

ANNEE: 2013

THESE N°:35

HEMOGRAMME:  
AVANCEES ACTUELLES  
THESE

*Présentée et soutenue publiquement le :.....*

PAR  
Mlle. Saloua ARDOUNI  
Né le 05-12-1987 à Casablanca

Pour l'Obtention du Doctorat en Pharmacie

MOTS CLES : Hémogramme, automatisme, interprétation.

MEMBRES DE JURY

**Mr A. BELMEKKI**

Professeur d'hématologie

**Mr A. MASRAR**

Professeur d'hématologie biologique

**Mr A. DAMI**

Professeur agrégé de biochimie

**Mme M. NAZIH**

Professeur agrégé d'hématologie

**PRESIDENT**

**RAPPORTEUR**

**JUGES**

سُبْحَانَكَ

لَا عِلْمَ لَنَا إِلَّا مَا عَلَّمْتَنَا

إِنَّكَ أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ

(البقرة: من الآية 32)



**UNIVERSITE MOHAMMED V- SOUISSI**  
**FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE - RABAT**

**DOYENS HONORAIRES :**

- 1962 – 1969 : Docteur Abdelmalek FARAJ**  
1969 – 1974 : Professeur Abdellatif BERBICH  
1974 – 1981 : Professeur Bachir LAZRAK  
1981 – 1989 : Professeur Taieb CHKILI  
1989 – 1997 : Professeur Mohamed Tahar ALAOUI  
1997 – 2003 : Professeur Abdelmajid BELMAHI

**ADMINISTRATION :**

- Doyen : Professeur Najia HAJJAJ  
Vice Doyen chargé des Affaires Académiques et étudiantes  
Professeur Mohammed JIDDANE  
Vice Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération  
Professeur Ali BENOMAR  
Vice Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie  
Professeur Yahia CHERRAH  
Secrétaire Général : Mr. El Hassane AHALLAT  
Conservateur : Ahmed ZAHIDI

**PROFESSEURS :**

**Février, Septembre, Décembre 1973**

1. Pr. CHKILI Taieb Neuropsychiatrie

**Janvier et Décembre 1976**

2. Pr. HASSAR Mohamed Pharmacologie Clinique

**Mars, Avril et Septembre 1980**

3. Pr. EL KHAMLICHI Abdeslam Neurochirurgie  
4. Pr. MESBAHI Redouane Cardiologie

**5. Mai et Octobre 1981**

6. Pr. BOUZOUBAA Abdelmajid Cardiologie  
7. Pr. EL MANOUAR Mohamed Traumatologie-Orthopédie  
8. Pr. HAMANI Ahmed\* Cardiologie  
9. Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajih Chirurgie Cardio-Vasculaire  
10. Pr. SBIHI Ahmed Anesthésie –Réanimation  
11. Pr. TAOBANE Hamid\* Chirurgie Thoracique

**12. Mai et Novembre 1982**

13. Pr. ABROUQ Ali\* Oto-Rhino-Laryngologie  
14. Pr. BENOMAR M'hammed Chirurgie-Cardio-Vasculaire  
15. Pr. BENSOUA Mohamed Anatomie  
16. Pr. BENOSMAN Abdellatif Chirurgie Thoracique  
17. Pr. LAHBABI ép. AMRANI Naïma Physiologie

**Novembre 1983**

18. Pr. ALAOUI TAHIRI Kébir\* Pneumo-phtisiologie  
19. Pr. BALAFREJ Amina Pédiatrie  
20. Pr. BELLAKHDAR Fouad Neurochirurgie

21. Pr. HAJJAJ ép. HASSOUNI Najia  
22. Pr. SRAIRI Jamal-Eddine

Rhumatologie  
Cardiologie

#### **Décembre 1984**

23. Pr. BOUCETTA Mohamed\*  
24. Pr. EL GUEDDARI Brahim El Khalil  
25. Pr. MAAOUNI Abdelaziz  
26. Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajdi  
27. Pr. NAJI M'Barek \*  
28. Pr. SETTAF Abdellatif

Neurochirurgie  
Radiothérapie  
Médecine Interne  
Anesthésie -Réanimation  
Immuno-Hématologie  
Chirurgie

#### **Novembre et Décembre 1985**

29. Pr. BENJELLOUN Halima  
30. Pr. BENSALD Younes  
31. Pr. EL ALAOUI Faris Moulay El Mostafa  
32. Pr. IHRAI Hssain \*  
33. Pr. IRAQI Ghali  
34. Pr. KZADRI Mohamed

Cardiologie  
Pathologie Chirurgicale  
Neurologie  
Stomatologie et Chirurgie Maxillo-Faciale  
Pneumo-phtisiologie  
Oto-Rhino-laryngologie

#### **Janvier, Février et Décembre 1987**

35. Pr. AJANA Ali  
36. Pr. AMMAR Fanid  
37. Pr. CHAHED OUZZANI Houria ép.TAOBANE  
38. Pr. EL FASSY FIIHRI Mohamed Taoufiq  
39. Pr. EL HAITEM Naïma  
40. Pr. EL MANSOURI Abdellah\*  
41. Pr. EL YAACOUBI Moradh  
42. Pr. ESSAID EL FEYDI Abdellah  
43. Pr. LACHKAR Hassan  
44. Pr. OHAYON Victor\*  
45. Pr. YAHYAOUY Mohamed

Radiologie  
Pathologie Chirurgicale  
Gastro-Entérologie  
Pneumo-phtisiologie  
Cardiologie  
Chimie-Toxicologie Expertise  
Traumatologie Orthopédie  
Gastro-Entérologie  
Médecine Interne  
Médecine Interne  
Neurologie

#### **Décembre 1988**

46. Pr. BENHAMAMOUCHE Mohamed Najib  
47. Pr. DAFIRI Rachida  
48. Pr. FAIK Mohamed  
49. Pr. HERMAS Mohamed  
50. Pr. TOLOUNE Farida\*

Chirurgie Pédiatrique  
Radiologie  
Urologie  
Traumatologie Orthopédie  
Médecine Interne

#### **Décembre 1989 Janvier et Novembre 1990**

51. Pr. ADNAOUI Mohamed  
52. Pr. AOUNI Mohamed  
53. Pr. BENAMEUR Mohamed\*  
54. Pr. BOUKILI MAKHOUKHI Abdelali  
55. Pr. CHAD Bouziane  
56. Pr. CHKOFF Rachid  
57. Pr. KHARBACH Aïcha  
58. Pr. MANSOURI Fatima  
59. Pr. OUZZANI Taïbi Mohamed Réda  
60. Pr. SEDRATI Omar\*  
61. Pr. TAZI Saoud Anas

Médecine Interne  
Médecine Interne  
Radiologie  
Cardiologie  
Pathologie Chirurgicale  
Urologie  
Gynécologie -Obstétrique  
Anatomie-Pathologique  
Neurologie  
Dermatologie  
Anesthésie Réanimation

#### **Février Avril Juillet et Décembre 1991**

62. Pr. AL HAMANY Zaïtounia

Anatomie-Pathologique

63. Pr. ATMANI Mohamed*	Anesthésie Réanimation
64. Pr. AZZOUZI Abderrahim	Anesthésie Réanimation
65. Pr. BAYAHIA Rabéa ép. HASSAM	Néphrologie
66. Pr. BELKOUCHI Abdelkader	Chirurgie Générale
67. Pr. BENABDELLAH Chahrazad	Hématologie
68. Pr. BENCHEKROUN BELABBES Abdellatif	Chirurgie Générale
69. Pr. BENSOUDA Yahia	Pharmacie galénique
70. Pr. BERRAHO Amina	Ophthalmologie
71. Pr. BEZZAD Rachid	Gynécologie Obstétrique
72. Pr. CHABRAOUI Layachi	Biochimie et Chimie
73. Pr. CHANA El Houssaine*	Ophthalmologie
74. Pr. CHERRAH Yahia	Pharmacologie
75. Pr. CHOKAIRI Omar	Histologie Embryologie
76. Pr. FAJRI Ahmed*	Psychiatrie
77. Pr. JANATI Idrissi Mohamed*	Chirurgie Générale
78. Pr. KHATTAB Mohamed	Pédiatrie
79. Pr. NEJMI Maati	Anesthésie-Réanimation
80. Pr. OUAALINE Mohammed*	Médecine Préventive, Santé Publique et Hygiène
81. Pr. SOULAYMANI Rachida ép. BENCHEIKH	Pharmacologie
82. Pr. TAOUFIK Jamal	Chimie thérapeutique

### **Décembre 1992**

83. Pr. AHALLAT Mohamed	Chirurgie Générale
84. Pr. BENOUDA Amina	Microbiologie
85. Pr. BENSOUDA Adil	Anesthésie Réanimation
86. Pr. BOUJIDA Mohamed Najib	Radiologie
87. Pr. CHAHED OUZZANI Laaziza	Gastro-Entérologie
88. Pr. CHRAIBI Chafiq	Gynécologie Obstétrique
89. Pr. DAOUDI Rajae	Ophthalmologie
90. Pr. DEHAYNI Mohamed*	Gynécologie Obstétrique
91. Pr. EL HADDOURY Mohamed	Anesthésie Réanimation
92. Pr. EL OUAHABI Abdessamad	Neurochirurgie
93. Pr. FELLAT Rokaya	Cardiologie
94. Pr. GHAFIR Driss*	Médecine Interne
95. Pr. JIDDANE Mohamed	Anatomie
96. Pr. OUZZANI TAIBI Med Charaf Eddine	Gynécologie Obstétrique
97. Pr. TAGHY Ahmed	Chirurgie Générale
98. Pr. ZOUHDI Mimoun	Microbiologie

### **Mars 1994**

99. Pr. AGNAOU Lahcen	Ophthalmologie
100. Pr. AL BAROUDI Saad	Chirurgie Générale
101. Pr. BENCHERIFA Fatiha	Ophthalmologie
102. Pr. BENJAAFAR Nouredine	Radiothérapie
103. Pr. BENJELLOUN Samir	Chirurgie Générale
104. Pr. BEN RAIS Nozha	Biophysique
105. Pr. CAOUI Malika	Biophysique
106. Pr. CHRAIBI Abdelmajid	Endocrinologie et Maladies Métaboliques
107. Pr. EL AMRANI Sabah ép. AHALLAT	Gynécologie Obstétrique
108. Pr. EL AOUD Rajae	Immunologie
109. Pr. EL BARDOUNI Ahmed	Traumato-Orthopédie
110. Pr. EL HASSANI My Rachid	Radiologie
111. Pr. EL IDRISSE LAMGHARI Abdennaceur	Médecine Interne
112. Pr. EL KIRAT Abdelmajid*	Chirurgie Cardio- Vasculaire

113.	Pr. ERROUGANI Abdelkader	Chirurgie Générale
114.	Pr. ESSAKALI Malika	Immunologie
115.	Pr. ETTAYEBI Fouad	Chirurgie Pédiatrique
116.	Pr. HADRI Larbi*	Médecine Interne
117.	Pr. HASSAM Badredine	Dermatologie
118.	Pr. IFRINE Lahssan	Chirurgie Générale
119.	Pr. JELTHI Ahmed	Anatomie Pathologique
120.	Pr. MAHFOUD Mustapha	Traumatologie – Orthopédie
121.	Pr. MOUDENE Ahmed*	Traumatologie- Orthopédie
122.	Pr. OULBACHA Said	Chirurgie Générale
123.	Pr. RHRAB Brahim	Gynécologie –Obstétrique
124.	Pr. SENOUCI Karima ép. BELKHADIR	Dermatologie
125.	Pr. SLAOUI Anas	Chirurgie Cardio-Vasculaire

#### **Mars 1994**

126.	Pr. ABBAR Mohamed*	Urologie
127.	Pr. ABDELHAK M'barek	Chirurgie – Pédiatrique
128.	Pr. BELAIDI Halima	Neurologie
129.	Pr. BRAHMI Rida Slimane	Gynécologie Obstétrique
130.	Pr. BENTAHILA Abdelali	Pédiatrie
131.	Pr. BENYAHIA Mohammed Ali	Gynécologie – Obstétrique
132.	Pr. BERRADA Mohamed Saleh	Traumatologie – Orthopédie
133.	Pr. CHAMI Ilham	Radiologie
134.	Pr. CHERKAOUI Lalla Ouafae	Ophthalmologie
135.	Pr. EL ABBADI Najia	Neurochirurgie
136.	Pr. HANINE Ahmed*	Radiologie
137.	Pr. JALIL Abdelouahed	Chirurgie Générale
138.	Pr. LAKHDAR Amina	Gynécologie Obstétrique
139.	Pr. MOUANE Nezha	Pédiatrie

#### **Mars 1995**

140.	Pr. ABOUQUAL Redouane	Réanimation Médicale
141.	Pr. AMRAOUI Mohamed	Chirurgie Générale
142.	Pr. BAIDADA Abdelaziz	Gynécologie Obstétrique
143.	Pr. BARGACH Samir	Gynécologie Obstétrique
144.	Pr. BEDDOUCHE Amqrane*	Urologie
145.	Pr. BENAZZOZ Mustapha	Gastro-Entérologie
146.	Pr. CHAARI Jilali*	Médecine Interne
147.	Pr. DIMOU M'barek*	Anesthésie Réanimation
148.	Pr. DRISSI KAMILI Mohammed Nordine*	Anesthésie Réanimation
149.	Pr. EL MESNAOUI Abbes	Chirurgie Générale
150.	Pr. ESSAKALI HOUSSYNI Leila	Oto-Rhino-Laryngologie
151.	Pr. FERHATI Driss	Gynécologie Obstétrique
152.	Pr. HASSOUNI Fadil	Médecine Préventive, Santé Publique et Hygiène
153.	Pr. HDA Abdelhamid*	Cardiologie
154.	Pr. IBEN ATTYA ANDALOUSSI Ahmed	Urologie
155.	Pr. IBRAHIMY Wafaa	Ophthalmologie
156.	Pr. MANSOURI Aziz	Radiothérapie
157.	Pr. OUAZZANI CHAHDI Bahia	Ophthalmologie
158.	Pr. RZIN Abdelkader*	Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
159.	Pr. SEFIANI Abdelaziz	Génétique
160.	Pr. ZEGGWAGH Amine Ali	Réanimation Médicale

### **Décembre 1996**

161.	Pr. AMIL Touriya*	Radiologie
162.	Pr. BELKACEM Rachid	Chirurgie Pédiatrie
163.	Pr. BELMAHI Amin	Chirurgie réparatrice et plastique
164.	Pr. BOULANOUAR Abdelkrim	Ophthalmologie
165.	Pr. EL ALAMI EL FARICHA EL Hassan	Chirurgie Générale
166.	Pr. EL MELLOUKI Ouafae*	Parasitologie
167.	Pr. GAOUZI Ahmed	Pédiatrie
168.	Pr. MAHFOUDI M'barek*	Radiologie
169.	Pr. MOHAMMADINE EL Hamid	Chirurgie Générale
170.	Pr. MOHAMMADI Mohamed	Médecine Interne
171.	Pr. MOULINE Soumaya	Pneumo-phtisiologie
172.	Pr. OUADGHIRI Mohamed	Traumatologie-Orthopédie
173.	Pr. OUZEDDOUN Naima	Néphrologie
174.	Pr. ZBIR EL Mehdi*	Cardiologie

### **Novembre 1997**

175.	Pr. ALAMI Mohamed Hassan	Gynécologie-Obstétrique
176.	Pr. BEN AMAR Abdesselem	Chirurgie Générale
177.	Pr. BEN SLIMANE Lounis	Urologie
178.	Pr. BIROUK Nazha	Neurologie
179.	Pr. BOULAICH Mohamed	O.R.L.
180.	Pr. CHAOUIR Souad*	Radiologie
181.	Pr. DERRAZ Said	Neurochirurgie
182.	Pr. ERREIMI Naima	Pédiatrie
183.	Pr. FELLAT Nadia	Cardiologie
184.	Pr. GUEDDARI Fatima Zohra	Radiologie
185.	Pr. HAIMEUR Charki*	Anesthésie Réanimation
186.	Pr. KANOUNI NAWAL	Physiologie
187.	Pr. KOUTANI Abdellatif	Urologie
188.	Pr. LAHLOU Mohamed Khalid	Chirurgie Générale
189.	Pr. MAHRAOUI CHAFIQ	Pédiatrie
190.	Pr. NAZI M'barek*	Cardiologie
191.	Pr. OUAHABI Hamid*	Neurologie
192.	Pr. SAFI Lahcen*	Anesthésie Réanimation
193.	Pr. TAOUFIQ Jallal	Psychiatrie
194.	Pr. YOUSFI MALKI Mounia	Gynécologie Obstétrique

### **Novembre 1998**

195.	Pr. AFIFI RAJAA	Gastro-Entérologie
196.	Pr. AIT BENASSER MOULAY Ali*	Pneumo-phtisiologie
197.	Pr. ALOUANE Mohammed*	Oto-Rhino-Laryngologie
198.	Pr. BENOMAR ALI	Neurologie
199.	Pr. BOUGTAB Abdesslam	Chirurgie Générale
200.	Pr. ER RIHANI Hassan	Oncologie Médicale
201.	Pr. EZZAITOUNI Fatima	Néphrologie
202.	Pr. KABBAJ Najat	Radiologie
203.	Pr. LAZRAK Khalid ( M)	Traumatologie Orthopédie

