à eux, nous avons eu recours au test chi<sup>2</sup> de McNemar

Nous avons retenu comme seuil de significativité un p inférieur à 0.05

### **III. Méthodes de recherche théorique**

Les recherches théoriques concernant la première partie de notre thèse ont été faites sur les bases de données suivantes :

- PUBMED
- ELSEVIER
- SCIENCE DIRECT

Les termes de recherche utilisés étaient :

- « Simulation en santé »
- « Voie intra osseuse »
- « Simulation procédurale »
- « Simulation au Maroc »



## **RESULTATS**



99 étudiants ont été inclus dans notre étude.

## **I. Etude descriptive :**

### **1. Profil des étudiants inclus dans notre étude :**

- Sur les 99 étudiants, 47 apprenants faisaient partie du groupe 1 et 52 faisaient partie du groupe 02.

Nous rappelons que le groupe 1 est le groupe « simulation procédurale » et le groupe 2 est le groupe « formation théorique par support ».

- Le profil de nos apprenants comportait 58 médecins externes, 16 médecins internes, et 15 médecins résidents en pédiatrie et en anesthésie réanimation, et 10 médecins généralistes. La répartition de ces profils a été faite de manière homogène entre les 2 groupes.

**Tableau 4 : Description de l'effectif participant.**

<b>Niveau d'étude</b>	<b>Effectif</b>	<b>Pourcentage</b>
Médecin externe	58	58,58%
Médecin interne	16	16,16%
Médecin généraliste	10	10,10%
Médecin résident	15	15,15%
TOTAL	99	100%

### **2. Expérience préalable chez l'ensemble des étudiants :**

- ❖ La moitié connaissait le concept de la VIO
- ❖ Personne d'entre eux n'en n'avait déjà fait
- ❖ 30% connaissaient la zone anatomique où il faut insérer le cathéter intra-osseux, avant leur formation.
- ❖ 16% des participants connaissaient les indications de la VIO
- ❖ 7% connaissaient les Contre-indications de la VIO.
- ❖ 15% des participants savaient que le moment le plus douloureux de la VIO est le flush.

- ❖ Avant la formation, près de la moitié des participants connaissaient la durée maximale de pose d'une VIO (qui est de 72h)
- ❖ Le 1/3 des participants se sentait capable de prendre une voie intra-osseuse avant leur formation,

### 3. Description des principales questions chez le groupe 1 :

- Comme précisé dans le paragraphe matériels et méthodes nous avons délibérément choisi d'analyser les réponses des résultats les plus pertinents, à savoir les questions suivantes :
  - La question 7, concernant la zone anatomique où il faut idéalement insérer le cathéter intra-osseux
  - La question 8, concernant la pression à l'intérieur de la moelle osseuse.
  - La question 9, concernant les indications de la VIO.
  - La question 10, concernant les sites de ponction possibles pour la mise en place d'une VIO.
  - La question 20, concernant la capacité des apprenants à prendre une VIO.
- Question 7 : Concernant la zone anatomique où il faut idéalement insérer le cathéter intra-osseux :

**Tableau 5 : Description concernant la zone anatomique où il faut idéalement insérer le cathéter intra-osseux pour le groupe « simulation ».**

	Avant simulation	Après simulation
Réponse juste	14 (29.8%)	46 (97.9%)
Réponse fausse	33 (70%)	1 (2.1%)
Réponse incomplète	-	-

Sur le groupe « simulation procédurale » : 29.8% des participants savaient où placer le cathéter IO en pré-formation, et 97.9% en post-formation.

- Question 8 : Concernant la pression à l'intérieur de la moelle osseuse :

**Tableau 6 : Description concernant la pression à l'intérieur de la moelle osseuse, chez le groupe « simulation »**

	Avant simulation	Après simulation
Réponse juste	22 (46.8%)	46 (97.9%)
Réponse fausse	25 (53.2%)	1 (2.1%)
Réponse incomplète	-	-

Sur le groupe « simulation procédurale »: 46.8% des participants ont répondu juste à la 8 - ème question, avant la formation. 97.9% ont répondu juste après la formation.

- Question 9 : Concernant les indications de la voie intra-osseuse :

**Tableau 7 : Description concernant les indications de la voie intra-osseuse, chez le groupe « simulation ».**

	Avant simulation	Après simulation
Réponse juste	6 (12.8%)	37 (78.7%)
Réponse fausse	7 (14.9%)	10(21.3%)
Réponse incomplète	34 (72.3%)	-

Sur le groupe « simulation procédurale » : 12.8% des participants ont répondu juste à la 9ème question, avant la formation. 78.7% ont répondu juste après la formation.

- Question 10 : Concernant les sites de ponction possibles pour la mise en place d'une voie intra-osseuse :

**Tableau 8 : Description des résultats concernant les sites de ponction possibles pour la mise en place d'une voie intra-osseuse , chez le groupe « simulation »**

	Avant simulation	Après simulation
Réponse juste	5 (10.6%)	36 (76.6%)
Réponse fausse	25 (53.2%)	10 (21.3%)
Réponse incomplète	17 (36.2%)	1 (2.1%)

Sur le groupe « simulation procédurale » : 10.6% des participants ont répondu juste à la 10ème question, avant la formation. 76.6% ont répondu juste après la formation.

- Question 20 : Concernant leur capacité à prendre une voie intra-osseuse :

**Tableau 9 : Description des résultats concernant la capacité des participants à prendre une voie intra-osseuse, chez le groupe « simulation ».**

	Avant simulation	Après simulation
Effectif qui se sentait apte	8 (17.02%)	44 (93.6%)
Effectif qui se sentait inapte	39 (82,97%)	3 (6.3%)

Sur le groupe « simulation procédurale » : 17.02% des participants se sentaient capables de prendre une VIO avant la formation. 93.6% se sentaient capables de prendre une VIO après la formation.

#### 4. Description des principales questions chez le groupe 2 :

- Question 7 : Concernant la zone anatomique ou il faut idéalement insérer le cathéter intra-osseux :

**Tableau 10 : Description des résultats concernant la zone anatomique ou il faut idéalement insérer le cathéter intra-osseux, chez le groupe « support théorique ».**

	Avant Formation	Après Formation
Réponse juste	16 (30.8%)	19 ( 36.5%)
Réponse fausse	36 (69.2%)	33 (63.5%)

Sur le groupe « support théorique » :30.8% des participants ont répondu juste à la 7ème question, avant la formation. 36.5% ont répondu juste après la formation.

- Question 8 : concernant la pression à l'intérieur de la moelle osseuse.

**Tableau 11 : Description des résultats concernant la pression à l'intérieur de la moelle osseuse, chez le groupe « support théorique ».**

	Avant Formation	Après Formation
Réponse juste	24 (46.2%)	30 (57.7%)
Réponse fausse	28 (53.8%)	22 (42.3%)

Sur le groupe « support théorique » : 46.2% des participants ont répondu juste à la 8ème question, avant la formation. 57.7% ont répondu juste après la formation.

- Question 9 : Concernant les indications de la VIO

**Tableau 12 : Description des résultats concernant les indications de la VIO, chez le groupe « support théorique »**

	Avant Formation	Après Formation
Réponse juste	10 (19.2%)	40 (76.9%)
Réponse fausse	14 (26.9%)	8 (15.4%)
Réponse incomplète	28 (53.8%)	4 (7.7%)

Sur le groupe « support théorique » : 19.2% des participants ont répondu juste à la 9ème question, avant la formation. 76.9% ont répondu juste après la formation.

- Question 10 : Concernant les sites de ponction possibles pour l’insertion d’une VIO

**Tableau 13 : Description des résultats concernant les sites de ponction possibles pour l’insertion d’une VIO, chez le groupe « support théorique ».**

	Avant Formation	Après Formation
Réponse juste	7 (13.5%)	47 (90.4%)
Réponse fausse	24 (46.2 %)	5 (9.6%)
Réponse incomplète	21 (40.4%)	0

Sur le groupe « support théorique » : 13.5% des participants ont répondu juste à la 10ème question, avant la formation. 90.4% ont répondu juste après la formation.

- Question 20 : Concernant la capacité à prendre une VIO

**Tableau 14 : Description des résultats concernant la capacité des participants à prendre une VIO, chez le groupe « support théorique ».**

	Avant Formation	Après Formation
Effectif se sentant capable de prendre une VIO	22 (42.3%)	29 (55.8%)
Effectif ne se sentant pas capable de prendre une VIO	30 (57.7%)	23 (44.2%)

Sur le groupe « support théorique » : 42.3% de l'effectif se sentait capable de prendre une VIO avant la formation. 55.8% se sentait capable de prendre une VIO après la formation.

## II. Etude analytique :

### 1. Analyse globale des résultats :

Sur les tableaux antérieurs il y a une amélioration de l'ensemble des paramètres chez les 2 groupes (groupe simulation et groupe théorie), ce qui est attendu. Pour pouvoir faire une analyse globale de nos résultats, on a eu recours au score de Wilcoxon comme précisé dans la partie méthodologie, qui a pour but de comparer les scores des QCM avant et après formation.