### **Novembre 1998**

204.	Pr. BENKIRANE Majid*	Hématologie
205.	Pr. KHATOURI ALI*	Cardiologie

206. Pr. LABRAIMI Ahmed\* Anatomie Pathologique

### **Janvier 2000**

207. Pr. ABID Ahmed\* Pneumophtisiologie  
208. Pr. AIT OUMAR Hassan Pédiatrie  
209. Pr. BENCHERIF My Zahid Ophtalmologie  
210. Pr. BENJELLOUN DAKHAMA Badr.Sououd Pédiatrie  
211. Pr. BOURKADI Jamal-Eddine Pneumo-phtisiologie  
212. Pr. CHAOUI Zineb Ophtalmologie  
213. Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Al Montacer Chirurgie Générale  
214. Pr. ECHARRAB El Mahjoub Chirurgie Générale  
215. Pr. EL FTOUH Mustapha Pneumo-phtisiologie  
216. Pr. EL MOSTARCHID Brahim\* Neurochirurgie  
217. Pr. EL OTMANY Azzedine Chirurgie Générale  
218. Pr. GHANNAM Rachid Cardiologie  
219. Pr. HAMMANI Lahcen Radiologie  
220. Pr. ISMAILI Mohamed Hatim Anesthésie-Réanimation  
221. Pr. ISMAILI Hassane\* Traumatologie Orthopédie  
222. Pr. KRAMI Hayat Ennoufouss Gastro-Entérologie  
223. Pr. MAHMOUDI Abdelkrim\* Anesthésie-Réanimation  
224. Pr. TACHINANTE Rajae Anesthésie-Réanimation  
225. Pr. TAZI MEZALEK Zoubida Médecine Interne  
226. Novembre 2000  
227. Pr. AIDI Saadia Neurologie  
228. Pr. AIT OURHROUI Mohamed Dermatologie  
229. Pr. AJANA Fatima Zohra Gastro-Entérologie  
230. Pr. BENAMR Said Chirurgie Générale  
231. Pr. BENCHEKROUN Nabiha Ophtalmologie  
232. Pr. CHERTI Mohammed Cardiologie  
233. Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Selma <sup>2</sup>Anesthésie-Réanimation  
234. Pr. EL HASSANI Amine Pédiatrie  
235. Pr. EL IDGHIRI Hassan Oto-Rhino-Laryngologie  
236. Pr. EL KHADER Khalid Urologie  
237. Pr. EL MAGHRAOUI Abdellah\* Rhumatologie  
238. Pr. GHARBI Mohamed El Hassan Endocrinologie et Maladies Métaboliques  
239. Pr. HSSAIDA Rachid\* Anesthésie-Réanimation  
240. Pr. LACHKAR Azzouz Urologie  
241. Pr. LAHLOU Abdou Traumatologie Orthopédie  
242. Pr. MAFTAH Mohamed\* Neurochirurgie  
243. Pr. MAHASSINI Najat Anatomie Pathologique  
244. Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae Pédiatrie  
245. Pr. NASSIH Mohamed\* Stomatologie Et Chirurgie Maxillo-Faciale  
246. Pr. ROUIMI Abdelhadi Neurologie

### **Décembre 2001**

247. Pr. ABABOU Adil Anesthésie-Réanimation  
248. Pr. AOUAD Aicha Cardiologie  
249. Pr. BALKHI Hicham\* Anesthésie-Réanimation  
250. Pr. BELMEKKI Mohammed Ophtalmologie  
251. Pr. BENABDELJLIL Maria Neurologie  
252. Pr. BENAMAR Loubna Néphrologie  
253. Pr. BENAMOR Jouda Pneumo-phtisiologie  
254. Pr. BENELBARHDADI Imane Gastro-Entérologie  
255. Pr. BENNANI Rajae Cardiologie

256.	Pr. BENOACHANE Thami	Pédiatrie
257.	Pr. BENYOUSSEF Khalil	Dermatologie
258.	Pr. BERRADA Rachid	Gynécologie Obstétrique
259.	Pr. BEZZA Ahmed*	Rhumatologie
260.	Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi	Anatomie
261.	Pr. BOUHOUCHE Rachida	Cardiologie
262.	Pr. BOUMDIN El Hassane*	Radiologie
263.	Pr. CHAT Latifa	Radiologie
264.	Pr. CHELLAOUI Mounia	Radiologie
265.	Pr. DAALI Mustapha*	Chirurgie Générale
266.	Pr. DRISSI Sidi Mourad*	Radiologie
267.	Pr. EL HAJJOUI Ghziel Samira	Gynécologie Obstétrique
268.	Pr. EL HIJRI Ahmed	Anesthésie-Réanimation
269.	Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid	Neuro-Chirurgie
270.	Pr. EL MADHI Tarik	Chirurgie-Pédiatrique
271.	Pr. EL MOUSSAIF Hamid	Ophthalmologie
272.	Pr. EL OUNANI Mohamed	Chirurgie Générale
273.	Pr. EL QUESSAR Abdeljlil	Radiologie
274.	Pr. ETTAIR Said	Pédiatrie
275.	Pr. GAZZAZ Miloudi*	Neuro-Chirurgie
276.	Pr. GOURINDA Hassan	Chirurgie-Pédiatrique
277.	Pr. HRORA Abdelmalek	Chirurgie Générale
278.	Pr. KABBAJ Saad	Anesthésie-Réanimation
279.	Pr. KABIRI El Hassane*	Chirurgie Thoracique
280.	Pr. LAMRANI Moulay Omar	Traumatologie Orthopédie
281.	Pr. LEKEHAL Brahim	Chirurgie Vasculaire Périphérique
282.	Pr. MAHASSIN Fattouma*	Médecine Interne
283.	Pr. MEDARHRI Jalil	Chirurgie Générale
284.	Pr. MIKDAME Mohammed*	Hématologie Clinique
285.	Pr. MOHSINE Raouf	Chirurgie Générale
286.	Pr. NABIL Samira	Gynécologie Obstétrique
287.	Pr. NOUINI Yassine	Urologie
288.	Pr. OUALIM Zouhir*	Néphrologie
289.	Pr. SABBAH Farid	Chirurgie Générale
290.	Pr. SEFIANI Yasser	Chirurgie Vasculaire Périphérique
291.	Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN Soumia	Pédiatrie
292.	Pr. TAZI MOUKHA Karim	Urologie

### **Décembre 2002**

293.	Pr. AL BOUZIDI Abderrahmane*	Anatomie Pathologique
294.	Pr. AMEUR Ahmed *	Urologie
295.	Pr. AMRI Rachida	Cardiologie
296.	Pr. AOURARH Aziz*	Gastro-Entérologie
297.	Pr. BAMOU Youssef *	Biochimie-Chimie
298.	Pr. BELMEJDOUB Ghizlene*	Endocrinologie et Maladies Métaboliques
299.	Pr. BENBOUAZZA Karima	Rhumatologie
300.	Pr. BENZEKRI Laila	Dermatologie
301.	Pr. BENZZOUBEIR Nadia*	Gastro-Entérologie
302.	Pr. BERNOUSSI Zakiya	Anatomie Pathologique
303.	Pr. BICHA Mohamed Zakariya	Psychiatrie
304.	Pr. CHOHO Abdelkrim *	Chirurgie Générale
305.	Pr. CHKIRATE Bouchra	Pédiatrie
306.	Pr. EL ALAMI EL FELLOUS Sidi Zouhair	Chirurgie Pédiatrique
307.	Pr. EL ALJ Haj Ahmed	Urologie

308.	Pr. EL BARNOUSSI Leila	Gynécologie Obstétrique
309.	Pr. EL HAOURI Mohamed *	Dermatologie
310.	Pr. EL MANSARI Omar*	Chirurgie Générale
311.	Pr. ES-SADEL Abdelhamid	Chirurgie Générale
312.	Pr. FILALI ADIB Abdelhai	Gynécologie Obstétrique
313.	Pr. HADDOUR Leila	Cardiologie
314.	Pr. HAJJI Zakia	Ophthalmologie
315.	Pr. IKEN Ali	Urologie
316.	Pr. ISMAEL Farid	Traumatologie Orthopédie
317.	Pr. JAAFAR Abdeloihab*	Traumatologie Orthopédie
318.	Pr. KRIOULE Yamina	Pédiatrie
319.	Pr. LAGHMARI Mina	Ophthalmologie
320.	Pr. MABROUK Hfid*	Traumatologie Orthopédie
321.	Pr. MOUSSAOUI RAHALI Driss*	Gynécologie Obstétrique
322.	Pr. MOUSTAGHFIR Abdelhamid*	Cardiologie
323.	Pr. MOUSTAINE My Rachid	Traumatologie Orthopédie
324.	Pr. NAITLHO Abdelhamid*	Médecine Interne
325.	Pr. OUJILAL Abdelilah	Oto-Rhino-Laryngologie
326.	Pr. RACHID Khalid *	Traumatologie Orthopédie
327.	Pr. RAISS Mohamed	Chirurgie Générale
328.	Pr. RGUIBI IDRISSE Sidi Mustapha*	Pneumophtisiologie
329.	Pr. RHOU Hakima	Néphrologie
330.	Pr. SIAH Samir *	Anesthésie Réanimation
331.	Pr. THIMOU Amal	Pédiatrie
332.	Pr. ZENTAR Aziz*	Chirurgie Générale
333.	Pr. ZRARA Ibtisam*	Anatomie Pathologique

### **PROFESSEURS AGREGES :**

#### **Janvier 2004**

334.	Pr. ABDELLAH El Hassan	Ophthalmologie
335.	Pr. AMRANI Mariam	Anatomie Pathologique
336.	Pr. BENBOUZID Mohammed Anas	Oto-Rhino-Laryngologie
337.	Pr. BENKIRANE Ahmed*	Gastro-Entérologie
338.	Pr. BENRAMDANE Larbi*	Chimie Analytique
339.	Pr. BOUGHALEM Mohamed*	Anesthésie Réanimation
340.	Pr. BOULAADAM Malik	Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
341.	Pr. BOURAZZA Ahmed*	Neurologie
342.	Pr. CHAGAR Belkacem*	Traumatologie Orthopédie
343.	Pr. CHERRADI Nadia	Anatomie Pathologique
344.	Pr. EL FENNI Jamal*	Radiologie
345.	Pr. EL HANCHI ZAKI	Gynécologie Obstétrique
346.	Pr. EL KHORASSANI Mohamed	Pédiatrie
347.	Pr. EL YOUNASSI Badreddine*	Cardiologie
348.	Pr. HACHI Hafid	Chirurgie Générale
349.	Pr. JABOUIRIK Fatima	Pédiatrie
350.	Pr. KARMANE Abdelouahed	Ophthalmologie
351.	Pr. KHABOUZE Samira	Gynécologie Obstétrique
352.	Pr. KHARMAZ Mohamed	Traumatologie Orthopédie
353.	Pr. LEZREK Mohammed*	Urologie
354.	Pr. MOUGHIL Said	Chirurgie Cardio-Vasculaire
355.	Pr. NAOUMI Asmae*	Ophthalmologie
356.	Pr. SAADI Nozha	Gynécologie Obstétrique
357.	Pr. SASSENOU ISMAIL*	Gastro-Entérologie
358.	Pr. TARIB Abdelilah*	Pharmacie Clinique

359. Pr. TIJAMI Fouad Chirurgie Générale  
 360. Pr. ZARZUR Jamila Cardiologie

**Janvier 2005**

361. Pr. ABBASSI Abdellah Chirurgie Réparatrice et Plastique  
 362. Pr. AL KANDRY Sif Eddine\* Chirurgie Générale  
 363. Pr. ALAOUI Ahmed Essaid Microbiologie  
 364. Pr. ALLALI Fadoua Rhumatologie  
 365. Pr. AMAR Yamama Néphrologie  
 366. Pr. AMAZOUZI Abdellah Ophtalmologie  
 367. Pr. AZIZ Nouredine\* Radiologie  
 368. Pr. BAHIRI Rachid Rhumatologie  
 369. Pr. BARKAT Amina Pédiatrie  
 370. Pr. BENHALIMA Hanane Stomatologie et Chirurgie Maxillo Faciale  
 371. Pr. BENHARBIT Mohamed Ophtalmologie  
 372. Pr. BENYASS Aatif Cardiologie  
 373. Pr. BERNOUSSI Abdelghani Ophtalmologie  
 374. Pr. BOUKLATA Salwa Radiologie  
 375. Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Mohamed Ophtalmologie  
 376. Pr. DOUDOUH Abderrahim\* Biophysique  
 377. Pr. EL HAMZAOUI Sakina Microbiologie  
 378. Pr. HAJJI Leila Cardiologie  
 379. Pr. HESSISSEN Leila Pédiatrie  
 380. Pr. JIDAL Mohamed\* Radiologie  
 381. Pr. KARIM Abdelouahed Ophtalmologie  
 382. Pr. KENDOUCI Mohamed\* Cardiologie  
 383. Pr. LAAROUSSI Mohamed Chirurgie Cardio-vasculaire  
 384. Pr. LYAGOUBI Mohammed Parasitologie  
 385. Pr. NIAMANE Radouane\* Rhumatologie  
 386. Pr. RAGALA Abdelhak Gynécologie Obstétrique  
 387. Pr. SBIHI Souad Histo-Embryologie Cytogénétique  
 388. Pr. TNACHERI OUZZANI Btissam Ophtalmologie  
 389. Pr. ZERAIDI Najia Gynécologie Obstétrique

**AVRIL 2006**

423. Pr. ACHEMLAL Lahsen\* Rhumatologie  
 424. Pr. AFIFI Yasser Dermatologie  
 425. Pr. AKJOUJ Said\* Radiologie  
 426. Pr. BELGNAOUI Fatima Zahra Dermatologie  
 427. Pr. BELMEKKI Abdelkader\* Hématologie  
 428. Pr. BENCHEIKH Razika O.R.L  
 429. Pr. BIYI Abdelhamid\* Biophysique  
 430. Pr. BOUHAFS Mohamed El Amine Chirurgie - Pédiatrique  
 431. Pr. BOULAHYA Abdellatif\* Chirurgie Cardio – Vasculaire  
 432. Pr. CHEIKHAOUI Younes Chirurgie Cardio – Vasculaire  
 433. Pr. CHENGUETI ANSARI Anas Gynécologie Obstétrique  
 434. Pr. DOGHMI Nawal Cardiologie  
 435. Pr. ESSAMRI Wafaa Gastro-entérologie  
 436. Pr. FELLAT Ibtiham Cardiologie  
 437. Pr. FAROUDY Mamoun Anesthésie Réanimation  
 438. Pr. GHADOUANE Mohammed\* Urologie  
 439. Pr. HARMOUCHE Hicham Médecine Interne  
 440. Pr. HANAFI Sidi Mohamed\* Anesthésie Réanimation

441. Pr. IDRISS LAHLOU Amine  
 442. Pr. JROUNDI Laila  
 443. Pr. KARMOUNI Tariq  
 444. Pr. KILI Amina  
 445. Pr. KISRA Hassan  
 446. Pr. KISRA Mounir  
 447. Pr. KHARCHAFI Aziz\*  
 448. Pr. LAATIRIS Abdelkader\*  
 449. Pr. LMIMOUNI Badreddine\*  
 450. Pr. MANSOURI Hamid\*  
 451. Pr. NAZIH Naoual  
 452. Pr. OUANASS Abderrazzak  
 453. Pr. SAFI Soumaya\*  
 454. Pr. SEKKAT Fatima Zahra  
 455. Pr. SEFIANI Sana  
 456. Pr. SOUALHI Mouna  
 457. Pr. TELLAL Saida\*  
 458. Pr. ZAHRAOUI Rachida

Microbiologie  
 Radiologie  
 Urologie  
 Pédiatrie  
 Psychiatrie  
 Chirurgie – Pédiatrique  
 Médecine Interne  
 Pharmacie Galénique  
 Parasitologie  
 Radiothérapie  
 O.R.L  
 Psychiatrie  
 Endocrinologie  
 Psychiatrie  
 Anatomie Pathologique  
 Pneumo – Phtisiologie  
 Biochimie  
 Pneumo – Phtisiologie

### **Octobre 2007**

458. Pr. LARAQUI HOUSSEINI Leila  
 459. Pr. EL MOUSSAOUI Rachid  
 460. Pr. MOUSSAOUI Abdelmajid  
 461. Pr. LALAOUI SALIM Jaafar \*  
 462. Pr. BAI TE Abdelouahed \*  
 463. Pr. TOUATI Zakia  
 464. Pr. OUZZIF Ez zohra \*  
 465. Pr. BALOUCH Lhousaine \*  
 466. Pr. SELKANE Chakir \*  
 467. Pr. EL BEKKALI Youssef \*  
 468. Pr. AIT HOUSSA Mahdi \*  
 469. Pr. EL ABSI Mohamed  
 470. Pr. EHIRCHIOU Abdelkader \*  
 471. Pr. ACHOUR Abdessamad \*  
 472. Pr. TAJDINE Mohammed Tariq\*  
 473. Pr. GHARIB Noureddine  
 474. Pr. TABERKANET Mustafa \*  
 475. Pr. ISMAILI Nadia  
 476. Pr. MASRAR Azlarab  
 477. Pr. RABHI Monsef \*  
 478. Pr. MRABET Mustapha \*  
 479. Pr. SEKHSOKH Yessine \*  
 480. Pr. SEFFAR Myriame  
 481. Pr. LOUZI Lhoussain \*  
 482. Pr. MRANI Saad \*  
 483. Pr. GANA Rachid  
 484. Pr. ICHOU Mohamed \*  
 485. Pr. TACHFOUTI Samira  
 486. Pr. BOUTIMZINE Nourdine  
 487. Pr. MELLAL Zakaria  
 488. Pr. AMMAR Haddou \*  
 489. Pr. AOUI Sarra  
 490. Pr. TLIGUI Houssain  
 491. Pr. MOUTAJ Redouane \*