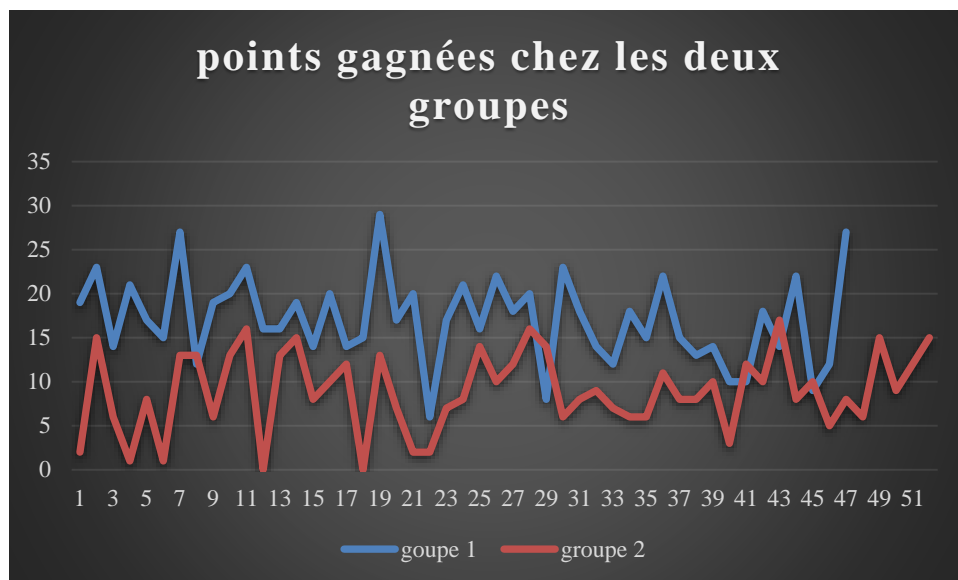
Le tableau ci-dessous illustre ces résultats :

**Tableau 15 : Analyse du score global chez les 2 groupes, avant et après formation.**

Score	Moyenne	Ecart type	p
Avant formation	18	3	<0.001
Après formation	31.5	5	<0.001

La médiane des scores avant la formation pour la VIO était de 18,0 [ 16,0 ; 21,0 ].

- La médiane des scores après la formation pour la VIO était quant à elle de 31,5 [ 27,0 ; 35,0 ].



**Figure 40 : Diagramme en courbe représentatif des points gagnés chez les deux groupes.**

La différence est de 13 point, elle est statistiquement significative, avec un **p de 0.001** .

Notre but étant de montrer s'il y a une différence d'amélioration entre les deux groupes, nous avons comparé les résultats obtenus, entre les 2 groupes.

## **2. Comparaison des deux groupes :**

### **2.1. Comparaison des notes globales de toutes les questions, chez les groupes simulation et support théorique :**

**Tableau 16 : Comparaison des notes globales aux Qcm chez les deux groupes participants.**

	Moyenne des notes du QCM avant formation	Moyenne des notes QCM après formation	Points gagnés après formation
Groupe 1 : groupe simulation	18.7	35.6	17.11 +/- 4.975
Groupe 2 : groupe support théorique.	17.8	26.7	8.96 +/- 4.524

Sur ce tableau nous remarquons que le groupe 1 « simulation procédurale » s'est amélioré de 17.11 points. Tandis que le groupe 2 « support théorique » s'est amélioré de 8.96 points.

### **2.2. Comparaison de chaque question pertinente :**

Nous avons analysé nos résultats en comparant le pourcentage d'amélioration des deux groupes, concernant les questions pertinentes préalablement choisies.

**Tableau 17 : comparaison des pourcentages d'amélioration entre le groupe 1 et le groupe 2.**

	Pourcentage d'amélioration du groupe 1 :	Pourcentage d'amélioration du groupe 2 :	p
Question 7 : Site d'insertion du cathéter intra-osseux.	68.1%	5.7%	<0.001
Question 8 : Pression à l'intérieur de la moelle osseuse.	51.1%	11.5%	<0.001
Question 9 : Indications de la VIO	65.9%	57.7%	<0.001
Question 10 : Site de ponction osseuse.	65%	76.9%	0.005
Question 20 : Capacité des participants à prendre une VIO.	76.5 %	13.5%	<0.001

Sur ce tableau nous remarquons qu'il y a une amélioration sur l'ensemble des questions pertinentes pour les deux groupes , mais avec une amélioration statistiquement plus significative chez le « groupe simulation ». Le p est inférieur à 0,05 pour l'ensemble des paramètres.



**DISCUSSION**



## **I. La simulation et simulation procédurale**

La simulation est dorénavant une méthode d'enseignement et d'apprentissage recommandée dans la formation des professionnels de santé, aussi bien dans le cadre de la formation initiale que dans le cadre de la formation continue. [62]

Cette méthode d'apprentissage a largement fait ses preuves et c'est la raison pour laquelle la plus part des facultés de médecine ont opté pour celle-ci comme outil pédagogique intégré dans un cursus, avec en premier une étape de réflexion sur les besoins pédagogiques et les objectifs du contexte et des apprenants [64]

L'idée princeps vient du fait qu'au sein des stages hospitaliers, l'apprentissage est très souvent inhomogène vu l'hyperspécialisation des services dans lesquels s'effectuent les stages, l'hétérogénéité des expositions cliniques des étudiants et la variabilité de la vitesse d'apprentissage entre les étudiants .

L'utilisation de la simulation dans l'entraînement aux habiletés techniques requises, mais aussi dans l'entraînement individuel et en équipe à la gestion des risques et des complications, est devenue une pratique courante dans les programmes de formation médicales dans les pays développés. [62]

Ainsi on retrouve plusieurs articles concernant l'apprentissage par simulation tel que l'utilisation de scénarios dans le cadre du traumatisé grave, ou d'un arrêt cardiaque, ou d'une méningo-encéphalite, ou encore l'utilisation de patients standardisés pour l'annonce d'une mauvaise nouvelle, ou pour mener une anamnèse clinique, ou comme dans le cadre de notre étude une simulation procédurale pour des gestes techniques tel que : le drainage thoracique, la voie veineuse périphérique, la voie veineuse centrale [67] .

La simulation procédurale se base sur l'utilisation des simulateurs procéduraux qui permettent un apprentissage par le biais de la répétition de gestes dans une procédure, le plus souvent technique, et cela sans risque pour le patient [63].

## **II. L'intra-osseuse**

La voie intra-osseuse est une technique permettant de placer une aiguille à travers le cortex d'un os dans l'espace médullaire. Elle permet un abord vasculaire devant des situations d'urgence lorsque l'abord par voie veineuse périphérique est difficile [27] [28] .

Ses avantages sont multiples dont les plus importants sont la facilité et rapidité de pose, un taux de réussite élevé, un taux faible de complications, un réseau vasculaire qui ne peut se collaber même en cas de choc, une possibilité d'y perfuser tous les solutés et produits d'urgence y compris une transfusion et avec des débits élevés.

De ce fait, elle constitue une méthode de choix dans l'urgence à connaître par tous les praticiens et est retrouvé par exemple dans les recommandations de « l'American Heart Association » 2020 lors d'un arrêt cardiaque [40] .

A noter par contre que son apprentissage lors de circonstances d'urgences tel qu'un état de choc, un arrêt cardiaque ou des convulsions peut être laborieux.

## **III. Le contexte et le but de notre étude**

Notre étude vient dans le contexte où malgré la disponibilité du matériel à l'hôpital des enfants de Rabat (HER), le recours à la VIO reste très limité, que ce soit au niveau des urgences médicales pédiatriques (UMP), les urgences chirurgicales pédiatriques (UCP), les services de pédiatrie des étages, et la réanimation pédiatrique.

Ce constat a d'abord mené à une enquête sur la raison de la non utilisation de la voie intra osseuse parmi le personnel médical et paramédical. Les deux principales raisons étaient l'absence de connaissances théoriques et l'absence de formation pratique. pour laquelle nous avons pensé qu'il serait judicieux de faire une formation sur la VIO.

Ce manque de connaissances théoriques et pratiques de matériel et de la technique n'est pas l'apanage de notre seul hôpital ou pays. Ce même constat a déjà été fait dans différents hôpitaux de notre royaume, mais aussi en France en 2012 chez les praticiens impliqués dans la médecine d'urgence, ou malgré le matériel disponible et les recommandations d'experts, le taux d'utilisation de la VIO restait très faible [65] .

Nous retrouvons d'ailleurs dans la première partie de nos résultats que les connaissances préalables de nos apprenants étaient très limitées. La moitié ne connaissait pas le concept de la VIO, personne n'en n'avait déjà fait sur les deux groupes incluant 99 apprenants, seulement le 1/3 connaissait la zone anatomique où insérer le cathéter intra-osseux. 16% des participants connaissaient les indications de la VIO et seulement 7% les contre-indications.

En connaissant l'intérêt de la simulation dans l'apprentissage des gestes procéduraux comme suscité, nous voulions montrer l'intérêt de la simulation dans l'apprentissage de la VIO. Notre objectif était de comparer les performances de deux groupes d'apprenants dans notre étude : un groupe ayant bénéficié d'une simulation et un groupe ayant bénéficié d'un support théorique. L'idée derrière et de décider de la meilleure méthode à instaurer dans notre hôpital pour promouvoir l'utilisation de la voie intra-osseuse dans ses indications.

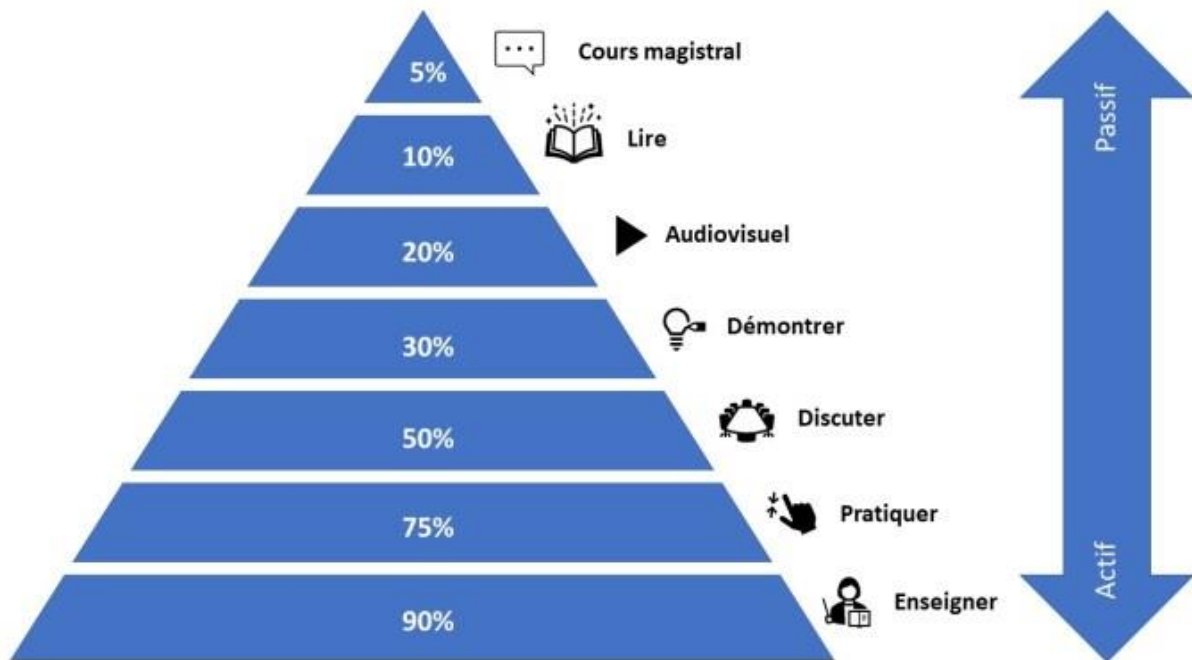
Plusieurs études ont comparé des groupes d'apprenants avec et sans simulation, concernant la pose de voie veineuse périphérique et les voies veineuses centrales, les drainages thoraciques, l'abord des voies aériennes supérieures, les points de suture, les techniques de coelioscopie et d'autres indications [52], mais à notre connaissance, il n'y a aucune étude concernant la meilleure technique d'apprentissage de la VIO, d'où la raison de notre recherche et de notre étude.

#### **IV. Nos principaux résultats**

Quel que soit la méthode que l'on utilise, il y a une amélioration d'apprentissage. Cela paraît logique et est largement prouvé et se confirme dans notre étude, où on note une amélioration des scores obtenus par les deux groupes confondus. En effet, sur nos 99 apprenants, la médiane des scores avant la formation pour la VIO était de 18,0 [ 16,0 ; 21,0 ], et la médiane des scores après la formation pour la VIO était quant à elle de 31,5 [ 27,0 ; 35,0]. La différence est de 13 points, elle est statistiquement significative, avec un **p** de 0.001 .

Ce qui peut par contre varier, est le taux de rétention de cet apprentissage. Selon la pyramide des apprentissages d'Edgar Dale ci-dessous [68], et malgré toutes ses limites déjà décrites, un apprentissage par cours magistral ne permet une rétention d'information que de 5 %, une lecture de 10 %. Par contre l'apprentissage monte à 75% lors de la pratique, et un

enseignement permet d'arriver à 90%. Plus on utilise de canaux sensoriels de manières simultanée, plus on retient. Plus un apprenant est passif (lit, regarde, écoute), moins il a des chance d'apprendre. Un apprenant actif dans son apprentissage qui discute, échange, partage, applique et expérimente retient plus et a une meilleure compréhension de ce qu'il fait [69]



**Figure 41 : Cône de l'apprentissage d'Edgar Dale hiérarchisant les différentes méthodes d'apprentissage et le taux de rétention de chacune.**

La simulation procédurale permet à l'apprenant de pratiquer, de discuter et d'échanger et semble donc un bon moyen d'apprentissage [63].

Dans notre étude le groupe « simulation » avait une meilleure amélioration des scores comparé au groupe « support théorique ». Les 47 apprenants du groupe 1 ou « groupe simulation » avait une amélioration de 16.9 points par personne, en moyenne, et les 52 apprenants du groupe 2 ou « groupe support théorique » avait une amélioration de 9 points par personne, en moyenne. Nos résultats montre une différence statistiquement significative entre les deux groupes un  $p < 0.001$ .

Si l'on compare les principales questions ou les questions les plus pertinentes permettant à l'apprenant de maîtriser les principes théoriques relatifs à la VIO, et de réaliser sur un côté pratique un abord intra-osseux, nous retrouvons également une amélioration sur ces principales questions.

Le tableau 17, montre bien une amélioration statistiquement significative avec des  $p$  inférieurs à 0,05 sur tous les paramètres comparés à savoir le site d'insertion du cathéter intra-osseux, la pression à l'intérieur de la moelle osseuse, les indications de la VIO et le site de ponction osseuse.

Enfin et pour le sentiment de capacité de réaliser une voie intra-osseuse après la formation, on note un pourcentage d'amélioration de 76.5 % pour le groupe simulation comparé à une taux de 13,5% pour le groupe théorique. Les apprenants du groupe simulation pensent donc d'avantage pouvoir prendre une VIO chez un vrai patient après leur formation, comparé au groupe théorique.

## **V. Ce qu'en dit la littérature**

Nos résultats viennent confirmer l'ensemble des études comparant une formation par simulation à une formation purement théorique. Ainsi, la littérature est de plus en plus riche en ce qui concerne l'intérêt de la simulation dans l'apprentissage, particulièrement dans tout ce qui est procédural, comme dans la chirurgie : que ça soit en coelioscopie, en arthroscopie et chirurgie traumatologique, en microchirurgie pour les ophtalmologues [51], et les chirurgiens urologues [50]. Mais aussi lors des situations d'urgences : comme la simulation d'arrêt cardio-respiratoire (ACR), les états de mal convulsif, les états de choc, ...

Une étude menée par les Dr. Ali et all, concernant le rôle de la simulation dans l'apprentissage de la pose de voie veineuse centrale (VVC) chez les « stagiaires », réalisée dans le but de comparer les performances des stagiaires en médecine interne qui ont eu une formation standardisée par simulation à la prise d'une VVC avec celles des stagiaires en médecine interne qui ont reçu une formation traditionnelle de VVC, et qui ont préalablement été jugés compétents pour effectuer la procédure lors d'une évaluation de capacités. Cette étude a montré que sur les 48 stagiaires participants à l'étude, 29 ont participé à l'atelier pratique, dont 28 (97%) ont réussi

l'évaluation basée sur la simulation à leur première tentative. Dix-neuf stagiaires déjà habilités à poser des VVC sans supervision ont choisi de ne pas participer à la formation expérientielle basée sur la simulation. Parmi eux 5 (26%) ont échoué à leur première tentative. Les auteurs ont donc conclu qu'une formation normalisée basée sur la simulation peut améliorer la capacité de prise d'une VVC . [58]

Une autre étude, réalisée dans le cadre d'évaluation du rôle d'un cours pratique accès sur les gestes invasifs dans l'amélioration et le boostage de la confiance en soi des apprenants, a été menée par les Dr. T Garrood et all. Le cours avait pour but d'enseigner la pose d'une voie veineuse centrale, la ponction lombaire, l'insertion d'un drain thoracique selon la technique de Seldinger et l'aspiration de l'articulation du genou. Leurs résultats étaient que la confiance déclarée dans chacune des procédures a augmenté de manière significative immédiatement après le cours et cette augmentation s'est maintenue à trois mois par rapport aux résultats obtenus avant le cours pour toutes les procédures. [59] [60]

Une autre étude menée par Rose Hatala et all [61], dans le cadre de formation des étudiants du DCEM3 ( Deuxième cycle d'études en médecine) , dans la prise de voies veineuses périphériques (VVP) , incluant 40 étudiants novices, répartis entre 2 groupes ( le 1 er groupe a bénéficié d'une séance pratique sur patient et le 2ème groupe a bénéficié d'une séance pratique sur le simulateur Sim'kelly équipé de bras d'abord veineux). Leurs résultats ont montré que sur les 37 participants évalués, le taux de cathétérisme réussi (en moyenne après 2 essais) était plus élevé chez le groupe 2 (groupe simulation), comparé au groupe 1 (groupe contrôle). Par ailleurs les complications étaient aussi moins fréquentes (82 % vs 30 %,  $p=0,001$ ), et le ressenti du patient, est meilleur en termes de douleur ( $2,3\pm 1,7$  vs  $4,2\pm 2,3$ ,  $p<0,01$ ). La mise en confiance s'en ai également améliorée ( $7,2\pm 1,5$  vs  $4,3\pm 2,8$ ,  $p<0,01$ ). Trois séances en moyenne de simulation améliorerait selon ces auteurs la qualité de la procédure de mise en place de VVP sur le patient, aussi bien sur la partie technique que non technique du geste et influence également le ressenti du patient. [61]

Tous ces résultats sont en accord avec notre étude et confirment le rôle indéniable de la simulation procédurale dans l'apprentissage des différents gestes procéduraux.