Anatomie pathologique  
 Anesthésie réanimation  
 Anesthésier réanimation  
 Anesthésie réanimation  
 Anesthésie réanimation  
 Cardiologie  
 Biochimie  
 Biochimie  
 Chirurgie cardio vasculaire  
 Chirurgie cardio vasculaire  
 Chirurgie cardio vasculaire  
 Chirurgie générale  
 Chirurgie générale  
 Chirurgie générale  
 Chirurgie générale  
 Chirurgie générale  
 Chirurgie plastique  
 Chirurgie vasculaire périphérique  
 Dermatologie  
 Hématologie biologique  
 Médecine interne  
 Médecine préventive santé publique et hygiène  
 Microbiologie  
 Microbiologie  
 Microbiologie  
 Virologie  
 Neuro chirurgie  
 Oncologie médicale  
 Ophtalmologie  
 Ophtalmologie  
 Ophtalmologie  
 ORL  
 Parasitologie  
 Parasitologie  
 Parasitologie

492. Pr. ACHACHI Leila	Pneumo phtisiologie
493. Pr. MARC Karima	Pneumo phtisiologie
494. Pr. BENZIANE Hamid *	Pharmacie clinique
495. Pr. CHERKAOUI Naoual *	Pharmacie galénique
496. Pr. EL OMARI Fatima	Psychiatrie
497. Pr. MAHI Mohamed *	Radiologie
498. Pr. RADOUANE Bouchaib*	Radiologie
499. Pr. KEBDANI Tayeb	Radiothérapie
500. Pr. SIFAT Hassan *	Radiothérapie
501. Pr. HADADI Khalid *	Radiothérapie
502. Pr. ABIDI Khalid	Réanimation médicale
503. Pr. MADANI Naoufel	Réanimation médicale
504. Pr. TANANE Mansour *	Traumatologie orthopédie
505. Pr. AMHAJJI Larbi *	Traumatologie orthopédie

### **Mars 2009**

Pr. BJIJOU Younes	Anatomie
Pr. AZENDOUR Hicham *	Anesthésie Réanimation
Pr. BELYAMANI Lahcen*	Anesthésie Réanimation
Pr. BOUHSAIN Sanae *	Biochimie
Pr. OUKERRAJ Latifa	Cardiologie
Pr. LAMSAOURI Jamal *	Chimie Thérapeutique
Pr. MARMADÉ Lahcen	Chirurgie Cardio-vasculaire
Pr. AMAHZOUNE Brahim*	Chirurgie Cardio-vasculaire
Pr. AIT ALI Abdelmounaim *	Chirurgie Générale
Pr. BOUNAIM Ahmed *	Chirurgie Générale
Pr. EL MALKI Hadj Omar	Chirurgie Générale
Pr. MSSROURI Rahal	Chirurgie Générale
Pr. CHTATA Hassan Toufik *	Chirurgie Vasculaire Périphérique
Pr. BOUI Mohammed *	Dermatologie
Pr. KABBAJ Nawal	Gastro-entérologie
Pr. FATHI Khalid	Gynécologie obstétrique
Pr. MESSAOUDI Nezha *	Hématologie biologique
Pr. CHAKOUR Mohammed *	Hématologie biologique
Pr. DOGHMI Kamal *	Hématologie clinique
Pr. ABOUZAHIR Ali *	Médecine interne
Pr. ENNIBI Khalid *	Médecine interne
Pr. EL OUENASS Mostapha	Microbiologie
Pr. ZOUHAIR Said*	Microbiologie
Pr. L'kassimi Hachemi*	Microbiologie
Pr. AKHADDAR Ali *	Neuro-chirurgie
Pr. AIT BENHADDOU El hachmia	Neurologie
Pr. AGADR Aomar *	Pédiatrie
Pr. KARBOUBI Lamya	Pédiatrie
Pr. MESKINI Toufik	Pédiatrie
Pr. KABIRI Meryem	Pédiatrie
Pr. RHORFI Ismail Abderrahmani *	Pneumo-phtisiologie
Pr. BASSOU Driss *	Radiologie
Pr. ALLALI Nazik	Radiologie
Pr. NASSAR Ittimade	Radiologie
Pr. HASSIKOU Hasna *	Rhumatologie
Pr. AMINE Bouchra	Rhumatologie
Pr. BOUSSOUGA Mostapha *	Traumatologie orthopédique
Pr. KADI Said *	Traumatologie orthopédique

## **Octobre 2010**

Pr. AMEZIANE Taoufiq\*  
Pr. ERRABIH Ikram  
Pr. CHERRADI Ghizlan  
Pr. MOSADIK Ahlam  
Pr. ALILOU Mustapha  
Pr. KANOUNI Lamya  
Pr. EL KHARRAS Abdennasser\*  
Pr. DARBI Abdellatif\*  
Pr. EL HAFIDI Naima  
Pr. MALIH Mohamed\*  
Pr. BOUSSIF Mohamed\*  
Pr. EL MAZOUZ Samir  
Pr. DENDANE Mohammed Anouar  
Pr. EL SAYEGH Hachem  
Pr. MOUJAHID Mountassir\*  
Pr. RAISSOUNI Zakaria\*  
Pr. BOUAITY Brahim\*  
Pr. LEZREK Mounir  
Pr. NAZIH Mouna\*  
Pr. LAMALMI Najat  
Pr. ZOUAIDIA Fouad  
Pr. BELAGUID Abdelaziz  
Pr. DAMI Abdellah\*  
Pr. CHADLI Mariama\*

Médecine interne  
Gastro entérologie  
Cardiologie  
Anesthésie Réanimation  
Anesthésie réanimation  
Radiothérapie  
Radiologie  
Radiologie  
Pédiatrie  
Pédiatrie  
Médecine aérologique  
Chirurgie plastique et réparatrice  
Chirurgie pédiatrique  
Urologie  
Chirurgie générale  
Traumatologie orthopédie  
ORL  
Ophtalmologie  
Hématologie  
Anatomie pathologique  
Anatomie pathologique  
Physiologie  
Biochimie chimie  
Microbiologie

## **ENSEIGNANTS SCIENTIFIQUES**

### **PROFESSEURS**

1. Pr. ABOUDRAR Saadia
2. Pr. ALAMI OUHABI Naima
3. Pr. ALAOUI KATIM
4. Pr. ALAOUI SLIMANI Lalla Naïma
5. Pr. ANSAR M'hammed
6. Pr. BOUKLOUZE Abdelaziz
7. Pr. BOUHOUCHE Ahmed
8. Pr. BOURJOUANE Mohamed
9. Pr. CHAHED OUAZZANI Lalla Chadia
10. Pr. DAKKA Taoufiq
11. Pr. DRAOUI Mustapha
12. Pr. EL GUESSABI Lahcen
13. Pr. ETTAIB Abdelkader
14. Pr. FAOUZI Moulay El Abbes
15. Pr. HMAMOUCHE Mohamed
16. Pr. IBRAHIMI Azeddine
17. Pr. KABBAJ Ouafae
18. Pr. KHANFRI Jamal Eddine
19. Pr. REDHA Ahlam
20. Pr. OULAD BOUYAHYA IDRISSE Med
21. Pr. TOUATI Driss
22. Pr. ZAHIDI Ahmed
23. Pr. ZELLOU Amina

Physiologie  
Biochimie  
Pharmacologie  
Histologie-Embryologie  
Chimie Organique et Pharmacie Chimique  
Applications Pharmaceutiques  
Génétiq ue Humaine  
Microbiologie  
Biochimie  
Physiologie  
Chimie Analytique  
Pharmacognosie  
Zootechnie  
Pharmacologie  
Chimie Organique  
  
Biochimie  
Biologie  
Biochimie  
Chimie Organique  
Pharmacognosie  
Pharmacologie  
Chimie Organique

\* *Enseignants Militaires*

A decorative rectangular frame with a dark red border and a white inner section. The word "DEDICACES" is centered in the white section in a bold, red, serif font. The bottom right corner of the frame is adorned with a complex, swirling, metallic-looking pattern that extends slightly beyond the frame's edge.

**DEDICACES**

A TOUTE LA FAMILLE ARDOUNI

A TOUTE LA FAMILLE BOUCHAKOUR

A MES MEILLEURS AMI(E)S

SPECIALEMENT Nadia ELAIBOUD

Sara FEKKAR

ET Meriem BELHOUARI

A TOUT LES AMIS PHARMACIENS DE LA  
PROMOTION DE 2008 / 2009 DE LA FACULTE DE  
MEDECINE ET DE PHARMACIE DE RABAT.

***REMERCEMENTS***



A NOTRE  
MAITRE PRESIDENT DE THESE  
Monsieur le Professeur A. BELEMEKKI  
Professeur D'hématologie

Vous nous avez accordé un immense honneur  
et un grand privilège en acceptant la présidence de notre jury  
de thèse.

Nous vous remercions aussi pour la gentillesse et  
La spontanéité avec lesquelles vous avez bien voulu diriger  
Ce travail.

Nous vous prions, cher Maître, D'accepter dans ce travail le  
témoignage de notre haute considération, de notre profonde  
reconnaissance Et de notre sincère respect.

A NOTRE  
MAITRE ET RAPPORTEUR DE THESE

Monsieur le Professeur A.MASRAR

Professeur d'hématologie

Nous vous remercions vivement de nous avoir fait  
L'honneur de diriger ce travail sans jamais épargner aucun  
effort pour nous guider dans le chemin sinueux de la recherche.

Sans votre Clairvoyance, vos corrections méticuleuses, ce  
travail n'aurait pu être préparé et dirigé dans des conditions  
favorables.

Nous n'oublierons jamais la gentillesse et la disponibilité  
Dont vous avez fait preuve en nous accueillant en toute  
Circonstances.

Veillez cher Maître, trouvez dans ce travail l'expression  
de notre grande estime et nos sentiments les plus sincères.

A NOTRE

MAITRE ET JUGE DE THESE

Monsieur le professeur A. DAMI

Professeur agrégé de biochimie

C'est pour nous un grand plaisir de vous compter parmi

Le jury de cette thèse.

Nous tenons à vous témoigner notre profonde

Reconnaissance pour avoir aimablement accepté de

Juger ce travail

Veillez croire à notre gratitude et à notre respectueuse  
considération.

A NOTRE

MAITRE ET JUGE DE THESE

Madame le Professeur M. NAZIH

Professeur agrégé d'hématologie

Nous tenons à vous exprimer toute gratitude

Pour l'honneur que vous nous faites en vous

Intéressant à ce travail et acceptant de le juger.

Nous vous exprimons nos plus vifs Remerciements

et nous vous prions de trouver, ici

Le témoignage de notre reconnaissance et notre

Profond respect.

# SOMMAIRE

Introduction.....1

## Chapitre 1 : HISTORIQUE

**I- HEMATIMETRIE MANUELLE..... 2**

I.1 - DEFINITION DE L'HEMOGRAMME..... 2

I.1.1-Prélèvement..... 2

I.1.2 - Examen quantitatif.....3

I.1.3- Examen qualitatif .....7

I.1.4- Le calcul des indices érythrocytaires..... 20

**II - L'AUTOMATISATION..... 21**

II.1 - HISTORIQUE ET PROGRES DE L'AUTOMATISATION..... 21

## CHAPITRE 2 : PRINCIPE DE MESURE DES AUTOMATES

**I - ANALYSE PAR IMPEDANCE ..... 25**

**II- ANALYSE PAR DIFFRACTION LASER..... 26**

**III- ANALYSE PAR CYTOCHIMIE ..... 26**

III.1 - REACTION DES PEROXYDASES ..... 26

IV- ANALYSE PAR UN COURANT A HAUTE FREQUENCE..... 27

V- LYSE CHIMIQUE ..... 27

**VI-METHODES DE MESURE : CYTOMETRIE ET LASER ASSOCIES A L'IMPEDANCE  
OU A LA CYTOCHIMIE..... 28**

1 - SYSMEX XE-5000 ..... 28

2 - BECKMAN COULTER LH 780..... 31

3 - ABBOTT CELL-DYN SAPPHIRE .....	34
4 - SIEMENS ADVIA 2120I.....	38
<b>VII - APPLICATION A LA NUMERATION DES ELEMENTS DU SANG .....</b>	<b>41</b>
1 - ANALYSE DE LA LIGNEE ROUGE .....	41
1.1 - Numération des hématies ou globules rouges .....	41
1.2 - Dosage de l'hémoglobine .....	41
1.3 - Volume globulaire moyen.....	42
1.4 - Hématocrite .....	43
1.5 - Teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine .....	43
1.6 - Concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine.....	43
1.7 - Autres indices érythrocytaires .....	44
<b>2- ANALYSE DES PLAQUETTES .....</b>	<b>45</b>
2.1 - NUMERATION DES PLAQUETTES.....	45
2.2 - INDICES PLAQUETTAIRES .....	46
<b>3 - ANALYSE DES LEUCOCYTES OU GLOBULES BLANCS.....</b>	<b>47</b>
3.1 - NUMERATION DES LEUCOCYTES .....	47
3.2 - FORMULE LEUCOCYTAIRE AUTOMATISEE .....	47
3.3 - PRINCIPES DE LA FORMULE AUTOMATISEE.....	48
3.4 - LIMITES DE LA FORMULE AUTOMATISEE .....	49
<b>4- ANALYSE DES RETICULOCYTES .....</b>	<b>50</b>

### **CHAPITRE 3 : VALIDATION D'UN HEMOGRAMME**

<b>I - HEMOGRAMME NORMAL.....</b>	<b>51</b>
<b>II - ANALYSE D'UN HEMOGRAMME ANORMAL.....</b>	<b>51</b>

**CHAPITRE 4 : PRINCIPALES ANOMALIES DE L'HEMOGRAMME**

**I - LIGNEE ROUGE ..... 59**  
**II - GLOBULES BLANCS ..... 60**  
**III - PLAQUETTES..... 62**  
**CONCLUSION .....63**

**RESUME**

**BIBLIOGRAPHIE**

## Liste des figures

Figure 1 Quadrillage 'Cellule de malassez' .....	5
Figure 2 Technique d'étalement d'un frottis de sang.....	8
Figure 3 L'automate "CELL-DYN SMS" de coloration et confection des frottis.....	10
Figure 4 Etapes de Coloration des Frottis par l'automate .....	11
Figure 5 Echantillons du frottis.....	13
Figure 6 Globules rouges .....	15
Figure 7 Plaquettes .....	16
Figure 8 Polynucléaires neutrophiles (PN).....	16
Figure 9 Polynucléaires éosinophiles (PE) .....	17
Figure 10 Polynucléaires basophiles (PB) .....	18
Figure 11 Monocytes.....	18
Figure 12 Petits lymphocytes .....	19
Figure 13 Grands lymphocytes .....	20
Figure 14 Illustration : Sysmex XE-5000 .....	28
Figure 15 Illustration : Beckman Coulter LH 780 .....	31
Figure 16 Illustration : Abbott CELL-DYN Sapphire .....	34
Figure 17 Illustration : Siemens Advia 2120i .....	38
Figure 18 Courbe de Price Jones.....	41
Figure 19 Coefficient d'anisocytose.....	44
Figure 20 Histogramme des PLT .....	47
Figure 21 Plaquettes Sanguines.....	54

Figure 22 Satellitisme plaquettes aux PNN .....	55
Figure 23 exemple d'anomalie qualitatives des polynucléaires .....	55
Figure 24 Examen entre lame et lamelle .....	56

## Liste des abréviations

MGG : May-Grünwald-Giemsa

WBC: White Blood Cell

RBC: Red Blood Cell

Hb: hemoglobin

Hct: hematocrit

MCV: mean corpuscular volume

MCH: mean corpuscular hemoglobin

MCHC: Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration

PLT: platelet

Neut: neutrophil

Mono: Monocyte

Lymph: lymphocyte

Eos: eosinophil

Baso: basophil

NRBC: nucleated red blood cell

Retic: Reticulocyt

RDW-SD: width standard deviation

RDW-CV: Coefficient of Variation of Red Cell Distribution Width

IRF: immature RET fraction

PLT-O: fluorescent optical platelet count

HPC: Hematopoietic Progenitor Cell

MPV: mean platelet volume

IG: Immature Granulocyte

RET-HE: Reticulocyte Hemoglobin

IPF: Immature platelet fraction

MRV: mean reticulocyte volume

TNC: total nucleated cells

CSF: cerebrospinal fluid

MSCV: Mean Spherized Corpuscular Volume

RPD: research population data

RstRBC : lytic resistant

ASYM: flags asymmetry

HDW: Hemoglobin Concentration Distribution Width

LUC: large unstained cells

CHr: reticulocyte hemoglobin content

MCVr : mean Hb concent ration of reticulocys

PMN : Polymorphonuclear Neutrophil

MN: mononuclear

MPC: mean platelet component

MPM: mean platelet mass

# INTRODUCTION

Durant les 40 dernières années, la biologie médicale a beaucoup évolué et les moyens techniques dont elle dispose se sont considérablement améliorés. La tendance à l'augmentation du degré d'automatisation des analyses concerne toutes les disciplines biologiques, l'hématologie n'y fait pas exception. Les analyseurs de cytologie hématologique ont désormais supplanté les dilutions à la pipette, les colorations manuelles et l'observation par l'œil humain au microscope optique.

Pour ce faire, ces appareils ont du faire la preuve de leur capacité à différencier et dénombrer les différents éléments figurés du sang. Les techniques utilisées sont devenues de plus en plus sophistiquées. Elles permettent désormais d'obtenir des informations qu'un observateur microscopique ne pourrait appréhender.