## VI. Forces et limites de l'étude

Notre étude semble certes être l'une des premières à comparer l'intérêt de la simulation dans l'apprentissage de la voie intra-osseuse, sur un échantillon de 99 apprenants, avec très peu de données manquantes vu le caractère prospectif de l'étude.

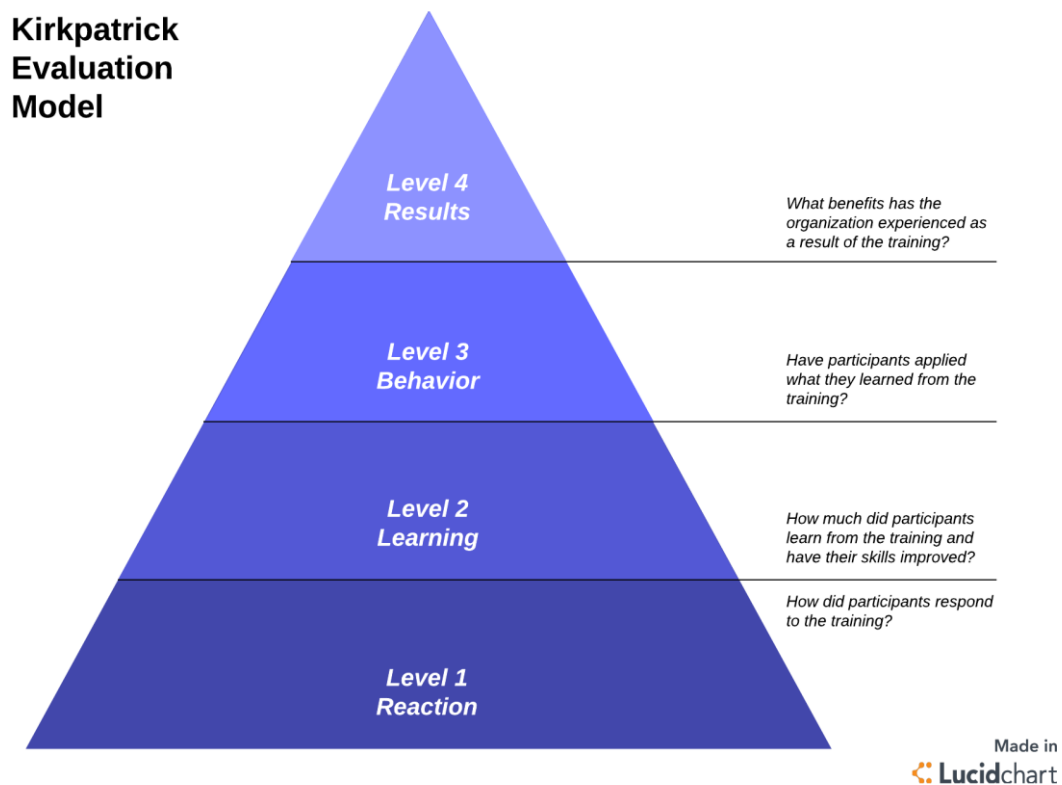
Toutefois quelques limites sont à noter, à savoir qu'il s'agit :

- D'une étude monocentrique sur un échantillon d'apprenants venant exclusivement de l'Hôpital d'Enfant de Rabat et n'incluant pas toutes les populations. Il n'y avait pas à titre d'exemple, de résidents de 2ème, 3ème ou 4ème années, ni de spécialistes, ni de professeurs, ni d'infirmiers diplômés d'état.
- Aussi, concernant le type de points abordés par le questionnaire, il s'agissait surtout d'éléments impliquant le savoir théorique, et seul 30% des questions étaient d'ordre pratique. De ce fait on est plus axés sur les connaissances que sur la pratique.
- Seule une question retrace le ressenti de l'apprenant sur sa capacité à reproduire le geste correctement. En effet la prise de VIO n'a pas pu être effectuée sur un vrai malade. L'atelier s'est fait seulement sur des œufs (par non disponibilité d'un matériel spécialisé pour l'IO). La simulation d'ailleurs bien que réputée pour être onéreuse de par le matériel à avoir, ne doit en aucun cas être bloquée par le manque de matériel. L'une des études retraçant bien ce fait est celle de L. Sibert et all, publiée en 2020 dans pédagogie médicale et qui illustre bien d'une approche pragmatique et raisonnée de ce que la simulation peut apporter, même sans moyens considérables. [66]

Il est à notre sens important que ces apprenants puissent appliquer le geste sur de vrais patients et suivre leurs évolutions.

- Notre travail n'évalue pas non plus le temps de mémorisation et de rétention de l'apprentissage de ces apprenants pour aucun des groupes. Il est clair qu'une perte mémorielle existe quel que soit la technique d'enseignement utilisée. Il paraît alors nécessaire de répéter les séances de simulation lors d'un processus pédagogique, compte tenu de la rareté du geste.

- La satisfaction globale des apprenants n'a pas été évaluée. Selon l'échelle ou model de Kirckpatrick pour la mesure de l'efficacité d'une formation (Figure 40) , notre étude ne s'est limitée qu'à préciser l'apprentissage à l'issu de la formation. Il aurait été judicieux de faire une fiche d'évaluation de la satisfaction des apprenants en fonction des deux groupes. Ceci n'a pas été possible vu que finalement par éthique et à la demande des apprenants, même le groupe 2 théorique après avoir répondu au questionnaire la seconde fois a eu droit à l'atelier pratique.



**Figure 42 : Pyramide représentative du modèle d'évaluation de KirkPatrick.**

**Le niveau 1 correspond à la réaction des participants vis-à-vis de la formation. Le niveau 2 correspond à l'apprentissage des apprenants à l'issu de la formation. Le niveau 3 correspond au comportement qui a été constaté à l'issu de la formation. Le niveau 4, le retentissement sur le patient et sur la structure.**

- Le sentiment du formateur recueilli quant à lui était clair, un « sentiment d'ennui » pour le groupe 2, et une interactivité plus présente dans le groupe simulation. Selon ce même formateur, l'apprentissage par simulation serait plus intéressant pour ses apprenants, mais par contre beaucoup plus chronophage et nécessite plus d'efforts. Ceci est d'ailleurs l'une des principales limites de la simulation. En effet, elle nécessite une pré-préparation se chiffrant en heures, voir jours (entre le choix du scénarios, la préparation et l'application des idées) ainsi que du temps pour la session. Il faut compter en moyenne un minimum de une à deux heures pour une session de simulation.

En ce qui concerne notre étude, le temps consacré à l'atelier de simulation procédurale dépassait le temps consacré à l'atelier théorique, du fait de la nécessité de préparer le matériel, et le temps pour le passage de l'ensemble des candidats pour faire le geste ( une heure contre deux heures et demies).

Le formateur a jugé malgré cela que le temps consacré en valait la peine. Il pense que les apprenants sont aptes à faire le geste sur patient pour le groupe simulation et non pour le groupe théorique.

Un point important : La simulation ne remplace pas le compagnonnage au lit du patient !!!!! Il est, comme précisé plus haut, nécessaire d'encadrer tous les apprenants ayant bénéficié de la simulation ou non au lit des patients jusqu'à un apprentissage jugée valable par un formateur qualifié.

## **VII. Ouverture vers l'avenir**

Durant la période ayant suivi l'atelier, les apprenants (au nombre de 9) ayant bénéficié de la formation sur l'intra-osseuse par simulation et se trouvant au service de réanimation pédiatrique, étaient demandeurs et ont pu poser des intra-osseuses lors de 5 indications distinctes où les voies veineuses n'ont pas été disponibles, à savoir deux arrêts cardiaques, deux états de mal convulsifs, un état de choc, une brûlure et un nourrisson multi-piqué en SDRA (syndrome de détresse respiratoire aigu) qui a perdu sa voie veineuse centrale et qui s'est désadapté au respirateur. Il est à noter que leurs taux de réussite à la première tentative était de 87,5% (7 /8), et qu'il n'y a eu qu'une complication mineure à type de déperfusion accidentelle avec extravasation sous cutanée. Aucune complications graves n'a été noté.

Une étude à plus grande échelle et incluant les urgences médicales pédiatriques (UMP), les urgences chirurgicales pédiatriques (UCP), les services de pédiatrie des étages, et la réanimation pédiatrique seraient la bienvenue, après une formation par simulation de l'ensemble du personnel de l'Hôpital.



**CONCLUSION**



Le constat de la non utilisation de la voie intra-osseuse lors d'un contexte d'urgence par les professionnels de santé dans l'enceinte de l'Hôpital d'Enfant de Rabat, et ce malgré la disponibilité du matériel, nous a poussé à déterminer l'impact de la simulation dans l'apprentissage de la voie intra-osseuse.

Nos résultats confirment les données de la littérature, concernant la supériorité de l'apprentissage par simulation comparé à un apprentissage théorique surtout pour des gestes techniques.

Notre étude préliminaire étant la première à montrer l'intérêt de la simulation dans l'apprentissage de la voie intra-osseuse, permet de penser qu'il serait intéressant de généraliser la formation sur l'abord intra-osseux par simulation procédurale à l'ensemble du personnel de l'Hôpital d'Enfant, ou au mieux de l'inclure dans un cursus ou un curriculum.

Ceci bien sûr en respectant les limites de notre étude, et en proposant des études ultérieures pour arriver à une évaluation de niveau 3 sur l'échelle de kirckpatrick.



## **RESUME**



## **RESUME**

**Titre :** Intérêt de la simulation procédurale dans l'apprentissage de la voie intra osseuse

**Auteur :** BENTALHA KENZA

**Mots clés :** Simulation- Simulation procédurale- Voie intra-osseuse

**Introduction :** La voie intra-osseuse fait référence au placement d'une aiguille à travers le cortex d'un os dans l'espace médullaire. Elle permet un abord vasculaire devant des situations d'urgence lorsque l'abord par voie veineuse périphérique est difficile. Son apprentissage lors de circonstances d'urgences tel qu'un état de choc, un arrêt cardiaque ou des convulsions peut être laborieux.

Malgré son importance, et la disponibilité d'un matériel adéquat, force est de constater la non utilisation de la voie intra-osseuse par les professionnels de santé lors d'un contexte d'urgence dans l'enceinte de l'Hôpital d'Enfant de Rabat.

**Objectif :** L'objectif de notre thèse est de montrer l'intérêt de la simulation procédurale dans l'apprentissage de la voie intra-osseuse chez des étudiants en médecine de notre hôpital.

**Matériel et méthodes :** Deux groupes ont été comparés. Un premier ayant bénéficié d'un atelier par simulation procédurale « groupe 1 », et un second ayant bénéficié d'un apprentissage théorique sur support « groupe 2 ». L'évaluation s'est faite par la comparaison de l'amélioration du score obtenu sur un QCM sur la voie intra-osseuse donné aux deux groupes avant et après leur apprentissage.

**Résultats :** 99 apprenants ont été inclus, 47 ayant eu un apprentissage par simulation procédurale, 52 un apprentissage par support. L'amélioration pour le groupe 1 (simulation procédurale) était en moyenne de  $17,11 \pm 4,97$  points par personne et le groupe 2 (théorique) de  $8,96 \pm 4,5$  points. Cette comparaison est statistiquement significative avec un  $p < 0,001$ .

Nos résultats confortent ceux de la littérature attestant qu'un apprentissage par simulation procédurale est efficient pour améliorer les performances des apprenants.

**Conclusion :** Cette étude préliminaire permet de penser qu'il serait intéressant de généraliser la formation sur l'abord intra-osseux par simulation procédurale à l'ensemble du personnel de l'Hôpital d'Enfant, ou au mieux l'inclure dans un cursus ou un curriculum.

## **ABSTRACT**

**Title:** Interest of procedural simulation in learning the intraosseous route

**Author :** BENTALHA KENZA

**Key words :** Simulation- Procedural simulation- Intraosseous route

**Introduction:** The intraosseous route refers to the placement of a needle through the cortex of a bone into the marrow space. It allows a vascular approach in emergency situations when the peripheral venous approach is difficult. Learning to use it in emergency situations such as shock, cardiac arrest or convulsions can be laborious.

Despite its importance, and the availability of adequate equipment, we are forced to note the non-use of the intraosseous route by health professionals during an emergency context in the Children's Hospital of Rabat.

**Objective:** The objective of our thesis is to show the interest of procedural simulation in the learning of the intraosseous route among medical students in our hospital.

**Material and methods:** Two groups were compared. The first group benefited from a procedural simulation workshop, "group 1", and the second group benefited from a theoretical learning on a support "group 2". The evaluation was done by comparing the improvement of the score obtained on a MCQ on the intraosseous route given to the two groups before and after their training.

**Results:** 99 learners were included, 47 who had procedural simulation learning, 52 who had support learning. The improvement for group 1 (procedural simulation) was on average  $17.11 \pm 4.97$  points per person and group 2 (theoretical)  $8.96 \pm 4.5$  points. This comparison was statistically significant with a  $p < 0.001$ .

Our results support those of the literature attesting that procedural simulation-based learning is efficient to improve learners' performance.

**Conclusion :** This preliminary study suggests that it would be interesting to generalize the training on intraosseous approach by procedural simulation to all the staff of the Children's Hospital, or at best to include it in a curriculum.

## ملخص:

العنوان: مصلحة المحاكاة الإجرائية في تعلم المسار داخل العظام

المؤلف: بنطلحة كنزة

الكلمات المفتاحية: المحاكاة - المحاكاة الإجرائية - الطريق داخل العظام

## مقدمة:

يشير المسار داخل العظم إلى وضع إبرة عبر قشرة العظم في الفضاء النخاعي. يسمح بالوصول إلى الأوعية الدموية في حالات الطوارئ عندما يكون الوصول إلى الوريد المحيطي صعبا. قد يكون تعلمه أثناء حالات الطوارئ مثل حالة الصدمة أو السكتة القلبية أو التشنجات أمرا شاقا.

على الرغم من أهميتها ، وتوافر المعدات المناسبة ، فمن الواضح أن المسار داخل العظام لا يستخدم من قبل المهنيين الصحيين في سياق الطوارئ داخل مستشفى الأطفال بالرباط.

## موضوعي:

الهدف من أطروحتنا هو إظهار اهتمام المحاكاة الإجرائية في تعلم المسار داخل العظام لدى طلاب الطب في مستشفانا.

## المواد والطرق:

تمت مقارنة مجموعتين. استفاد الأول من ورشة عمل عن طريق المحاكاة الإجرائية "المجموعة 1" ، والثاني استفاد من التعلم النظري حول الدعم "المجموعة 2". تم إجراء التقييم من خلال مقارنة التحسن في النتيجة التي تم الحصول عليها على MCQ على الطريق داخل العظام الممنوح للمجموعتين قبل وبعد التعلم.

## نتائج:

تم تضمين 99 متعلما ، حصل 47 منهم على التعلم عن طريق المحاكاة الإجرائية ، و 52 من التعلم عن طريق الدعم. كان التحسن للمجموعة 1 (المحاكاة الإجرائية) في المتوسط  $4.97 \pm 17.11$  نقطة لكل شخص والمجموعة 2 (النظرية) كانت  $4.5 \pm 8.96$  نقطة. هذه المقارنة ذات دلالة إحصائية مع  $p > 0.001$ .

تؤكد نتائجنا نتائج الأدبيات التي تثبت أن التعلم عن طريق المحاكاة الإجرائية فعال في تحسين أداء المتعلمين.

## خاتمة:

تجعل هذه الدراسة الأولية من الممكن الاعتقاد أنه سيكون من المثير للاهتمام تعميم التدريب على النهج داخل العظام عن طريق المحاكاة الإجرائية لجميع العاملين في مستشفى الأطفال ، أو في أحسن الأحوال إدراجها في دورة أو منهج دراسي.



## **ANNEXES**



## Voie intra-osseuse

### DÉFINITION ET INTÉRÊT

L'accès vasculaire intra-osseux (IO) fait référence au placement d'une aiguille creuse spécialisée à travers le cortex d'un os dans l'espace médullaire. Il s'agit d'une voie d'urgence utilisée en situations vitales (Arrêt cardiaque, états de choc..) en cas d'impossibilité d'abord veineux périphérique. Elle permet l'administration de perfusions, de médicaments, voir de transfusion ou encore de prélèvements sanguins.  
Elle est d'apprentissage facile, utilisable en préhospitalier et hospitalier et pour tous les âges.

### INDICATIONS

Toutes les situations d'urgence devant l'incapacité d'obtenir un abord veineux périphérique. Elle prime sur la pose d'une voie veineuse centrale.

- Arrêt cardiaque
- Etats de chocs
- Abord veineux difficile sur terrains particuliers tel que:
  - Déshydratation sévère
  - Brûlures étendues
  - Sepsis
  - Traumatisme
  - Etat de mal épileptique

### CONTRE-INDICATIONS

#### Contre-indications absolues :

- Absence de repères anatomiques
- Fracture du site osseux
- Cellulite ou infection sur le site
- Lésion vasculaire homolatérale
- Brûlure au niveau du site de ponction

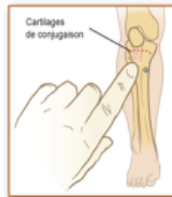
#### Contre-indications relatives :

- Ostéogenèse imparfaite
- Ostéoporose
- Site IO précédent moins de 48 heures
- Chirurgie orthopédique récente
- Matériel sur le membre à perfuser

### LES SITES DE POSE



1. Humérus proximal



2. Tibial proximal



3. Tibial distal



4. Fémur distal :  
uniquement

### MATÉRIEL

Différents systèmes sont utilisables:

- Système manuel tel qu'avec les aiguilles de Cook® Dieckmann  
18 G, de couleur rose pour patients 24 mois.  
15,5 G ailettes en métal pour patients > 24 mois
- Système à percussion tel que le BIG (adulte bleu et rose pour les moins de 12)
- Système motorisé tel que l' EZ-IO® avec des aiguilles à entraînement motorisé avec une perceuse  
+Aiguille EZ-IO® de 15 G, 15 mm, de couleur rose, pour les patients entre 3 kg et 39 kg.  
+15 G, 25 mm, de couleur bleue, prévue pour les patients ≥ 3 kg  
+15 G, 45 mm, de couleur jaune, prévue pour les patients ≥ 40 kg, ou pour une épaisseur excessive de tissus entre la peau et l'os.