Notre travail s'est fixé comme objectif de rapporter l'intérêt de l'utilisation de l'automatisme en hémogramme par rapport aux techniques manuelles classiques. Après une description du fonctionnement des automates, nous nous intéressons à souligner les pièges des phases pré-analytique et technique afin d'éviter les difficultés d'interprétation.

# **CHAPITRE I : HISTORIQUE**

## **I-Hématimétrie manuelle**

### **I.1-Définition de l'hémogramme**

L'hémogramme correspond à l'étude quantitative et qualitative du sang. Il est classiquement dénommé "Numération Formule Sanguine" (NFS). Il comprend, parmi d'autres, les paramètres suivants :

- Numération des cellules sanguines ;
- Dosage de l'hémoglobine ;
- Mesure et calcul des constantes et indices érythrocytaires et plaquettaires ;
- Etablissement de la différentielle leucocytaire.

#### **I.1.1-Prélèvement**

Le prélèvement devrait toujours être pratiqué au même moment de la journée, si possible après un jeûne de huit heures, les résultats pouvant être influencés par des variations circadiennes et par l'alimentation. L'idéal serait d'observer un décubitus d'une demi-heure avant le prélèvement, ce qui n'est réalisable qu'en cas d'hospitalisation. Le patient ambulatoire sera prélevé en position assise.

Lorsque le prélèvement veineux n'est pas indispensable, le sang capillaire peut alors être utilisé :prélèvement au niveau de la pulpe digitale, le lobe d'une oreille ou le talon chez le nourrisson. un réchauffement sous l'eau tiède peut augmenter la circulation capillaire. le site du prélèvement est d'abord nettoyé sans pression excessive à l'alcool à 70 %.une piqure cutanée franche est effectuée à l'aide d'une lancette stérile à usage unique. la première goutte est rejetée en raison de possibles contaminations, les gouttes suivantes sont

recueillies dans les pipettes ; il faut éviter toute compression du lieu de prélèvement pouvant entraîner des modifications de la composition cellulaire du sang.

Le prélèvement veineux est le plus utilisé, surtout s'il est nécessaire pour d'autres analyses biologiques ou si une injection intraveineuse est prévue. Après ponction veineuse franche, le sang est recueilli dans un tube préparé spécialement avec l'EDTA, en le remplissant jusqu'à l'index indiqué et en agitant aussitôt le prélèvement effectué. L'EDTA cristallisé dans le tube est un chélateur du calcium bloquant toute coagulation .il n'interfère pas avec les mesures effectuées [1].

### **I.1.2-Examen quantitatif**

#### **a)La numération des éléments figurés du sang**

##### **i. La numération des hématies**

Le liquide de dilution

La composition exacte du diluant, présent dans le diluteur à usage unique, n'est pas connue, [2]

A titre documentaire, la composition du liquide de Marcano est :

- Sulfate de sodium cristallisé : 5g
- Méthanal : 1mL
- Eau distillée : qsp 100mL
- Taux de dilution : Le taux est de 200.

On utilise une Unopette spécial hématies.

## **ii.La numération des leucocytes**

Le liquide de dilution

Le diluant pour les leucocytes contenu dans le diluteur, a une composition proche de celle du liquide de Hayem utilisé avec les anciennes pipettes de dilution.

Sa composition exacte est donnée ci-dessous :

- Bleu de méthylène : 0,25g
- Acide éthanoïque : 5mL
- Eau distillée : qsp 100mL

C'est un liquide hémolysant mais il conserve les leucocytes.

Taux de dilution : Le taux est de 20.

On utilise une Unopette spécial leucocytes. L'hémolyse totale est obtenue au bout de 10 à 15 minutes.

## **iii.La numération des thrombocytes**

Le liquide de dilution

Le liquide possède les propriétés suivantes :

- Il est hémolysant : milieu hypotonique
- Il inhibe l'agglutination et l'adhésion des thrombocytes
- Il provoque leur gonflement.

Taux de dilution : Le taux est de 100.

On utilise une Unopette spécial plaquettes. L'hémolyse totale est obtenue au bout de 10 à 15 .

#### iv. Les différentes cellules et résultats

La cellule de Malassez

Le quadrillage gravé délimite 100 rectangles dont 25 sont subdivisés en 20 carrés.

Chaque rectangle représente 1/100ème de millimètre cube, un carré 1/2000 millimètre cube. L'ensemble de la cellule représente 1 millimètre cube.

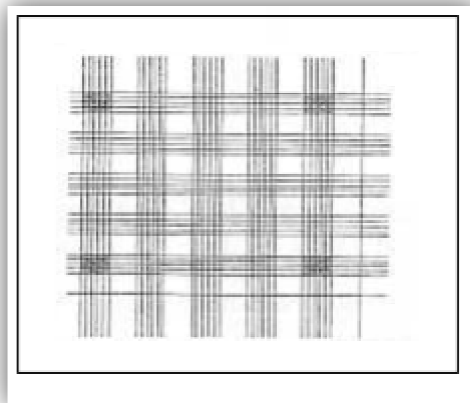


Figure 1 Quadrillage 'cellule de malassez'[2]

Numération des Globules Rouges	Numération des Leucocytes	Numérations des Plaquettes
Dilution 1/200	Dilution 1/20	Dilution 1/100
Compter 4 rectangles	Compter 5 bandes	Compter 2 bandes
Soit N le nombre de GR	Soit N le nombre de GB	$N_{Plt/L} = N \times 100 \times 106$

$N_{GR}/L = \frac{N \times 100 \times 200 \times 10^6}{4}$ <p>Le résultat s'exprime en 1012/L</p> <p>Erreur <math>\pm 4\%</math></p>	$NGB/L = N \times 2 \times 20 \times 106$ <p>Le résultat s'exprime en 109/L</p> <p>Erreur <math>\pm 4\%</math></p>	<p>Le résultat s'exprime en 109/L</p> <p>Erreur <math>\pm 10\%</math></p>
--	--	---

La cellule de Thomas

Le quadrillage gravé délimite 16 grands carrés séparés les uns des autres par un double trait et subdivisés eux-mêmes en 16 petits carrés.

Chaque grand carré représente 1/250 millimètre cube, chaque petit 1/4000.

L'ensemble de la cellule 1/10 millimètre cube.

Cette cellule sert, en générale, à compter les plaquettes sur toute la cellule ou un grand carré

$(1/250 \text{ mm}^3) \text{ NPlt/L} = N \times 250 \times 100 \times 10$

### a) Détermination de l'hématocrite

L'hématocrite peut être mesuré par centrifugation d'un échantillon de sang en tube capillaire pendant 10 minutes à l'aide d'une micro centrifugeuse.

### b) Dosage de l'hémoglobine

Sous l'action de l'hexacyanoferrate 3 de potassium et du cyanure de potassium, contenus dans le réactif de Drabkin, l'hémoglobine est transformée en

cyanméthémoglobine. Ce dérivé de l'hémoglobine stable et soluble est dosé colorimétriquement à 540nm. Toutes les formes de l'hémoglobine, sauf la sulfhémoglobine, sont transformées en cyanméthémoglobine et dosées la technique est se fait par la réalisation une gamme d'étalonnage à l'aide d'une solution étalon commercialisé de cyanméthémoglobine. L'essai est réalisé en ajoutant 20µL de sang à 5mL de réactif de Drabkin. Pour des concentrations en hémoglobine supérieures à 200g/l, la loi de BeerLambert n'est plus respectée, il est donc nécessaire de diminuer la prise d'essai de sang. La réaction est immédiate et stable plusieurs heures. L'absorbance de chaque tube est lue à 540 nm et la concentration en hémoglobine du sang calculée.

### **c)La formule leucocytaire**

Elle correspond à la distribution des différentes variétés de leucocytes identifiés lors d'un parcours qui tient compte de la distribution de ces leucocytes lors de l'étalement. Les granulocytes et les monocytes se situent sur les bords et les bouts du frottis.

On doit identifier environ 200 leucocytes à l'aide du compte cellules [2].

$$\% = \frac{\text{nombre d'un type de leucocyte}}{\text{nombre de cellules totales}} \times 100$$

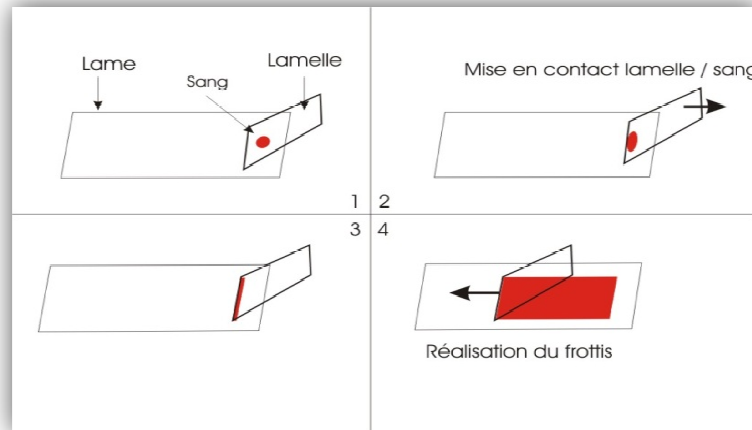
$$\text{Valeur absolue} = \frac{\%}{100} \times \text{nombre de leucocytes par mL}$$

## **I.1.3-Examen qualitatif**

### **I.1.3.1-Confection de frottis**

L'étalement est réalisé à partir de sang frais (prélèvement de moins de 3 heures) prélevé sur éthylène-diamine-tétra-acétique (EDTA) ou, plus rarement,

directement par prélèvement capillaire. Les lames doivent être en verre, dégraissées, à bords rodés à 45°, à pans coupés



**Figure 2 Technique d'étalement d'un frottis de sang [4]**

La technique manuelle d'étalement est la suivante :

- déposer une goutte de sang à l'extrémité d'une lame posée horizontalement sur un plan dur;
- maintenir cette lame d'une main et de l'autre une seconde lame inclinée à 45°, juste à l'avant de la goutte;
- amener la seconde lame au contact du sang et laisser diffuser le long de l'arête; d'un mouvement rapide, tirer le sang vers l'extrémité de la lame horizontale;
- identifier le frottis (nom du patient, numéro de travail...) et le laisser sécher à l'air sans accélérer le séchage (agitation, séchoir).

L'inclinaison de la lame effectuant le frottis varie suivant la viscosité du sang :

- viscosité basse (anémie) : il faut compenser la fluidité du sang par un mouvement plus rapide ou en tenant la lame plus verticalement (angle avec l'horizontale  $> 45^\circ$ );
- viscosité haute (polyglobulie, hyperleucocytose majeure, hypergammaglobulinémie): mouvement lent ou lame moins verticale (angle avec l'horizontale  $< 45^\circ$ ).

Le même principe est adopté maintenant sur certains automates. Ils tiennent compte de l'hématocrite pour adapter la vitesse de l'étalement.

Dans la plupart des cas, le frottis est réalisé pour établir une formule leucocytaire et doit être coloré rapidement (dans moins de 48 heures) sans fixation préalable [4].

#### **I.1.3.2-L'automatisation de confection et de coloration des frottis:**

L'automatisation de la réalisation et la coloration des frottis sanguins a subi de grands progrès passant du stade des automates qui réalisent l'étalement et la coloration indépendamment aux automates qui réalisent en même temps l'étalement et la coloration.

##### **a)Présentation de l'automate de confection et de coloration des frottis :**

Le CELL-DYN SMS que nous avons utilisé pour réaliser la confection et la coloration automatique des frottis est un instrument autonome. Il est conçu pour un usage in vitro dans les laboratoires cliniques. Ses paramètres ont été optimisés afin de produire des frottis sanguins compatibles et de réduisant la nécessité de procéder à des ajustements pour les échantillons avec des valeurs d'hématocrite extrêmes.



**Figure 3 :L'automate "CELL-DYN SMS" de coloration et confection des frottis. [7]**

**b) Confection des frottis par l'automate SMS Abbott :**

Cet automate présente deux modes de prélèvement des échantillons : « fermé » et « ouvert » options : Dans le mode d'échantillonnage fermé, l'auto-chargeur a une capacité de 50 positions. Il mélange, identifie l'échantillon, et en aspire un très faible volume pour confectionner le frottis (200 $\mu$ L dans le mode d'échantillonnage fermé et seulement 30 $\mu$ L dans le mode ouvert).

**c) Coloration des frottis par l'automate**

L'automate opère les différentes étapes automatiquement comme le montre la figure ci-dessous.



**Figure 4 : Etapes de Coloration des Frottis par l'automate [7]**

Après étalement des frottis, l'automate réalise l'opération de coloration au cours de laquelle les lames portant le frottis sanguin passent successivement par :

- le bain d'éthanol ;
- le bain de colorant May-Grunwald ;
- le bain d'eau neutre ;
- le bain de colorant Giemsa ;
- le bain de rinçage ;
- l'étape de séchage.

### **I.1.3.3-La coloration de May-Grunwald-Giemsa**

#### **a)Principe**

Le colorant de May-Grunwald est une solution neutre d'éosine et de bleu de méthylène dans de l'alcool méthylique, ce qui permet la fixation des éléments. Lorsqu'on utilise ce colorant isolément, les noyaux sont colorés en bleu pâle, les cytoplasmes en bleu très clair ou sont incolores, les granulations secondaires des granulocytes en rouge clair pour la lignée neutrophile, en bleu foncé pour la lignée basophile et en rouge-orangé pour la lignée éosinophile. Les hématies sont colorées en beige rosé.

Le colorant de Giemsa est une combinaison d'éosine et de dérivés du bleu de méthylène dont l'azur. Il colore les noyaux en violet, les cytoplasmes en bleu plus ou moins intense ou en rose selon les cellules et les granulations primaires des granulocytes en rouge-pourpre intense (granulations dites alors azurophiles). Ces deux colorants, qui donnent des résultats complémentaires, ont été associés par Pappenheimer dans une coloration panoptique.

#### 1.1.3.4-Coloration de Wright

##### a)Principe

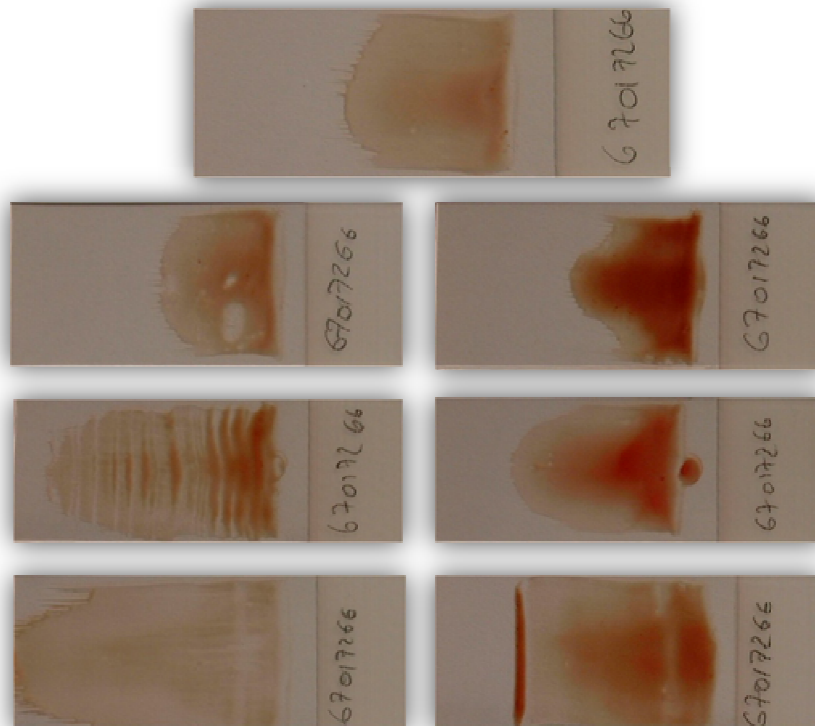
Très répandue aux Etats Unis, la coloration de Wright permet la réalisation de formule sanguine et médullaire. Le colorant de Wright est un mélange de Bleu de méthylène, d'Eosine et d'Azur de méthylène. Il fixe le frottis par son alcool méthylique et comme tous les colorants neutres en solution alcoolique, il ne libère son activité colorante qu'après addition d'eau tamponnée.

##### b)Les colorations d'identification

<i>Noyaux</i>		<i>Rose-violet</i>
<i>Cytoplasme</i>	<i>des</i>	Bleu à Bleu-gris
<i>lymphocytes</i>		
<i>Granulations neutrophiles</i>		Violet-rose
<i>Granulations éosinophiles</i>		Rouge-orangé
<i>Granulations basophiles</i>		Violet foncé
<i>Plaquettes</i>		Violet pourpre
<i>Hématies</i>		Rougeâtres

### I.1.3.5-Qualité du frottis

La bonne qualité du frottis est un préalable indispensable à l'analyse du frottis de sang après coloration. En effet, des frottis mal faits risquent d'être à la source d'erreurs dues à une mauvaise appréciation du pourcentage des populations leucocytaires liée à une répartition hétérogène une difficulté d'identification des cellules anormales; une difficulté d'analyse des hématies.



**Figure 5 : Echantillons du frottis [6]**

Un frottis de bonne qualité est homogène en longueur et en largeur, légèrement plus étroit que la lame, il diminue régulièrement d'épaisseur vers son extrémité qui ne comporte pas de franges terminales et reste à distance du bord de lame.

Un frottis de bonne qualité (la première photo ci-dessus) doit être :

- d'une taille suffisamment grande, de manière à occuper au moins la moitié (de  $\frac{1}{2}$  au  $\frac{3}{4}$ ) de la lame ;
- de bonne densité, goutte étalée en entier, assez distante des bords de la lame pour être accessible en tout point à l'observation microscopique.