## TECHNIQUE DE POSE

### 1 - Préparation à la ponction :

- Repérage du site d'insertion et palpation des repères osseux,
- Antiseptie cutanée rigoureuse, port de gant stérile.

### 2 - Réalisation de la ponction :

- Maintenir la perceuse à 90° (pour tous les sites) ou 45° (pour le site huméral) par rapport à la peau,
- Sentir le passage de la corticale
- Enlever le trocart ou le mandrin métallique.

### 3- Contrôle de la bonne position :

- Confirmer le placement de l'aiguille IO en vérifiant la stabilité de l'aiguille dans l'os, l'aspiration de la moelle, la capacité de rincer avec une solution saline et de bons débits intra osseux.
- Vérifier l'immobilité de l'aiguille, assurer sa fixation
- Mettre le prolongateur et faire un test d'aspiration.

### 4 - Préparation à l'injection et/ou la perfusion :

- Injecter 0,5 mg/Kg de Lidocaïne 2% et attendre 15 à 20 sec
- Injecter le flush de 10 mL de NaCl 0,9%
- Débuter l'injection du médicament et/ou soluté (contre-pression: **une pression supérieure à 30mmhg est nécessaire pour vaincre la pression dans l'os**).
- Vérifier l'absence de résistance et/ou d'extravasation.

## DURÉE DE POSE

Il est indispensable de documenter la date et l'heure de placement de l'intra osseuse.

Utilisation maximale de 24 heures,

AMM jusqu'à 72 heures pour EZ\_IO,

Il y a une majoration du risque infectieux au delà.

## ABLATION

A la suite de l'obtention d'un accès IV adéquat, le dispositif IO sera retiré et bandé.

-Conditions d'asepsie rigoureuse

-Dévisser le cathéter dans le sens des aiguilles d'une montre

-L'aiguille doit rester perpendiculaire à l'os, pas de mouvements d'inclinaison.

## LES COMPLICATIONS

Rares (moins de 1%)

**-Les complications bénignes:**

-Hématome local

-Abscessus sous-cutané,

-Diffusion sous-cutanée

**-Les complications graves :**

-Mécaniques : fracture sous-périostée, syndrome des loges,

-Infectieuses : ostéomyélite bactérienne ou fongique, cellulite

-Autres : embolie graisseuse ou gazeuse, ostéomyélite chimique.

L'incapacité de retirer une aiguille IO tordue. Une aiguille tordue peut nécessiter un retrait chirurgical.

## **Annexe 2 :**

### Questionnaire concernant la Voie intra-osseuse

Dans le cadre d'une thèse en doctorat en médecine, nous avons fait ce formulaire concernant la voie intra-osseuse

**\*Obligatoire**

Connaissez-vous le concept d'une voie intra-osseuse?\*

- OUI
- NON

En quoi consiste une voie intra-osseuse?\*

- L'administration rapide de médicaments, de perfusions dans la cavité médullaire de l'os
- En l'introduction d'un cathéter dans le LCR
- En l'utilisation d'un introducteur manuel ou système à percussion en intra-osseux
- En l'introduction d'un trocart dans la cavité pleurale
- Utilisation d'une aiguille spinale pour une ponction lombaire

En avez-vous déjà fait?\*

- OUI
- NON

Avez-vous déjà assisté à une prise d'une Voie intra-osseuse?\*

- OUI
- NON

Devant une situation d'urgence extrême, quel est le premier choix en terme d'abord vasculaire?\*

- Voie veineuse centrale
- Voie intra-artérielle
- Voie intra-osseuse
- Voie intra-cardiaque
- Voie veineuse périphérique

La voie intra-osseuse est utilisée uniquement en pédiatrie\*

- VRAI
- FAUX

Idéalement, dans quelle zone anatomique faut-il insérer le cathéter intra-osseux\*?

- Epiphyse
- Périoste
- Métaphyse
- Liquide synovial
- Diaphyse

La pression à l'intérieur de la moelle osseuse est d'environ:\*

- 0-10 mm Hg
- 10-25 mm Hg
- 25-35 mm Hg
- 35-70 mm Hg
- 70-120 mm Hg

Quelles sont les indications de la voie intra-osseuse?\*

- Etats de choc
- Arrêt cardiocirculatoire
- Dénutrition chronique pour une réalimentation au long cours
- Chimiothérapie
- Abord veineux périphérique difficile

Quels sont les sites de ponction possibles pour la mise en place d'une voie intra-osseuse?\*

- Humérus proximal
- Humérus distal
- Fémur proximal
- Tibia proximal
- Tibia distal

Tous les sites anatomiques doivent être ponctionnés à 90°, sauf:\*

- Humérus proximal
- Fémur distal
- Tibia proximal
- Tibia distal

Quel est le moment le plus douloureux lors de la mise en place de la voie intra-osseuse?\*

- Lors de la ponction cutanée
- Lors de la ponction osseuse
- Lors du flush initial
- Lors de la perfusion
- Lors du retrait du cathéter intra-osseux

Quelles sont les contre-indications de la voie intra-osseuse?\*

- Fracture
- Cellulite
- Absence de repère anatomique
- Autre voie intra-osseuse sur le même os

La complication la plus fréquente de la VIO est l'ostéomyélite\*

- VRAI
- FAUX

Parmi les complications de la VIO, on retrouve:\*

- Un hématome local
- Un abcès sous-cutané
- L'ostéomyélite bactérienne
- Fracture du membre
- Syndrome des loges

Quels sont les médicaments et/ ou solutés que nous pouvons perfuser à travers la voie intra-osseuse?\*

- Les antibiotiques
- La chimiothérapie
- L'adrénaline
- L'alimentation parentérale
- Les culots globulaires

Nous pouvons faire des prélèvements biologiques à la travers la voie intra-osseuse\*

- VRAI
- FAUX

Avant la perfusion du produit, il est nécessaire d'injecter 0.5mg/kg de lidocaine 2% + Flush de 10 ml de sérum salé 9 ‰\*

- VRAI
- FAUX

La durée maximale d'une voie intra-osseuse est de :\*

- 6 heures
- 72 heures
- 5 jours
- Indéfinie

Vous sentez-vous capable de prendre une voie intra-osseuse?\*

- OUI
- NON

Ecrivez votre numéro\*



## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**



- [1] America's authentic government information. h.r. 855 to amend the public health service act to authorize medical simulation enhancement programs, and for other purposes. 111th congress 1st session. 2009 - Traduction proposée dans le rapport simulation has.
- [2] Ziv, Amitai & al, « Simulation-based Medical Education: An Ethical Imperative ». *Academic Medicine: Journal of the Association of American Medical Colleges* 78, no 8 (août 2003): 783-788 cité par Boet, Sylvain, Jean-Claude Granry, et Georges Savoldelli. *La simulation en santé: de la théorie à la pratique*, 2013.
- [3] Van Gele, Patrick. « Pratiques probantes en simulation Aujourd'hui - demain ». Présenté à Journée Simulation en Santé, IFSI Annecy, 15 mai 2014.
- [4] Tribby, E. (2013). Théories de l'apprentissage et simulation Point de vue de la didactique professionnelle. In: Boet, S., Savoldelli, G., Granry, JC. (eds) *La simulation en santé De la théorie à la pratique*. Springer, Paris. [https://doi.org/10.1007/978-2-8178-0469-9\\_3](https://doi.org/10.1007/978-2-8178-0469-9_3)
- [5] Perrenoud, P la progression de l'acquisition des compétences des étudiants et des élèves aide-soignants CEFIEC . 2013. cité 8 Juin 2021. Disponible sur [https:// www.cefiec.fr/](https://www.cefiec.fr/)
- [6] Céline CHAUVIGNE , MAGDELAINÉ A. Entretien exploratoire avec des personnes ressources. Céline CHAUVIGNE 2014.
- [7] Kurrek MM, Fish KJ. Anaesthesia crisis resource management training: an intimidating concept, a rewarding experience. *Can J Anaesth.* 1996 May;43(5 Pt 1):430-4. doi: 10.1007/BF03018101. PMID: 8723846.
- [8] J. Hugh Devitt, M.D., M.Sc., F.R.C.P.C.,\* Matt M. Kurrek, M.D (The Validity of Performance Assessments Using Simulation).
- [9] Clostermann JP. *La conduite du navire marchand. Facteurs humains dans une activité à risques*. Rennes: InfoMer; 2010.
- [10] Lagrange V, Desmares Et De l'erreur humaine au management de la sûreté, l'ergonomie est-elle encore légitime face aux nouveaux enjeux de la sûreté ? In: *Société d'ergonomie de langue française*, ed. 34ème Congrès de la SELF, Caen 15 septembre 1999. Toulouse: SELF; 1999.

- [11] Fauquet-Alekhine P. Facteurs Humains dans l'industrie nucléaire française. *Rev Maritime* 2010;(490):4-11
- [12] Chamberland G, Provost G. *Jeu, simulation et jeu de rôle*. Québec: Presse de l'Université du Québec; 1996.
- [13] Cooper Jeffrey B, Taqueti VR, « A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training », *Postgrad Med J*, vol. 84, no 997, novembre ) p. 563–570 ,2008PMID 19103813, DOI 10.1136/qshc.2004.009886, lire en ligne [archive], consulté le 18 mai 2011) et: Kinney, David, « Is It a Standard Man, or Stan D. Ardman? », *LA Times*, 1<sup>er</sup> août 1999 (lire en ligne [archive], consulté le 24 mai 2011) )
- [14] Morgan PJ, Cleave-Hogg DM. Cost and resource implications of undergraduate simulation based education. *Can J Anaesth* 2001;48(8):827-8.
- [15] Andreatta PB, Woodrum DT, Birkmeyer JD, Yellamanchili RK, Doherty GM, Gauger PG, et al. Laparoscopic skills are improved with Lap Mentor training: results of a randomized, double-blinded study. *Ann Surg* 2006;243(6):854-60
- [16] Wayne DB, Didwania A, Feinglass J, Fudala MJ, Barsuk JH, cardiac arrest team responses at an academic teaching hospital: a case-control study. *Chest*. 2008 Jan;133(1):56-61. doi: 10.1378/chest.07-0131. Epub 2007 June 15. PMID: 17573509.
- [17] Abella BS, Alvarado JP, Myklebust H, Edelson DP, Barry A, O'Hearn N, Vanden Hoek TL, Becker LB. Quality of cardiopulmonary resuscitation during in-hospital cardiac arrest. *JAMA*. 2005 Jan 19;293(3):305-10. doi: 10.1001/jama.293.3.305. PMID: 15657323.)
- [18] Gouvitsos F, Vallet B, Scherpereel P. Les simulateurs d'anesthésie: intérêts et limites à travers l'expérience de plusieurs centres universitaires européens. *Ann Fr Anesth Reanimation*. 1<sup>er</sup> Aout 1999.18. (7): 787-95
- [19] Mandava SH, Liu J, Maddox MM, Woodson B, Thomas R, Lee BR. Stratification of Expert vs Novice Laparoscopists Using the Basic Laparoscopic Urologic Surgery (BLUS) Curriculum at a Single Institution. *J Surg Educ*. 2015 Sep-Oct;72(5):964-8. doi: 10.1016/j.jsurg.2015.03.006. Epub 2015 Apr 21. PMID: 25911459.)

- [20] Noeller TP, Smith MD, Holmes L, Cappaert M, Gross AJ, Cole-Kelly K, Rosen KR. A theme-based hybrid simulation model to train and evaluate emergency medicine residents. *Acad Emerg Med*. 2008 Nov;15(11):1199-206. doi: 10.1111/j.1553-2712.2008.00183.x. Epub 2008 Jul 14. PMID: 18638032.
- [21] Society of simulation in healthcare council for accreditation of healthcare simulations programs. accreditation standards and measurement criteria. é disponible sur <https://www.ssih.org/Credentialing/accreditation>)
- [22] Octares Editions- Apprendre par la simulation [Internet] [cité 10 juin 2021.] Disponible sur : <https://www.octares.com/formation/99-apprendre-par-la-simulation.html>.
- [23] Kurrek, M.M., Devitt, J.H. The cost for construction and operation of a simulation centre. *Can J Anesth* 44, 1191 (1997). <https://doi.org/10.1007/BF03013344>.
- [24] Durá MJ, Merino F, Abajas R, Meneses A, Quesada A, González AM. High fidelity simulation in Spain: from dreams to reality. *Rev Esp Anesthesiol Reanim*. 2015 Jan;62(1):18-28. English, Spanish. doi: 10.1016/j.redar.2014.05.008. Epub 2014 Jun 19. PMID: 24952828.
- [25] Cape Town South Africa Simulation Training Lab.. [CAE Healthcare [internet] [cité 19 juin 2021]]<https://www.caehealthcare.com/blog/simulation-training-lab-transforms-healthcare-in-south-africa/>)
- [26] Medtronic. Impact -Strategische Partnerschaften [internet]v[cité 19 juin 2021 ]disponible sur <https://www.medtronic.com/be-fr/professionnels-de-sante/impact/parteneriats-denvergure-mondiale.html>
- [27] Strandberg G, Larsson A, Lipcsey M, Eriksson M. Comparaison des prélèvements sanguins intra-osseux, artériels et veineux pour l'analyse en laboratoire en cas de choc hémorragique. *Clin Lab*. 01 juil. 2019 ; 65 (7) [ PubMed ]
- [28] Jousi M, Björkman J, Nurmi J. Analyses au point de service d'échantillons de sang provenant d'un accès intraosseux en soins intensifs préhospitaliers. *Acta Anesthesiol Scand*. 2019 novembre ; 63 (10):1419-1425
- [29] ( Lewis P, Wright C. Sauver le patient traumatisé gravement blessé : une analyse

rétrospective de 1 000 utilisations de l'accès intra-osseux. *Emerg Med J.* 2015 juin ; 32 (6):463-7. [ ]

[30] Ellemunter H, Simma B, Trawöger R, Maurer H. Lignes intraosseuses chez les nouveau-nés prématurés et à terme. *Arch Dis enfant foetal néonatal Ed.* 1999 janvier ; 80 (1):F74-5. [ ]

[31] Ngo AS, Oh JJ, Ch en Y, Yong D, Ong ME. Accès vasculaire intra-osseux chez l'adulte utilisant l'EZ-IO dans un service d'urgence. *Int J Emerg Med.* 11 août 2009 ; 2 (3):155-60. [ ]

[32] Leidel BA, Kirchhoff C, Bogner V, Braunstein V, Biberthaler P, Kanz KG. Comparaison des accès vasculaires intra-osseux versus veineux centraux chez des adultes en réanimation aux urgences avec des veines périphériques inaccessibles. *Réanimation.* janv. 2012 ; 83 (1):40-5

[33] Petitpas F, Guenezan J, Vendevre T, Scepi M, Oriot D, Mimoz O. Utilisation de l'accès intra-osseux chez l'adulte : une revue systématique. *Soins critiques.* 14 avril 2016 ; 20 : 102. [ ]

[34] Petitpas F, Guenezan J, Vendevre T, Scepi M, Oriot D, Mimoz O. Utilisation de l'accès intra-osseux chez l'adulte : une revue systématique. *Soins critiques.* 14 avril 2016 ; 20 : 102. [ ]

[35] Illicki J, Scholander J. La lidocaïne peut réduire la douleur de la perfusion de liquide intra-osseux. *Soins critiques.* 2016 juin 20 ; 20 (1):192.

[36] Schalk R, Schweigkofler U, Lotz G, Zacharowski K, Latasch L, Byhahn C. Efficacité du pilote d'aiguille EZ-IO pour l'accès intraosseux hors de l'hôpital - une étude préliminaire, observationnelle et multicentrique. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 26 octobre 2011 ; 19h65

[37] Chalopin T, Lemaignan A, Guillon A, Geffray A, Derot G, Bahuaud O, Agout C, Rosset P, Castellier C, De Pinieux G, Valentin AS, Bernard L, Bastides F., Centre De Référence Des Infections Ostéo-Articulaires Du Equipe d'Etude du Grand-Ouest (CRIOGO). Ostéomyélite tibiale aiguë par accès intra-osseux lors de la réanimation initiale : à propos d'un cas et revue de la littérature. *BMC Infect Dis.* 17 décembre 2018 ; 18 (1):665.