Les six photos ci-dessus (présentées ensemble) illustrent, par contre, le cas de frottis sanguins obtenus suite à une confection de mauvaise qualité.

### **I.1.3.6-Examen des frottis sanguins**

L'examen du frottis de sang permet d'établir une formule leucocytaire et d'examiner la morphologie des hématies, des globules blancs et des plaquettes.

L'examen du frottis sanguin au faible grossissement (objectif x40) permet d'apprécier la qualité du frottis. L'étude cytologique (objectif x100, à l'immersion) permet de réaliser :

- l'observation des éventuelles anomalies morphologiques des globules rouges : anomalies de forme, de taille, de coloration, ou présence d'inclusions intra-érythrocytaires.
- l'observation des éventuelles anomalies morphologiques des plaquettes (taille, forme), la présence éventuelle d'amas plaquettaire, et, la confirmation de la densité de la numération plaquettaire.
- l'établissement de la Formule Leucocytaire

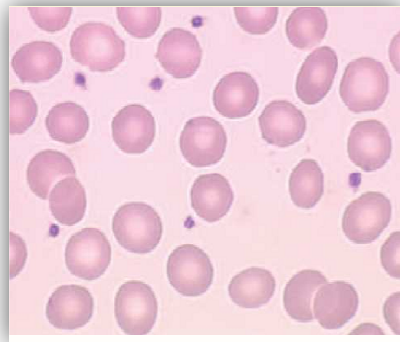
#### **a)Morphologie des cellules sanguines**

Les photos suivantes sont des exemples typiques représentatifs des différents éléments figurés sanguins. Elles ont été prises pour des frottis de sang normal coloré au MGG (au grossissement x 100).

## **i. Globules rouges**

Sur frottis, les globules rouges ont :

- une forme circulaire ;
- une taille uniforme avec un diamètre moyen de  $8\mu\text{m}$  ;
- une coloration gris rosé avec un centre plus clair



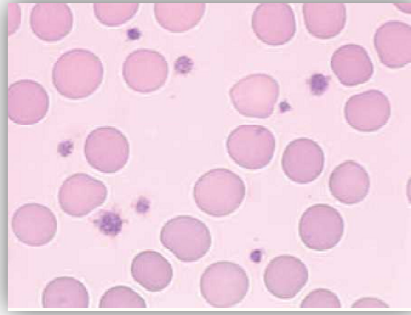
**Figure 6 : Frottis de sang normal coloré au MGG**

**(Gr  $\times$  100) [6]**

## **ii. Plaquettes**

Sur frottis, les plaquettes ont :

- une forme arrondie à contours irrégulier ;
- une taille uniforme avec un diamètre ; moyen de  $1-2\mu\text{m}$  ;
- une coloration gris clair parsemée de fines granulations rosées



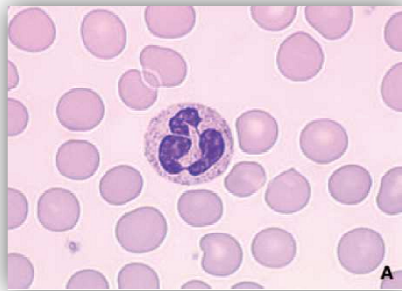
**Figure 7: Frottis de sang normal coloré au MGG**

**(Gr × 100) [6]**

### **iii. Polynucléaires neutrophiles (PN)**

Sur frottis, les polynucléaires neutrophiles ont :

- une forme arrondie ;
- un diamètre moyen 12-14 $\mu$ m ;
- une forme polylobée de leur noyau ;
- des granulations cytoplasmiques fines, de couleur beige rosée (neutrophile).



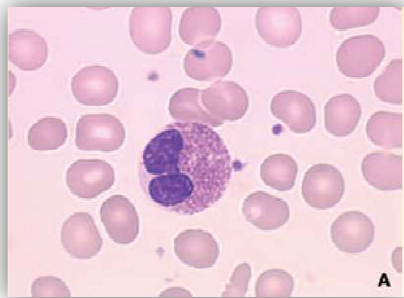
**Figure 8 : Frottis de sang normal coloré au MGG**

**(Gr × 100) [6]**

#### **iv. Polynucléaires éosinophiles (PE)**

Sur frottis, les polynucléaires éosinophiles ont :

- une forme arrondie ;
- un diamètre moyen 12-14 $\mu$ m ;
- un noyau bilobé ;
- des granulations cytoplasmiques sphériques de couleur orangée (éosinophile).

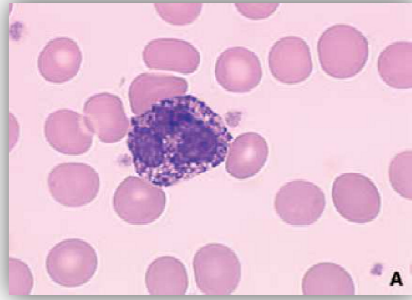


**Figure 9 : Frottis de sang normal coloré au MGG (Gr  $\times$  100) [6]**

#### **v. Polynucléaires basophiles (PB)**

Sur frottis, les polynucléaires basophiles ont :

- une forme arrondie ;
- un diamètre moyen 10-14 $\mu$ m ;
- un noyau bilobé masqué par des granulations cytoplasmiques de taille hétérogène de couleur pourpre (basophile).



**Figure 10 : Frottis de sang normal coloré au MGG (Gr × 100) [6]**

### **vi.Monocytes**

Sur frottis, les monocytes ont :

- un diamètre moyen 20-40 $\mu$ m ;
- un noyau arrondi ou ovalaire, plus souvent réniforme ou irrégulier ;
- un cytoplasme gris bleuté, avec de fines granulations rosées assez nombreuses qui se fondent avec le fond cytoplasmique ;
- parfois des vacuoles intra cytoplasmiques.

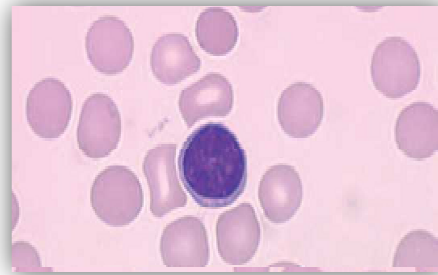


**Figure 11 : Frottis de sang normal coloré au MGG (Gr × 100) [6]**

## vii.Lymphocyte

a) Sur frottis, les *petits lymphocytes* ont :

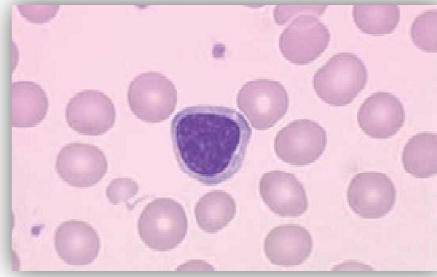
- un diamètre moyen 7-9 $\mu$ m
- un noyau arrondi ou ovalaire
- un cytoplasme peu étendu clair ou légèrement bleu.



**Figure 12 : Frottis de sang normal coloré au MGG (Gr  $\times$  100) [6]**

b) Sur frottis, les *grands lymphocytes* ont :

- un diamètre moyen 9-15 $\mu$ m
- un noyau central ou légèrement excentré
- un cytoplasme plus étendu entourant le noyau, hyalin ou légèrement bleu.



**Figure 13 : Frottis de sang normal coloré au MGG (Gr × 100) [6]**

### **I.1.3.7-Conservation de frottis**

Si les frottis colorés doivent être conservés au-delà de quelques semaines, il est préférable de les monter sous lamelle à l'aide d'un milieu synthétique (par exemple de type Eukitt) pour les protéger de la poussière, des rayures et pour limiter l'altération de la coloration. On peut ensuite les classer (date, ordre alphabétique) et les ranger dans des tiroirs appropriés.

### **I.1.4-Le calcul des indices érythrocytaires**

On les calcule lors des techniques manuelles. Pour cela, il nous faut la numération des hématies (NGR), l'hématocrite (Ht) et la concentration en hémoglobine (Hb).

#### **I.1.4.1-Le VGM (Volume Globulaire Moyen)**

Il représente le volume moyen d'une hématie

$$VGM = \frac{\frac{\text{hématocrite}}{100}}{\text{concentration en hématies en nombre par litre}}$$

Le VGM s'exprime en fl.

#### **I.1.4.2-Le TCMH (Teneur Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine)**

Il représente la quantité moyenne d'hémoglobine contenue dans une hématie.

$$TCMH = \frac{\text{Concentration en hémoglobine}}{\text{concentration en hématies en nombre par litre}}$$

Le TCMH s'exprime en pg

#### **I.1.4.3-Le CCMH (Concentration Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine)**

Il représente la quantité moyenne d'hémoglobine contenu dans un litre d'hématies.

Elle exprime la saturation de l'hématie en hémoglobine.

$$CCMH = \frac{\text{concentration en hémoglobine}}{\frac{\text{hématocrite}}{100}}$$

Le CCMH s'exprime en g d'Hb/litre.

## **II-L'Automatisation**

### **II.1-Historique et progrès de l'automatisation**

Le terme « automate », apparu en 1532, est défini comme étant un appareil mû par un mécanisme intérieur et imitant les mouvements de l'être humain. L'automatisation est considérée comme étape d'un progrès technique où apparaissent des dispositifs techniques susceptibles de seconder l'homme ; non seulement dans ses efforts musculaires ; mais également dans son travail intellectuel de surveillance et de contrôle.

C'est à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle avec notamment les travaux de Paul Ehrlich sur les colorants que la cytologie hématologique voit le jour. En effet, en colorant les éléments figurés du sang, il devient possible d'en distinguer les différents constituants par observation microscopique et d'en apprécier les proportions. Au fil des années, les colorants évoluent (Romanovski puis May-Grünwald-Giemsa en Europe, Wright aux Etats-Unis) mais la méthode reste manuelle, longue, fastidieuse, observateur-dépendante et peu précise car effectuée sur un faible nombre de cellules. Il faut attendre les années 1950 pour découvrir les premiers appareils de cytologie hématologique automatisée qui fonctionnent selon le principe de variation d'impédance (encore utilisé de nos jours). Toutefois, ces appareils ne réalisent pas la formule leucocytaire et les paramètres mesurés sont peu nombreux. Une observation microscopique parallèle est toujours nécessaire.

Dans les années 1960-70, cette technologie s'améliore et les résultats obtenus sont de plus en plus satisfaisants, surtout en l'absence d'anomalie cytologique. Le recours à la formule leucocytaire microscopique devient circonstanciel. Pour caractériser certaines pathologies, les biologistes effectuent souvent des colorations cytochimiques (myéloperoxydase, estérase...) sur lame afin de préciser la nature des cellules anormales.

C'est en 1970, lors d'un congrès new-yorkais, que le monde médical découvre la cytochimie en flux : la Technicon Instrument Corporation® y présente pour la première fois son projet de différenciation enzymatique en flux des leucocytes. Cette technologie permet de distinguer les leucocytes selon leur taille et la quantité de myéloperoxydase qu'ils contiennent. Le premier automate équipé de cette technologie innovante, l'Hemalog-D, est commercialisé par la firme Technicon® en 1974. En 1981, cette société combine sa technologie de

cytochimie en flux avec celles utilisées pour la mesure de l'hémoglobine et les numérations érythrocytaire et plaquettaire ; l'H-6000, automate d'hématologie à 5 canaux, est mis sur le marché. Celui-ci est même muni d'un étaleur-colorateur de frottis sanguins. Puis, en 1987, le premier appareil muni d'un canal d'analyse de la densité nucléaire (qui remplace avantageusement l'ancien canal basophile) est commercialisé : c'est le Technicon® H1. Arrivent ensuite le H2 en 1990 et le H3 en 1993. Le Technicon® H3 comporte en plus de ses prédécesseurs un canal de comptage des réticulocytes.

## **CHAPITRE 2 : Principe de mesure des automates**

Effectuer un hémogramme automatisé consiste à analyser les caractéristiques des cellules circulantes du sang périphérique puis à les quantifier. Il comprend dans tous les cas des données quantitatives qui étaient obtenues autrefois par des techniques manuelles longues, fastidieuses et peu reproductibles. Il s'agit :

- des paramètres érythrocytaires - nombre d'hématies ou globules rouges (GR), taux d'hémoglobine (Hb), hématocrite (Ht), volume globulaire moyen (VGM), teneur corpusculaire en Hb (TCMH), concentration corpusculaire moyenne en Hb (CCMH);
- du nombre des leucocytes ou globules blancs (GB);
- du nombre des plaquettes (Pl).

Depuis les années 1960, des automates de plus en plus performants ont été mis au point. Ce sont des cytomètres en flux qui utilisent différentes méthodes physiques et chimiques pour caractériser puis décompter les éléments du sang. D'abord limités aux paramètres quantitatifs précédents, ils proposent maintenant une formule leucocytaire complète - polynucléaires neutrophiles (PN), éosinophiles (PE), basophiles (PB), lymphocytes (Ly) et monocytes (Mo) et, pour certains, la numération des réticulocytes.

La diffusion des automates dans les laboratoires d'analyse a permis d'améliorer la reproductibilité et la précision des mesures sous réserve d'un calibrage et d'un suivi rigoureux des instruments. Néanmoins, ces techniques automatisées ont des limites et des causes d'erreur [15], et le biologiste doit rester vigilant et poser l'indication de contrôles manuels dans certaines circonstances.

Différentes méthodes d'analyse physique des cellules sont utilisées, seules ou associées à des techniques cytochimiques ou à des marqueurs fluorescents [14,18].

### **I-Analyse par impédance**

L'analyse par impédance permet de compter les hématies, les leucocytes et les plaquettes. Elle utilise le « principe Coulter ». Les cellules mises en suspension dans un liquide conducteur et guidées à travers un petit orifice cylindrique vont déclencher lors de leur passage entre deux électrodes immergées dans ce liquide une augmentation de la résistance électrique (variation d'impédance) qui génère une impulsion électrique :

- le nombre d'impulsions correspond au nombre de cellules ayant franchi l'orifice;
- l'amplitude de l'impulsion est proportionnelle au volume de la cellule.

Les instruments permettent d'éviter les artefacts liés à la recirculation des cellules déjà comptées dans la zone de détection (flux de balayage par le diluant) ou au passage simultané de deux cellules (correction de coïncidence). Les impulsions aberrantes par la taille ou la forme sont écartées de l'analyse ultérieure.

Les impulsions sont ensuite classées dans différents canaux selon leur amplitude, ce qui permet la construction d'histogrammes de distribution volumétrique.

## **II-Analyse par diffraction laser**

Les cellules en suspension sont acheminées dans une gaine liquide et hydrofocalisées afin de les aligner. Chaque cellule passe ainsi individuellement devant un faisceau laser dont elle diffracte la lumière. La lumière diffractée peut alors être analysée sous différents angles :

- aux petits angles ( $0-3^\circ$ ), dans l'axe du faisceau incident, la mesure de la lumière diffractée par la cellule donne des indications sur le volume de la cellule;
- aux grands angles ( $15^\circ, 90^\circ$ ), la lumière traverse la membrane cellulaire et est diffusée par les organites intracellulaires. La mesure de cette lumière renseigne sur la granularité du cytoplasme et la densité chromatiniennne de la cellule.

De plus, les polynucléaires éosinophiles peuvent être décomptés grâce à leur propriété de dépolariiser la lumière laser à  $90^\circ$ .

## **III-Analyse par cytochimie**

Ces techniques sont utilisées par certains constructeurs pour identifier ou sélectionner les populations leucocytaires.

### **III.1-Réaction des peroxydases**

Elle repose sur la mise en évidence de la peroxydase contenue dans les granulations primaires de certains leucocytes. Les lymphocytes sont négatifs pour cette réaction. En présence d'eau oxygénée et d'un substrat (4-chloro-1-

naphtol), l'action de la peroxydase cellulaire est révélée par un précipité coloré qui sera analysé par absorption lumineuse.

#### **IV-Analyse par un courant à haute fréquence**

Un courant de haute fréquence est appliqué simultanément au courant continu sur deux électrodes. Le passage d'une cellule crée une différence de potentiel qui est fonction du degré de conductivité cellulaire donnant ainsi des indications sur le contenu du cytoplasme et la structure du noyau.

#### **V-Lyse chimique**

Des procédés de lyse sont appliqués à la numération des polynucléaires basophiles sur certains instruments. Cette lyse détruit la membrane des leucocytes et les réduit à leur noyau à l'exception des basophiles qui conservent leur membrane et leur cytoplasme et sont ainsi identifiés puis numérés par leur taille. D'autres réactifs de lyse réagissent préférentiellement avec la membrane des granuleux les plus matures, sélectionnant ainsi les populations plus immatures.

## V. Méthodes de mesure : cytométrie et laser associés à l'impédance ou à la cytochimie

### 1-Sysmex XE-5000



Figure 14 Illustration : Sysmex XE-5000[9]

- **Principes** : -Cytométrie de Flux Fluorescente  
-Méthode détection RF/DC (*radio frequency*)/(*direct current*)
- **Rubrique de test :**
  - Les paramètres [13] sont mises sous forme de tableau ‘menu standard’:  
(*White Blood Cell*) **WBC**, (*Red Blood Cell*) **RBC**, (*hemoglobin*) **Hb**, (*hematocrit*) **Hct**,  
(*mean corpuscular volume*) **MCV**, (*mean corpuscular hemoglobin*) **MCH**, (*Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration*) **MCHC**, (*platelet*) **PLT**, %&#( *neutrophil*) **neut**, (*Monocyte*) **mono**, (*lymphocyte*) **lymph**, (*eosinophil*) **eos**, (*basophil*) **baso**’:
    - standard menu (left) plus: (*nucleated red blood cell*) **NRBC** %&#, (*Reticulocyte*) **retic** %&#, (*width standard deviation*) **RDW-SD**, (*Coefficient of Variation of Red Cell Distribution Width*) **RDW-CV**, (*immature RET fraction*) **IRF**, (*fluorescent optical platelet count*) **PLT-O**, (*Hematopoietic Progenitor Cell*)

HPC#, (*mean platelet volume*) MPV, (*Immature Granulocyte*) IG%, IG#,  
(*Reticulocyte Hemoglobin*) RET-He, (*Immature platelet fraction*)IPF.