[38] Krishnan M, Lester K, Johnson A, Bardeloza K, Edemekong P, Berim I. Bent Metal in a Bone: Une complication rare d'une procédure émergente ou une carence dans l'ensemble des compétences? *Soins des cas critiques.* 2016 ; 2016 :4382481. )

- [39] Okuda Y, Bryson EO, DeMaria S Jr, Jacobson L, Quinones J, Shen B, Levine AI. The utility of simulation in medical education: what is the evidence? *Mt Sinai J Med*. 2009 Aug;76(4):330-43. doi: 10.1002/msj.20127. PMID: 19642147.
- [40] Dr Eric J. Lavonas, M.Sc.; Dr David J. Magid, maîtrise en santé publique; Khalid Aziz, MBBS, BA, MA, MEd(IT); Dre Katherine M. Berg; Dr Adam Cheng; Amber V. Hoover, I.A., M.Sc.Inf.; Melissa Mahgoub, Ph.D.; Dr Ashish R. Panchal, Ph.D.; Amber J. Rodriguez, Ph.D.; Dre Alexis A. Topjian, MSCE; Dre Comilla Sasson, Ph.D. ND
- [41] Coudray, Angélique-Marguerite Le Boursier du, *Abrégé de l'art des accouchemens*, 1785, p. 204.
- [42] <https://imsc.ma/la-simulation-en-sante/>
- [43] Huwendiek S, De leng BA, Zary N, Fischer MR, Ruiz JG, Ellaway R. Towards a typology of virtual patients. *Med Teach* 2009;31(8):743-8.
- [44] . Blum MG, Powers TW, Sundaresan S. Bronchoscopy simulator effectively prepares junior residents to competently perform basic clinical bronchoscopy. *Ann Thorac Surg* 2004;78(1): 287-91.
- [45] Kneebone RL, Kidd J, Nestel D, Barnet A, Lo B, King R, et al. Blurring the boundaries: scenario based simulation in a clinical setting. *Med Educ* 2005;39(6):580-7.
- [46] Inventures. NHS Simulation provision and use study summary report. London: Department of 104 | Health; 2010.
- [47] **Adult Intraosseous Access: An Idea Whose Time Has Come, Israeli Journal of Emergency Medicine – Vol. 6, No. 2 May 2006**
- [48] <https://www.ecoactu.ma/sante-healthcare-training-innovation-tanger/>
- [49] Mouhaoui M, Moussaoui M, Yaqini K et al." La simulation médicale au Maghreb : état des lieux et perspectives", Session conjointe SFMU/Société Maghrébine de Médecine d'urgence. Juin 2012.
- [50] Khan R, Aydin A, Khan MS, et al. Simulation-based training for prostate surgery. *BJU Int* 2015;116:665—74.

- [51] Djiguimdé PW, Diomandé IA, Ahnoux-Zabsonré A, Koffi KV, Meda TA, Diomandé GF, Sanou J, Meda-Hien G, Sankara P, Meda N. Résultats de la chirurgie avancée de la cataracte par tunnélisation: à propos de 262 cas réalisés au CHR de Banfora (Burkina Faso) [Results of advanced cataract tunnel surgery: about 262 cases performed at CHR Banfora (Burkina Faso)]. *Pan Afr Med J.* 2015 Dec 14;22:366. French. doi: 10.11604/pamj.2015.22.366.8416. PMID: 27022426; PMCID: PMC4789190.
- [52] Philippe Vanoost. Étude descriptive de la création d'une formation à l'intubation difficile. *Médecine humaine et pathologie.* 2015. ffdumas-01310176f
- [53] <https://www.oujdacity.net/national-article-120368-fr/lorganisation-simcup-maroc.html>
- [54] <https://imsc.ma/missions-et-valeurs/>
- [55] . Vidal-Gomel C, Fauquet-Alekhine P, Guibert S. Réflexions et apports théoriques sur la pratique des formateurs et de la simulation. In: Fauquet-Alekhine P, Pahuet N, Labrucherie M, Maridonneau C, Geeraerts T, Trabold F, et al., ed. *Améliorer la pratique professionnelle par la simulation.* Toulouse: Octares; 2011.
- [56] M. MOUHAOUI 1, M. MOUSSAOUI 1, K. YAQINI 1, K. KHALEQ 1, H. LOUARDI : La simulation médicale au Maghreb : état des lieux et perspectives
- [57] The jamovi project (2022). jamovi. (Version 2.3) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>. [57] R Core Team (2021). R: A Language and environment for statistical computing. (Version 4.1) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from MRAN snapshot 2022-01-01). Ref jamovi
- [58] Alsaad, Bhide, Moss Jr. et al : Performance des stagiaires dans la simulation des
- [59] Di Domenico S, Santori G, Porcile E et al. Inexpensive homemade models for ultrasound-guided vein cannulation training. *J Clin Anesth* 2007;19:491-6.
- [60] Vogelgesang SA, Karplus TM, Kreiter CD. An instructional program to facilitate teaching joint/soft-tissue injection and aspiration. *J Gen Intern Med* 2002;17:441-5
- [61] Cook D.A., Hatala R., Brydges R., Zendejas B., Szostek J.H., Wang A.T., et al. Technology-enhanced simulation for health professions education: a systematic review and

meta-analysis *JAMA* 2011 ; 306 (9) : 978-988

[62] Bouchareb M, Bouaziz M, Djebien M, Saidani M. Formation de résidents en anesthésie-réanimation à la gestion des voies aériennes. Évaluation d'un dispositif pédagogique recourant à la simulation dans une faculté de médecine en Algérie. *Pédagogie Médicale* 2020.

[63] <https://sofrasims.org/sofrasims/groupe-de-travail/simulation-procedurale/>

[64] Bouchareb M, Bouaziz M, Djebien M, Saidani M. Formation de résidents en anesthésie-réanimation à la gestion des voies aériennes. Évaluation d'un dispositif pédagogique recourant à la simulation dans une faculté de médecine en Algérie. *Pédagogie Médicale* 2020. <https://doi.org/10.1051/pmed/2020030>. [Google Scholar]

[65] Abbal B, Perbet S, Pereira B, Colomb S, Ehrmann S, Bazin J-E, et al. Use of the intraosseous access in adult patients in France in 2012. *Ann Fr Anesthésie Réanimation*. 2014 Apr;33(4):221–6.

[66] La simulation avec des moyens limités : des possibilités pédagogiques sans limites *Pédagogie Médicale* 21, 61-63 (2020)

[67] Garrood T, Iyer A, Gray K, Prentice H, Bamford R, Jenkin R, Shah N, Gray R, Mearns B, Ratoff JC. A structured course teaching junior doctors invasive medical procedures results in sustained improvements in self-reported confidence. *Clin Med (Lond)*. 2010 Oct;10(5):464-7. doi: 10.7861/clinmedicine.10-5-464. PMID: 21117378; PMCID: PMC4952407.

[68] « *Audio-Visual methods in teaching Revised Edition* » – Edgar Dale (1957).

[69] « *How to read a book* » – Mortimer Adler (TOUCHSTONE, 1972).

## *Serment d'Hippocrate*

*Au moment d'être admis à devenir membre de la profession médicale, je m'engage solennellement à consacrer ma vie au service de l'humanité.*

- Je traiterai mes maîtres avec le respect et la reconnaissance qui leur sont dus.*
- Je pratiquerai ma profession avec conscience et dignité. La santé de mes malades sera mon premier but.*
- Je ne trahirai pas les secrets qui me seront confiés.*
- Je maintiendrai par tous les moyens en mon pouvoir l'honneur et les nobles traditions de la profession médicale.*
- Les médecins seront mes frères.*
- Aucune considération de religion, de nationalité, de race, aucune considération politique et sociale ne s'interposera entre mon devoir et mon patient.*
- Je maintiendrai le respect de la vie humaine dès la conception.*
- Même sous la menace, je n'userai pas de mes connaissances médicales d'une façon contraire aux lois de l'humanité.*
- Je m'y engage librement et sur mon honneur.*

# قسم أبقراط

بسم الله الرحمن الرحيم

أقسم بالله العظيم

في هذه اللحظة التي يتم فيها قبولي عضوا في المهنة الطبية أتعهد علانية:

- ◀ بأن أكرس حياتي لخدمة الإنسانية .
  - ◀ وأن أحترم أساتذتي وأعترف لهم بالجميل الذي يستحقونه .
  - ◀ وأن أمارس مهنتي بوانع من ضميري وشريف في جاعلا صحة مريض هدي في الأول .
  - ◀ وأن لا أفشي الأسرار المعهودة إلي .
  - ◀ وأن أحافظ بكل ما لدي من وسائل على الشرف والتقاليد النبيلة لمهنة الطب .
  - ◀ وأن أعتبر سائر الأطباء إخوة لي .
  - ◀ وأن أقوم بواجبي نحو مرضاي بدون أي اعتبار ديني أو وطني أو عرقي أو سياسي أو اجتماعي .
  - ◀ وأن أحافظ بكل حزم على احترام الحياة الإنسانية منذ نشأتها .
  - ◀ وأن لا أستعمل معلوماتي الطبية بطريق يضر بحقوق الإنسان مهما لاقيت من تهديد .
  - ◀ بكل هذا أتعهد عن كامل اختيار ومقسما بالله .
- والله على ما أقول شهيد .



المملكة المغربية  
جامعة محمد الخامس بالرباط  
كلية الطب والصيدلة  
الرباط



سنة : 2023

رقم الأطروحة: 144

## مصلحة المحاكاة الإجرائية في تعلم المسار داخل العظام

### أطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم: / / 2023

من طرف

### السيدة بنطلحة كنزة

المزادة في : 19 يوليوز 1996 بالرباط

طبيبة داخلية بالمركز الاستشفائي الجامعي ابن سينا بالرباط

### لنيل شهادة

## دكتور في الطب

الكلمات الأساسية: المحاكاة - المحاكاة الإجرائية - الطريق داخل العظام

### أعضاء لجنة التحكيم:

رئيس اللجنة  
مدير الأطروحة  
عضو  
عضو

السيدة الشريف الكتاني سلمى  
أستاذة في التخدير والانعاش  
السيدة بنطلحة عزيزة  
أستاذة في التخدير والانعاش  
السيد تديلي جواد  
أستاذ في التخدير والانعاش  
السيدة مكاوي نور  
أستاذة في طب الأطفال