**-Entités remarquables:**

- PLT clumps, PLT ABN distribution, WBC ABN scattergram, blast, left shift, atypical lymphocytes, abnormal lymphocytes/blast, RBC ABN distribution, RBC lyse resistance, RBC agglutinins, turbidity

**-tests spécifiques:**

- Reticulocyte hemoglobin, immature platelet fraction, hematopoietic progenitor cell, immature reticulocyte fraction, reportable immature granulocyte #&%, RBC/WBC/(*total count*)TC/two-part differentia.
- **Linéarité** : - WBC count/RBC count: 0–440/0–8  
-Hemoglobin/Platelet : 0–25/0–5,000  
-MCV (fL) or Hct (%) : 0–75 (Hct)
  - **Précision** : -WBC count/RBC count : <3 %/<1.5 %  
-Hemoglobin/Platelet : <1.0 %/<4.0 %  
-MCV or Hct : <1.5 % (Hct)

- **Substances interférentes :**

<b>Globule blanc</b>	<b>Agglutinine froide</b> <b>-Agrégation plaquettaire</b> <b>-Globule rouge nucléé</b> <b>-Cryoglobuline</b>
<b>Globule rouge</b>	- Agglutinines froide -Plaquette géante - Microcytose sévère - Fragments des globules rouges
<b>MCV ou hématocrite</b>	- agglutinine froide -sphérocytose - Leucocytose
<b>Plaquette</b>	- Pseudo-thrombopénie -Agrégation plaquettaire -Macrocyte
<b>Hémoglobine</b>	-lipémie - une hyperleucocytose (>100.000 / $\mu$ l)

- **Volume d'échantillon** : 130  $\mu$ L/200  $\mu$ L/1 ml (mode fermé/ouvert)

## 2-Beckman Coulter LH 780



**Figure 15 Illustration : Beckman Coulter LH 780[10]**

- **Principes** : Cytométrie de flux par diffraction laser, Technologie VCS  
Formule leucocytaire obtenue par cytométrie de flux avec analyse tridimensionnelle des données : Impédance – Conductivité - Diffraction laser, la nouvelle dimension, pour les résultats de la formule leucocytaires des réticulocytes, est obtenue par l'exploration approfondie de la formule leucocytaire et des réticulocytes grâce à des logiciels brevetés tels que l'IntelliKinetics et AccuGate. [13]

- **Rubrique de test :**

- Les paramètres sont mises sous forme de tableau:

‘menu Standard: WBC, RBC, Hb, Hct, MCV, MCH, MCHC, PLT, %&# neut, mono, lymph, eos, baso’:

- standard menu (left) plus: RDW, RDW-SD, MPV, retic %&#, IRF, *(mean reticulocyte volume)*MRV, graded RBC morph., NRBC %&#, *(total nucleated cells)*TNC and RBC on *(cerebrospinal fluid)*CSF, synovial, and serous fluids.

- **Entités remarquables :**

- l'âge de l'utilisateur ,sexe, les valeurs physiologique dépendantes de la localisation du patient, actions et seuils critiques.

- **Tests spécifiques :**

- IVD: NRBCs, body fluids, RDW-SD; RUO:*(Mean Spherized Corpuscular Volume)* MSCV, RSF, MAF, WBC*(research population data)*RPD

- **Linéarité :** -WBC count/RBC count : 0–400/0–8.0

- Hemoglobin/Platelet :0–25/0–3,000

- **Précision :-** WBC count/RBC count :≤1.7 %/≤0.8 %

-Hemoglobin/Platelet :≤0.8 %/≤3.3 %

- MCV or Hct : ≤0.8 % (MCV)

- **Substances interférentes :**

<p align="center"><b>Globule blanc</b></p>	<p><b>-globules rouges qui résistent à la lyse,</b></p> <p><b>-Particules non lysés&gt;35 fL</b></p> <p><b>-plaquettes géantes</b></p>
<p align="center"><b>Globule rouge</b></p>	<p>-globules blancs très élevés</p> <p>-Forte concentration de plaquettes</p> <p>-Agglutinine</p>
<p align="center"><b>MCV or hématocrite</b></p>	<p>-globules blancs très élevés</p> <p>-Forte concentration des plaquettes</p> <p>-Agglutinine</p>
<p align="center"><b>Plaquette</b></p>	<p>-Globules rouges très petites</p> <p>-Fragment de globules blancs</p>
<p align="center"><b>Hémoglobine</b></p>	<p>-Lipémie sévère</p> <p>-Héparine</p> <p>-globules blancs très élevés</p>

- **Volume d'échantillon** : 200µL/300ul (550 ul avec Etaleur) / 1,0 ml  
(mode fermé/ouvert).

#### 4-Abbott CELL-DYN Sapphire



**Figure 16 Illustration : Abbott CELL-DYN Sapphire[11]**

- **Principes** : Diffraction lumineuse multi-angulaire, cytochimie[13]
- **Rubrique de test** :
  - Les paramètres sont mises sous forme de tableau:
  - ‘menu standard’: WBC, RBC, Hb, Hct, MCV, MCH, MCHC,PLT,
  - % neut, mono, lymph, eos, baso’:
  - standard menu (left) plus: MPV, RDW, retic %, IRF, NRBC %, CD61, CD3T %, CD4T %, CD8T %, 4/8.

**- Entités remarquables :**

- band, IG, blast, variant lymph, nvWBC, (*lytic resistant*) rstRBC, IR, PLT clmp, (*flags asymmetry*)ASYM, (*flag*) FP, CD61 agglutination, clot detected during aspiration, short sample.

**- tests spécifiques :**

- CD61 for PLTs, CD3/4, CD3/8 (immuno T-cell)
- **Linéarité** : -WBC count/RBC count 0.4–250.0 × 10<sup>3</sup>μL/ 0.22–7.50 ×10<sup>6</sup> μL.
    - Hemoglobin/Platelet 1.0–24.8 g/dL/11.0–2,000.0 × 10<sup>3</sup> μL
    - MCV (fL) or Hct (%):37.0–179 fL (MCV)
  - **Précision**: -WBC count/RBC count ≤2.7 %/≤1.5 %
    - Hemoglobin/Platelet ≤1.0 %/≤4.0 %
    - MCV or Hct ≤1.0 % (MCV)

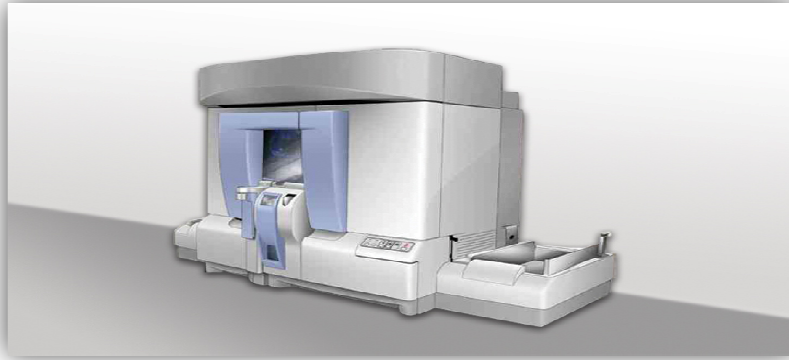
- **Substances interférentes :**

<p style="text-align: center;"><b>Globule blanc</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Agrégation plaquettaire</li> <li>-Agrégation des neutrophiles</li> <li>-Cryoglobuline</li> <li>-Cryofibrinogène</li> <li>-Fragments des globules blancs</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Globule rouge</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Auto-agglutination</li> <li>-Agglutinine froide</li> <li>-globules blancs très élevés</li> <li>-Plaquettes géantes</li> <li>-Hémolyse</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>MCV ou hématocrite</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Auto-agglutination</li> <li>-Agglutinine froide</li> <li>- globules blancs très élevés</li> <li>-Plaquettes géantes</li> <li>- Hémolyse</li> <li>- Hyperglycémie</li> </ul>

<p style="text-align: center;"><b>Plaquette</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Auto-agglutination</li> <li>-Agglutinine froide</li> <li>-Cryoglobuline</li> <li>-Cryofibrinogène</li> <li>-Plaquettes géantes</li> <li>-Agrégation plaquettaire</li> <li>-Fragments des globules rouges</li> <li>- Fragment des globules blancs</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Hémoglobine</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lipides &gt; 700 mg/dL,</li> <li>-globules blancs &gt; 250 × 10<sup>9</sup>/</li> <li>-bilirubine &gt; 33 mg/dL</li> </ul>

- **Volume d'échantillon** : 20  $\mu$ L/120  $\mu$ L/0.5 mL, 0.3 mL pour  
10.25  $\times$  64mm tubes(mode fermé/ouvert).

#### 4-Siemens Advia 2120i



**Figure 17 Illustration : Siemens Advia 2120i[12]**

- **Principes** : - WBC : peroxydase, cytochimie, canal basophile et canal laser.  
-RBC, PLT : diffraction de la lumière sous 2 angles[13].
- **Rubrique de test** :
  - Les paramètres sont mises sous forme de tableau :  
'menu standard' : WBC, RBC, Hb, Hct, MCV, MCH, MCHC, PLT, %&# neut, mono, lymph, eos, baso':

- Standard menu (left) plus: CHCM, MPV, RDW, (*Hemoglobin Concentration Distribution Width*)HDW, (*large unstained cells*)LUC %&#, retic. %&#, (*reticulocyte hemoglobin content*)CHr, CHCMr, cellular Hgb, (*mean Hb concentration of reticulocytes*)MCVr; CSF: WBC, RBC, (*Polymorphonuclear Neutrophil*)PMN, (*mononuclear*)MN, neut, lymph, mono.

**- Entités remarquables:**

- left shift, atypical lymphocytes, blasts, immature grans, myeloperoxidase deficiency, aniso, micro, macro, Hgb variation, hypo, hyper, NRBC, RBC fragments, RBC ghost, large PLT, PLT clumps.

**- Tests spécifiques :**

- CHCM, HDW, CHr, CHCMr, cellular Hgb, (*mean platelet component*)MPC, (*mean platelet mass*)MPM, CSF: WBC, RBC, PMN, MN, neut, lymph, mono.

- **Linéarité** : -WBC count/RBC count: 0.02–400 CSF: 0–5,000/0–7.0 CSF: 0–1,500.  
 - Hemoglobin/Platelet : 0-22.5/5–3,500.  
 - MCV (fL) or Hct (%) : 30–180 (MCV).
- **Precision**:- WBC count/RBC count : 2.7 %/1.2 %.  
 - Hemoglobin/Platelet : 0.93 %/2.93 %.  
 - MCV or Hct : 0.78 % (MCV).

- **Substances interférentes :**

<b>Globule blanc</b>	<b>Lyse des GR incomplète (peroxydase seulement)</b>
<b>Globule rouge</b>	Agglutinines froides la drépanocytose extrême
<b>MCV ou Hématocrite</b>	Aucun
<b>Plaquette</b>	Aucun
<b>Hémoglobine</b>	Globules blancs élevés  Bilirubine extrêmement élevées  Interférence colorimétrique de l'hémoglobine

- **Volume d'échantillon :** 175 µL/175 µL/<300(mode fermé/ouvert)

## VII-Application à la numération des éléments du sang

### 1-Analyse de la lignée rouge

#### 1.1-Numération des hématies ou globules rouges

Les hématies sont dénombrées par mesure d'impédance ou par diffraction laser. Elles sont réparties selon leur volume dans différents canaux à partir desquels sont produits des histogrammes de répartition du volume érythrocytaire.

La plage d'analyse des GR, qui peut être légèrement variable d'un instrument à l'autre, se situe généralement entre 24-40 fL pour la limite basse et 250-360 fL pour la limite supérieure. Elle prend en compte 20 à 50 000 cellules.

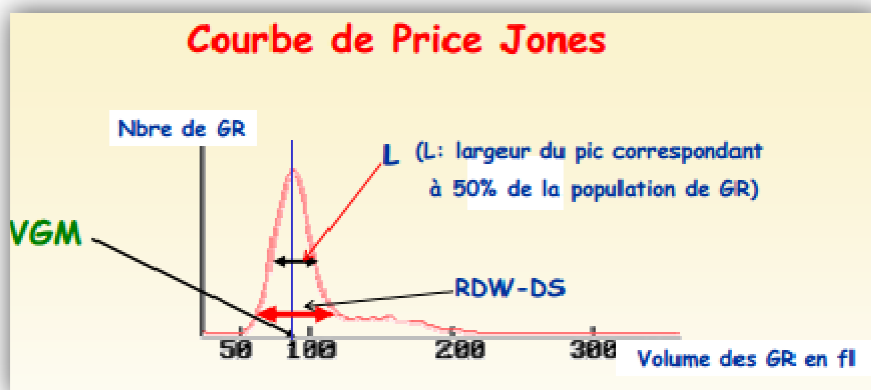


Figure 18 : Courbe de Price Jones[6]

#### 1.2-Dosage de l'hémoglobine

La méthode de référence [19] pour doser l'hémoglobine consiste à la transformer, en présence de ferricyanure de potassium (solution de Drabkin), en cyan méthémoglobine. L'hémoglobine, la méthémoglobine et la carboxyhémoglobine sont ainsi dosées simultanément. Seule la sulfhémoglobine

n'est pas prise en compte. La densité optique de la solution est lue à 540 nm (bande d'absorption de la cyan méthémoglobine) sur un spectrophotomètre ou sur un photomètre. Elle reste exprimée en g/dL en pratique courante.

La plupart des automates dosent l'hémoglobine par cette méthode après lyse des hématies. D'autres réactifs, sans cyanure, sont maintenant proposés tel le sodium lauryl sulfate qui forme un dérivé sulfaté avec l'hémoglobine et qui est mesuré à la même longueur d'onde que le cyan méthémoglobine.

La mesure de la densité optique est perturbée par une augmentation de la turbidité induite par une hyperlipidémie, une augmentation des protéines plasmatiques notamment en cas d'immunoglobuline monoclonale, une cryoglobuline, une importante hyperleucocytose (surtout si le même canal est utilisé pour le décompte des GB et le dosage de l'Hb). Dans ces cas, le taux d'hémoglobine est faussement augmenté. Les utilisateurs en sont alertés par des alarmes.

### **1.3-Volume globulaire moyen**

Le VGM des hématies correspond classiquement au rapport entre le volume total des hématies (représenté par l'hématocrite) et le nombre des hématies. Il est exprimé en femtolitres (fL).

Le plus souvent, il est mesuré directement par les automates (moyenne des VGM mesurés), parfois il est dérivé de l'hématocrite (intégration des hauteurs de l'ensemble des impulsions mesurées) et du nombre des hématies.

Lorsque le VGM est mesuré par impédance, l'amplitude de l'impulsion dépend de la taille mais également du contenu en hémoglobine, ainsi une hématie « vide

» (hypochrome) sera plus déformable et aura un volume apparent plus faible qu'en réalité.

Le VGM peut également être mesuré par diffraction laser et après sphérisation des hématies, ce qui évite le phénomène de déformabilité.

#### **1.4-Hématocrite**

L'hématocrite est généralement calculé par les automates à partir du nombre et du volume des hématies mesurés par impédance ou diffraction laser. La valeur déterminée par un automate est légèrement plus faible que celle obtenue par mesure directe après centrifugation qui ne peut éliminer la présence d'une petite quantité de plasma résiduel entre les hématies. Il est exprimé en l/l (unités internationales) ou en % (unités conventionnelles).

#### **1.5-Teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine**

La TCMH est calculée comme le rapport hémoglobine/nombre de GR. Elle est exprimée en picogrammes (pg/cellule).

#### **1.6-Concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine**

La CCMH est calculée selon la formule suivante hémoglobine/hématocrite soit hémoglobine/VGM x GR si l'automate calcule l'hématocrite. Elle est exprimée en g/dL.

Certains automates utilisant la diffraction laser mesurent la concentration en hémoglobine pour chaque hématie, en même temps que le VGM, et en donnent une courbe de répartition pour la population érythrocytaire.

### 1.7-Autres indices érythrocytaires

Indice de distribution du volume des hématies : il s'agit du coefficient de variation de la distribution des hématies selon leur volume. Cet indice témoigne, lorsqu'il est augmenté, d'une anisocytose globulaire.

Indice de distribution de la concentration en hémoglobine des hématies : cet indice n'est fourni que par les automates qui déterminent une concentration en hémoglobine pour chaque hématie. Il correspond à l'écart type de la distribution de la concentration en hémoglobine des hématies.

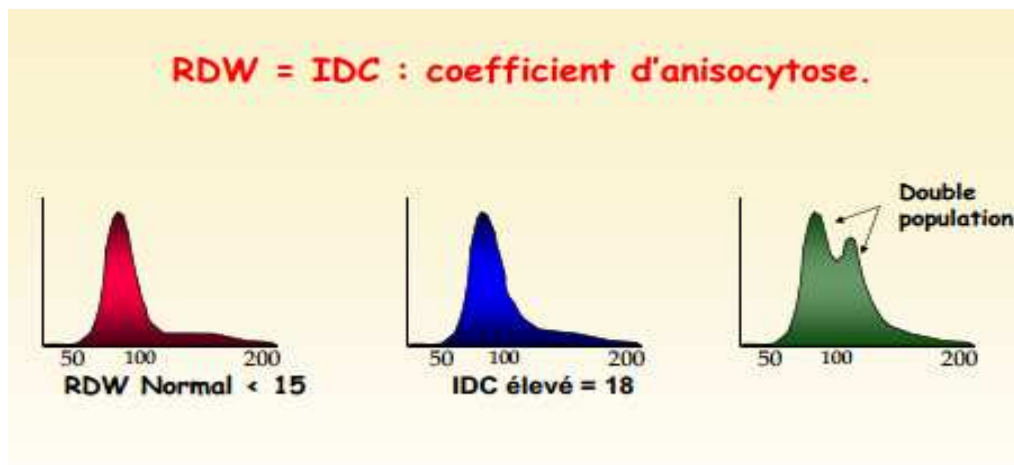


Figure 19 : Coefficient d'anisocytose[6]

<b>Hématies</b>	<b>Homme 4,5 - 6.106 /mm<sup>3</sup></b> <b>Femme 3,8 - 5,5.106 /mm<sup>3</sup></b>
<b>Hémoglobine</b>	Homme 13 - 17 g/100ml Femme 12 - 16 g/100ml
<b>VGM</b>	80-98 $\mu$ m <sup>3</sup> (fl)
<b>RDW</b>	RDW-DS : 42.5 $\pm$ 3.5 fl RDW-CV : 13 $\pm$ 1.5 %
<b>Hématocrite</b>	Homme 40 à 54 % Femme 37 à 47 %
<b>TCMH</b>	27-32 pg
<b>CCMH</b>	32 à 36 %

**Paramètres mesurés de l'hémogramme en techniques automatiques Résultats chez l'adulte[6]**

## **2-Analyse des plaquettes**

### **2.1-Numération des plaquettes**

Les plaquettes sont dénombrées par mesure d'impédance, par diffraction laser et/ou par fluorescence. Le résultat est donné à partir de l'analyse de plusieurs milliers d'éléments.

Par mesure d'impédance, elles sont souvent décomptées sur la même dilution que les hématies mais dans des canaux correspondant à de plus faibles volumes, allant de 2-12 fL pour la limite inférieure à 20-40 fL pour la limite supérieure.

La distribution des volumes plaquettaires est log-normale et certains instruments rendent un résultat après lissage et extrapolation de la courbe de distribution jusqu'à 70 fL. Ce traitement a pour but de minimiser les éventuelles interférences avec des débris (< 2 fL), des schizocytes ou des microcytes (zone de 20-40 fL).

La méthode par diffraction laser, parfois complétée par une mesure de fluorescence, permet également un décompte des plaquettes en s'efforçant de réduire les mêmes interférences.

## **2.2-Indices plaquettaires**

Depuis plusieurs années, un certain nombre d'indices ont été proposés pour mieux analyser la population plaquettaire : volume moyen plaquettaire (VMP), plaquettocrite, indice de distribution plaquettaire. Le VMP a été le plus étudié [16, 17]. Il apparaît inversement corrélé au nombre des plaquettes. Un VMP augmenté a été rapporté dans les thrombopénies d'origine périphérique, alors qu'il est généralement diminué dans les thrombopénies d'origine centrale et après traitement cytotoxique. Il peut être augmenté dans les syndromes myéloprolifératifs.

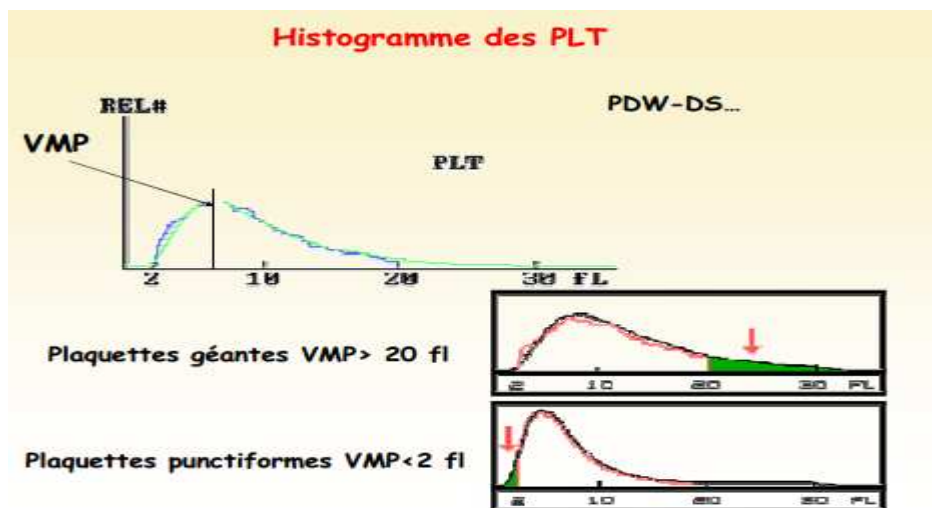


Figure 20 : Histogramme des PLT[6]

### 3. Analyse des leucocytes ou globules blancs

#### 3.1-Numération des leucocytes

Les GB sont comptés sur plusieurs milliers d'éléments par mesure d'impédance ou par diffraction laser après mise en contact d'un aliquote de sang avec un diluant qui lyse les hématies. En fait, il s'agit d'un compte des « éléments nucléés » qui peut donc inclure des érythroblastes s'ils sont présents. Dans ce cas, la courbe de distribution des GB et/ou les cytogrammes sont anormaux et une alarme peut être déclenchée. Certains automates de dernière génération individualisent les érythroblastes des GB et en proposent un pourcentage. Sinon, on doit alors corriger manuellement le chiffre des GB après décompte du pourcentage des érythroblastes sur un frottis de sang.

#### 3.2-Formule leucocytaire automatisée

Les automates de dernière génération établissent des formules leucocytaires complètes avec un décompte des cinq populations leucocytaires du sang

normal : polynucléaires neutrophiles, éosinophiles, basophiles, lymphocytes et monocytes. Ils attirent l'attention du biologiste par des messages (alarmes « constructeur ») si la répartition de ces populations n'est pas satisfaisante.

Outre ce décompte, certains automates proposent maintenant une quantification d'autres éléments circulants, tels la myélémie (métamyélocytes, myélocytes, promyélocytes) et les précurseurs hématopoïétiques. Ces mesures nécessitent généralement l'emploi de réactifs supplémentaires. L'évaluation de ces nouveaux paramètres dans diverses situations cliniques, incluant les pathologies hématologiques, est en cours pour en préciser l'intérêt et les limites.

### **3.3-Principes de la formule automatisée**

L'analyse des leucocytes par des paramètres physiques ou autres propres à chaque automate aboutit, après traitement informatique, à la formation de « nuages » correspondant aux différentes populations leucocytaires. L'ensemble de ces « nuages » forme un cytogramme qui permet d'établir le pourcentage de chaque population leucocytaire et donne des indications sur d'éventuelles anomalies de répartition par rapport aux critères d'analyse du logiciel. La

présence de ces anomalies génère des alarmes (alarmes « constructeur ») pour alerter le biologiste.

### **3.4-Limites de la formule automatisée**

La formule leucocytaire proposée par l'automate peut poser des problèmes incitant le biologiste à effectuer un contrôle du frottis de sang. On peut distinguer plusieurs situations :

- Il peut s'agir d'alarmes qualitatives, « alarmes constructeur ou flags » sur la formule leucocytaire témoignant d'anomalies de répartition des populations leucocytaires et faisant suspecter la présence de cellules anormales. Les plus caractéristiques sont les suspicions de blastes, de cellules lymphoïdes atypiques ou de myélémie. Malgré ces alarmes, les automates proposent dans la plupart des cas une formule qui ne doit jamais être validée sans vérification du frottis car elle peut être erronée;
- Il peut également s'agir d'anomalies quantitatives des populations leucocytaires sans « alarmes constructeur » (ex : lymphocytose, neutropénie, excès de monocytes...). L'examen du frottis reste indispensable car on peut observer des cellules anormales (blastes, cellules lymphoïdes hyperbasophiles) mal classées ou en pourcentage trop faible pour générer des modifications du cytogramme.

<b>Polynucléaire neutrophile</b>	<b>1500 à 7000 /mm<sup>3</sup></b>
<b>Polynucléaire éosinophile</b>	0 à 400 /mm <sup>3</sup>
<b>Polynucléaire basophile</b>	0 à 100 /mm <sup>3</sup>
<b>Monocyte</b>	200 à 800 /mm <sup>3</sup>
<b>Lymphocyte</b>	1000 à 4000 /mm <sup>3</sup>

**les taux des cellules sanguines donnés par La différentielle leucocytaire[6].**

#### **4-Analyse des réticulocytes**

La numération des réticulocytes est proposée sur certains automates compte-globules, polyvalents ou dédiés à cette analyse. Le décompte est effectué sur sang total après action d'un réactif mettant en évidence l'ARN résiduel des hématies nouvellement produites par la moelle.

## **CHAPITRE 3 :Validation d'un hémogramme**

La validation de l'hémogramme fourni par un automate est une étape essentielle pour la qualité du résultat dans la mesure où c'est à ce moment que sont vérifiées à la fois les étapes analytique mais aussi pré analytique [21]. Ces deux étapes sont sous la responsabilité du biologiste, même si les prélèvements lui ont été communiqués. Il devra donc, en cas d'anomalies de l'hémogramme, éliminer des pièges techniques éventuels avant d'envisager une pathologie vraie.

### **I-Hémogramme normal**

Un hémogramme est considéré comme normal lorsque tous les paramètres quantitatifs sont dans les limites des valeurs de référence qui tiennent compte du sexe, de l'âge et de l'ethnie, et que l'automate ne signale pas d'alarme qualitative (alarmes constructeur, flag). Dans ce cas, à moins d'une demande spécifique du clinicien liée à un contexte particulier (ex : syndrome tumoral profond, hémotodermie, suivi d'une pathologie hématologique...) le résultat peut être validé directement.

### **II-Analyse d'un hémogramme anormal**

Lorsque les résultats fournis par l'automate sont anormaux quantitativement ou qualitativement, la démarche biologique comporte plusieurs étapes.

Avant tout, détecter et corriger des pièges responsables de résultats erronés.

- Certains découlent de problèmes lors de la phase pré-analytique [21].

Cette phase est sous la responsabilité du biologiste même si elle n'a pas eu lieu dans le laboratoire. On recherche essentiellement des problèmes lors du

prélèvement ou de l'acheminement de l'échantillon : échantillon partiellement coagulé (prélèvement difficile), dilué (cathéter mal purgé), hémolysé, parfois lactescent (perfusion de solutés lipidiques), prélèvement trop ancien ou mal conservé.

Rappelons qu'il est recommandé de conserver l'échantillon à température ambiante et de réaliser le décompte sur automate dans les 6 heures qui suivent le prélèvement. Lorsqu'une formule manuelle est indiquée, le frottis doit être effectué rapidement, moins de 3 heures après le prélèvement [21].

- D'autres sont dus à des problèmes techniques liés :
  - à l'automate : aspiration partielle, lyse insuffisante des hématies, nettoyage insuffisant des circuits, mauvais réglages;
  - ou le plus souvent à des caractéristiques de l'échantillon :
    - agglutinines froides, cryoglobulinémie, grande hypergammaglobulinémie le plus souvent monoclonale,
    - hyperlipidémie endogène, hémolyse intravasculaire,
    - agglutinats des plaquettes ou, plus rarement, des globules blancs en présence d'EDTA,
    - présence d'érythroblastes circulants, de schizocytes, de plaquettes géantes,
    - grande hyperleucocytose

Tous ces pièges retentissent sur une ou plusieurs lignées et perturbent le décompte des éléments. La lignée atteinte et le sens de la modification (sur ou sous-estimation) permettent néanmoins de s'orienter assez précisément vers le phénomène en cause.

Les principaux pièges [15,20] faussant les résultats des plaquettes, des leucocytes et des paramètres érythrocytaires figurent dans les tableaux (I, II, III). Les moyens d'y remédier font le plus souvent appel à des techniques manuelles : décompte des plaquettes ou des globules blancs en cellule éventuellement à partir d'un prélèvement capillaire, micro hématocrite, examen du frottis de sang.

Une fois les pièges techniques écartés ou résolus, les données quantitatives sont confrontées aux valeurs de référence, tenant compte de l'âge, du sexe et de l'ethnie. La (ou les) lignée(s) quantitativement anormale(s) est (sont) alors analysée(s). Lorsque le patient est vu dans un laboratoire pour la première fois, un examen du frottis de sang est nécessaire.

Les anomalies qualitatives, « alarmes constructeur ou flags » signalées par l'automate, sont également des indications à l'examen du frottis de sang, essentiellement pour rechercher des cellules anormales

Tableau I / Pièges perturbant le décompte des plaquettes.		
Sous-estimation des plaquettes		
Anomalies sur automate	Suspicion	Confirmation de l'anomalie et moyens d'y remédier
Alarmes constructeur +/- alarmes quantitatives (thrombopénie)	Caillot	Transvaser le tube. Faire un autre prélèvement.
Alarmes constructeur +/- alarmes quantitatives (thrombopénie)	Micro-caillots	Examen d'une goutte de sang entre lame et lamelle. Autre prélèvement.
Alarmes constructeur +/- alarmes quantitatives (thrombopénie)	Agglutinats de plaquettes	Examen entre lame et lamelle. Contrôle sur tube CTAD. Si échec, prélèvement capillaire (Unopette) avec décompte des plaquettes en cellule de Malassez.
Alarmes constructeur +/- alarmes quantitatives (thrombopénie)	Satellitisme autour des polynucléaires	Idem.
Alarmes constructeur, anomalies courbe des plaquettes, +/- alarmes quantitatives (thrombopénie)	Macroplaquettes	Examen du frottis de sang. Décompte des plaquettes en cellule de Malassez à partir du tube EDTA.
Surestimation des plaquettes		
Alarmes constructeur, anomalies courbe des hématies, +/- alarmes quantitatives	Schizocytes (si nombreux)	Examen du frottis de sang. Décompte des plaquettes en cellule de Malassez à partir du tube EDTA.
Alarmes constructeur, incohérence paramètres érythrocytaires, +/- alarmes quantitatives	Perfusion d'intralipides	Vérification de l'aspect du sérum après sédimentation ou centrifugation. Prélèvement à distance de la perfusion d'intralipides.

Tableau I :Pièges perturbant le décompte des plaquettes[16]

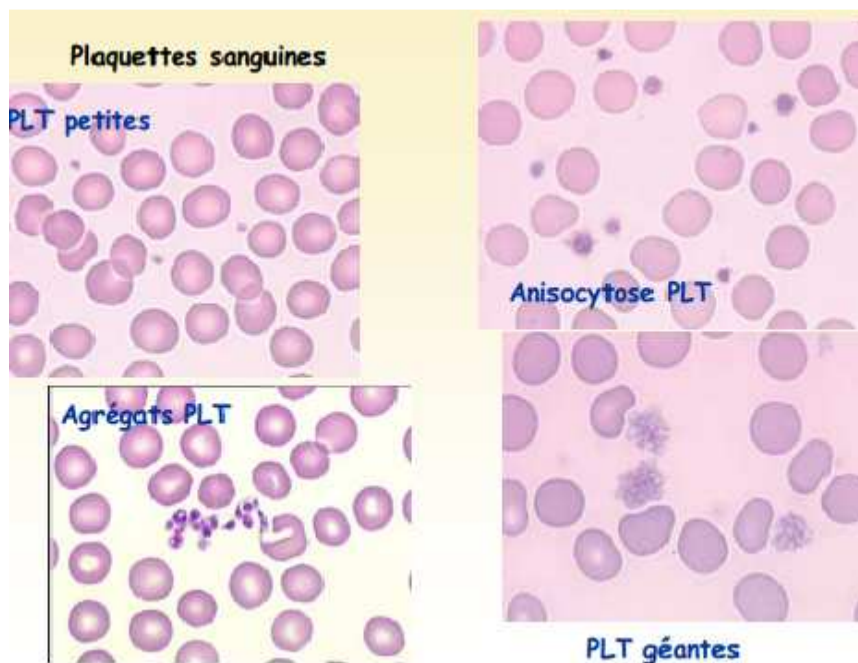
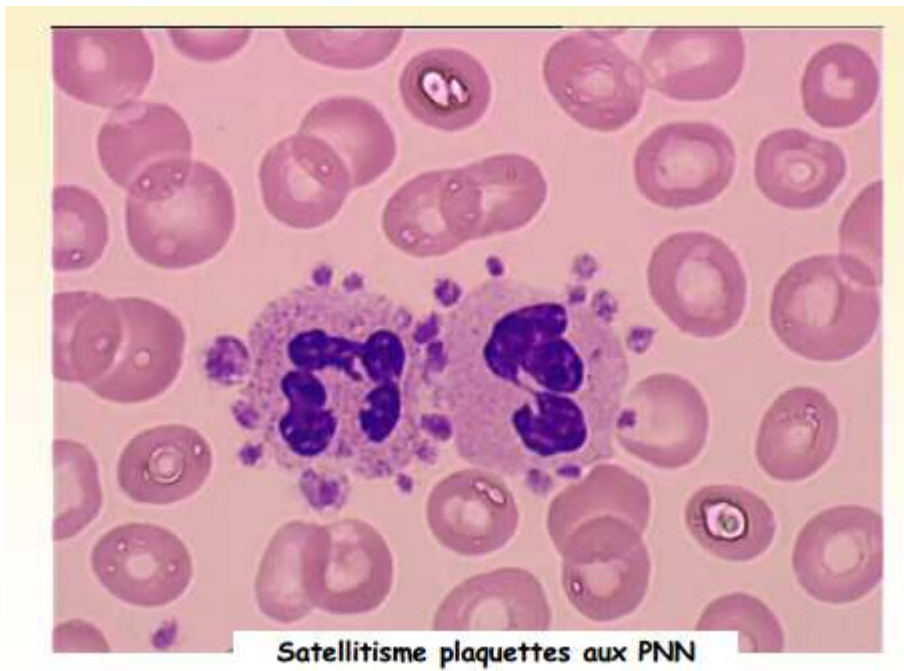


Figure 21 : Plaquettes Sanguines coloré au MGG

(Gr × 100) [6]

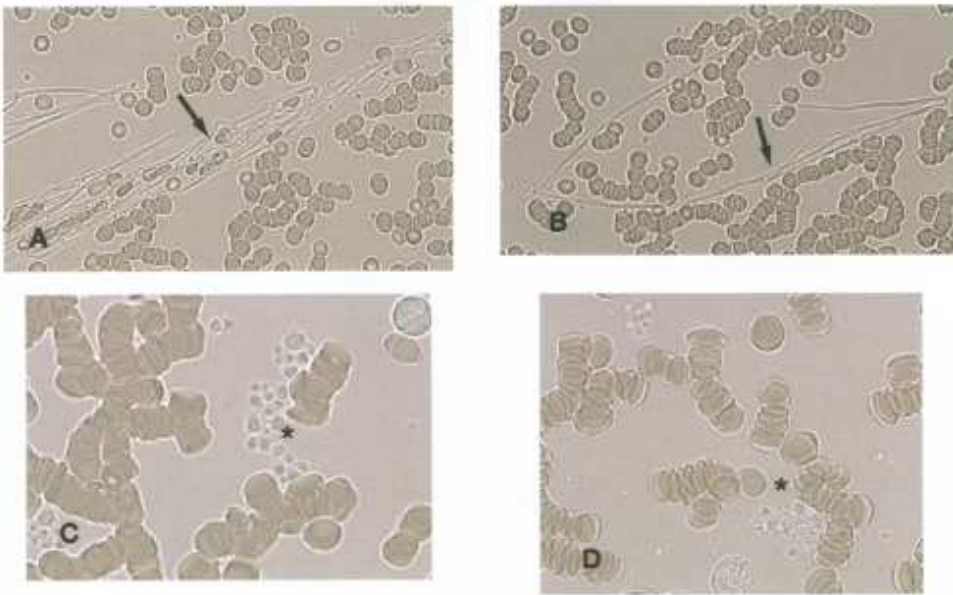


**Figure 22 : Satellitisme plaquettes aux PNN coloré au MGG  
(Gr × 100) [6]**



8A, 8B : polynucléaires dégranulés ; 8C : polynucléaire hyposegmenté dans un syndrome myélodysplasique ;  
8D, 8E : polynucléaires hypersegmentés dans un cas de carence vitaminique.  
Coloration au May-Grünwald-Giemsa.

**Figure 23 : exemple d'anomalie qualitatives des polynucléaires  
coloré au MGG( Gr × 100) [6]**



A, B : présence de fibres de fibrine (➡) témoignant de micro-caillots ;  
C, D : présence d'agglutinats de plaquettes (\*) ;

**Figure 24 : Examen entre lame et lamelle  
coloré au MGG( Gr × 40) [6]**

Tableau II / Pièges perturbant la mesure des paramètres érythrocytaires.

Anomalies sur l'automate	Suspicion	Confirmation de l'anomalie et moyens d'y remédier
Discordance des paramètres érythrocytaires. (règle des 3 non respectée) +/- alarmes quantitatives	Plasma lactescent ou ictérique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérifier l'aspect du sérum après sédimentation ou centrifugation,</li> <li>- Remplacer le plasma par un volume égal de soluté isotonique et repasser le tube,</li> <li>- Sinon faire un microhématocrite et ne rendre que ce paramètre,</li> <li>- Prélèvement de contrôle après résolution du problème ou à distance du traitement (perfusion de solutés lipidiques).</li> </ul>
Discordance des paramètres érythrocytaires. (règle des 3 non respectée, CCMH augmentée), +/- alarmes quantitatives	Plasma hémolysé	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faire un microhématocrite et ne rendre que ce paramètre,</li> <li>- Prélèvement de contrôle.</li> </ul>
Discordance des paramètres érythrocytaires. (règle des 3 non respectée, VGM et CCMH augmentés) +/- alarmes quantitatives	Agglutinines froides	Passer le tube après séjour à 37° C (tube acheminé au chaud ou prélevé en chambre chaude).

**Tableau II : pièges perturbant la mesure des paramètres érythrocytaire [15]**

Tableau III / Pièges perturbant le décompte des globules blancs.

Surestimation des leucocytes		
Anomalies sur automate	Suspicion	Confirmation de l'anomalie et moyens d'y remédier
Alarmes constructeur +/- alarmes quantitatives sur les globules blancs (possible hyperleucocytose)	Erythroblastose	Décompte du % d'érythroblastes sur frottis. Correction des « leucocytes » par la formule : $GB \times 100/100 + \% \text{ érythroblastes}$ .
Alarmes constructeur +/- alarmes quantitatives (thrombopénie)	Agglutinats de plaquettes	Examen entre lame et lamelle. Contrôle sur tube CTAD. Si échec, prélèvement capillaire (Unopette®) avec décompte des globules blancs en cellule.
Alarmes constructeur, anomalie courbe des plaquettes, +/- alarmes quantitatives (thrombopénie)	Macroplaquettes	Examen du frottis de sang. Décompte des globules blancs en cellule à partir du tube EDTA.
Discordance des paramètres érythrocytaires. (règle des 3 non respectée) +/- alarmes quantitatives	Agglutinines froides	Passer le tube après séjour à 37°C. (tube acheminé au chaud ou prélevé en chambre chaude).
Anomalies cytogramme et courbes +/- alarmes quantitatives	Lyse insuffisante des hématies	Décompte des globules blancs en cellule à partir du tube EDTA.
<b>Sous-estimation des leucocytes</b>		
Alarmes constructeur +/- alarmes quantitatives sur les leucocytes (leucopénie)	Leucoagglutination	Examen entre lame et lamelle. Contrôle sur tube CTAD. Si échec, prélèvement capillaire (Unopette®) avec décompte des globules blancs en cellule.
Alarmes constructeur +/- alarmes quantitatives sur les globules blancs (leucopénie)	Prélèvement ancien	Contrôle sur un nouveau prélèvement.

Tableau III : Pièges perturbant le décompte des globules blancs [15]

## **CHAPITRE 4 : Principales anomalies de l'hémogramme**

### **I-Lignée rouge**

L'analyse des paramètres érythrocytaires pathologiques permet de définir un certain nombre d'anomalies qui peuvent orienter plus ou moins précisément vers des pathologies.

Le nombre des globules rouges : ce paramètre est utile pour calculer les constantes érythrocytaires et le nombre des réticulocytes en valeur absolue.

Hémoglobine : la baisse du taux d'hémoglobine en dessous des valeurs de référence, en tenant compte de l'âge et du sexe définit l'anémie. Cette définition est applicable pour la plupart des cas sous réserve qu'il n'existe pas d'hémodilution responsable d'une sous-estimation de l'hémoglobine. À l'inverse, une hémococoncentration peut masquer une anémie modérée.

Une augmentation du taux d'hémoglobine fait suspecter une polyglobulie dont la confirmation requiert une mesure du volume globulaire total par une méthode isotopique.

Hématocrite : ses variations correspondent à celles de l'hémoglobine avec les mêmes réserves pour son interprétation. Il participe au calcul des constantes érythrocytaires.

Volume globulaire moyen : sa diminution définit une microcytose et son augmentation une macrocytose.

Teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine : sa diminution définit l'hypochromie, c'est-à-dire un contenu en hémoglobine par hématie diminué. Cette hypochromie est également détectable sur les frottis de sang. Une

hypochromie débutante ou ne touchant qu'une partie des hématies peut être observée sur le frottis de sang alors que la TCMH de l'automate, qui est une valeur moyenne établie sur l'ensemble des hématies, peut encore rester dans les limites des valeurs de référence.

Concentration corpusculaire en hémoglobine : la baisse de ce paramètre était autrefois utilisée pour définir l'hypochromie. En fait, sa diminution ne survient que tardivement, bien après celle de la TCMH et ne présente plus guère d'intérêt diagnostique. L'augmentation de la CCMH témoigne dans la plupart des cas d'une surestimation due à un problème technique lié à l'automate ou à l'échantillon - présence d'agglutinines froides ou, plus rarement, d'hémoglobine libre plasmatique. Une augmentation vraie est souvent observée dans la sphérocytose héréditaire.

Indice de distribution du volume des globules rouges (IDGR) : il est augmenté en cas d'anisocytose globulaire.

Anomalies des hématies sur frottis : cet examen est indispensable en cas d'anémie ou même d'anomalies de paramètres érythrocytaires (VGM, TCMH, IDGR) sans anémie.

## **II-Globules blancs**

Les anomalies des globules blancs détectées par l'automate sont de deux types :

- Les anomalies quantitatives.

Hyperleucocytose : le chiffre des globules blancs est supérieur à la limite des valeurs de référence. On précise le type cellulaire concerné, en tenant compte

des résultats en valeur absolue des cinq populations habituelles : polynucléaires, lymphocytes, monocytes ou autres cellules à préciser par l'étude du frottis.

Leucopénie : le chiffre des globules blancs est inférieur à la borne inférieure des valeurs de référence. On détermine la catégorie touchée, fréquemment les polynucléaires neutrophiles (neutropénie) parfois les lymphocytes (lymphopénie).

- Les anomalies qualitatives.

Myélémie : il s'agit du passage dans le sang de précurseurs médullaires relativement différenciés de la lignée granuleuse : métamyélocytes, myélocytes, promyélocytes. Les différents stades sont présents avec une prédominance des éléments les plus différenciés. Certains automates en proposent un pourcentage global, nécessitant toutefois une vérification sur frottis s'il s'agit d'une première demande ou d'un patient suivi en hématologie.

Suspicion d'éléments anormaux : il s'agit d'alarmes fournies par l'automate en cas d'anomalies de répartition des populations cellulaires analysées. Il s'agit essentiellement d'alarmes « blastes, lymphocytes anormaux ou variants, myélémie ». Elles peuvent être isolées, associées entre elles ou à des anomalies quantitatives. De toute façon, l'examen du frottis de sang est indispensable pour un diagnostic précis.

Anomalies des globules blancs : l'examen des frottis de sang permet de rechercher des anomalies des polynucléaires (hyper- ou hyposegmentés, dégranulés...) ou des cellules lymphoïdes (lymphocytes hyperbasophiles, tricholeucocytes, lymphocytes anormaux de lymphomes non hodgkiniens).

### **III-Plaquettes**

Thrombopénie : elle est définie par un chiffre abaissé des plaquettes après élimination des problèmes techniques.

Hyperplaquettose ou thrombocytose : le chiffre des plaquettes est augmenté en l'absence de problèmes techniques.

Anomalies des plaquettes : l'examen du frottis de sang est utile pour préciser l'aspect des plaquettes (plaquettes géantes, plaquettes vides).

## CONCLUSION

Etant donné la tendance actuelle qui va dans le sens de l'automatisation des tâches manuelles dans les différents domaines de la recherche et des analyses médicales, la technique automatique de l'hémogramme est plus avantageuse, elle permet d'assurer une meilleure reproductibilité, une plus grande précision des résultats et une bonne rapidité d'exécution. Cependant, la technique manuelle reste toujours une référence et un moyen sûr lorsque l'automate est en panne ou en manque de réactifs, généralement moins disponibles et beaucoup plus chers que ceux de la technique manuelle.

Certes, le maintien d'un certain niveau de présence de la technique manuelle est recommandé tout en cherchant à se doter des équipements automatisés lorsque les moyens financiers le permettent, chacune des deux techniques peut venir en aide à l'autre en cas de difficultés.

# RESUMES



## **RESUME**

**Titre** : Hémogramme : avancées actuelles

**Auteur** : Mlle ARDOUNI Saloua

**Mots clés** : Hémogramme, automatisme, interprétation

L'intérêt de notre travail est de souligner l'importance des deux techniques de l'hémogramme, tout en mettant en relief l'aide inestimable qu'apporte l'usage des automates en ce domaine.

La réalisation d'un hémogramme automatisé permet d'améliorer considérablement la qualité des résultats, que ce soit en matière de numération ou en matière de formule leucocytaire, d'assurer une meilleure reproductibilité et plus de précision aux mesures; l'automatisation apporte encore aujourd'hui de nouvelles innovations qui améliorent la qualité des analyses ; c'est le cas de la numération des réticulocytes. Selon l'instrument, plusieurs méthodes de mesure sont utilisées, isolément ou en association : analyse par impédance, diffraction laser, courant à haute fréquence, cytochimie, lyse chimique ou réactifs fluorescents. La validation de l'hémogramme est une étape essentielle puisqu'elle permet d'éliminer d'éventuels problèmes pré analytiques, ainsi que des pièges techniques qui peuvent être résolus par le recours à des techniques manuelles. En cas d'anomalies quantitatives ou qualitatives chez un patient vu pour la première fois, un examen du frottis de sang est obligatoire. En l'absence de ces causes d'erreur, les résultats seront validés en tenant compte des valeurs de références et d'éventuelles données antérieures.

## SUMMARY

**Title:** CBC: current developments

**Author:** Ms Saloua ARDOUNI

**Key words:** Hemogram, automated, interpretation

The interest of our work is to highlight the importance of both techniques CBC, while highlighting the invaluable brings the use of automata in this field.

The realization of automated blood count can significantly improve the quality of results, whether in counting or for WBC, ensuring better reproducibility and precision measures, automation brings yet TODAY "Today new innovations that improve the quality of analysis, it is the case of the reticulocyte count. Depending on the instrument, several methods of measurement are used, singly or in combination: impedance analysis, laser diffraction, high frequency current, cytochemistry, fluorescent reagents or chemical lysis. The validation of the CBC is an essential step because it allows to eliminate any problems pre-analytical, and technical pitfalls that can be solved by the use of manual techniques. In case of quantitative or qualitative abnormalities in a patient seen for the first time, an examination of blood smears is mandatory. In the absence of these sources of error, the results will be validated taking into account the reference values and any previous data

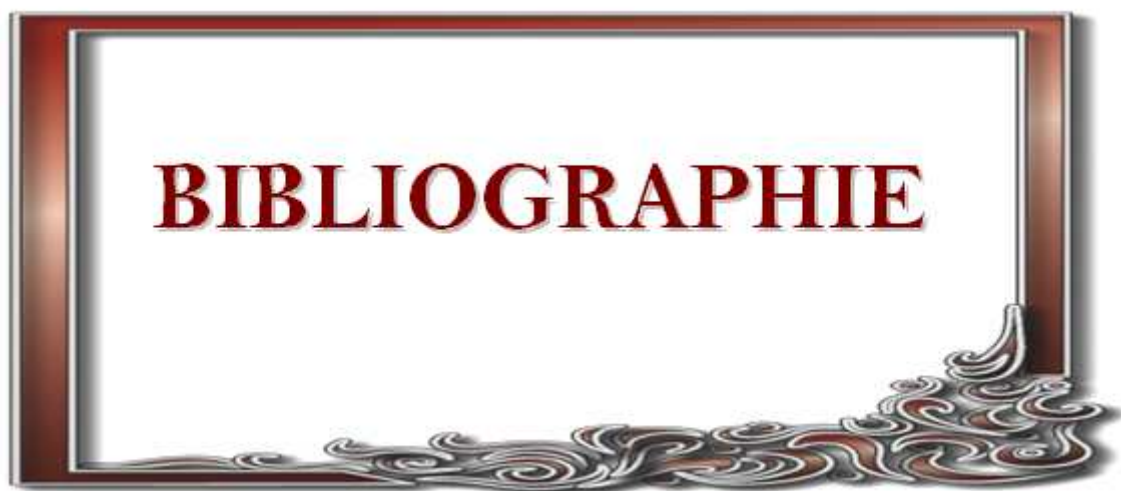
## ملخص

العنوان : عد الدم الكامل: التطورات الراهنة  
الكاتب: ارضوني سلوى  
الكلمات الأساسية: الصيغة الدموية، والآلي، وتفسير

مصلحة عملنا هو تسليط الضوء على أهمية كل من تقنيات عد الدم الكامل ، مع تسليط الضوء على قيم التي يجلبها استخدام الآلي في هذا المجال.

تحقيق عد الدم الآلي يمكن من تحسن كبير في نوعية النتائج، سواء في عد الكريات أو لصيغة الكريات البيضاء، وضمان أفضل استنساخ و الدقة في التدابير ، والتشغيل الآلي يجلب الابتكارات الجديدة التي تعمل على تحسين نوعية التحليل، حالة من تعداد الشبكيات. اعتمادا على الصك، وتستخدم عدة طرق لقياس، سواء منفردة أو مجتمعة: تحليل مقاومة، حيود الليزر، الترددات الحالية المرتفعة، الكيمياء الخلوية والكواشف الكيميائية الفلورية أو تحلل. مصادقة عد الدم الكامل هو خطوة أساسية لأنه يسمح للقضاء على أي مشاكل ما قبل التحليل، والمزلق الفنية التي يمكن حلها عن طريق استخدام التقنيات اليدوية. في حالة شذوذ كمية أو نوعية في المريض لأول مرة، فحص مسحات الدم إلزامي. في حالة عدم وجود هذه المصادر من الخطأ، سيتم التحقق من صحة النتائج مع الأخذ في الاعتبار القيم المرجعية وأي البيانات السابقة.

# **BIBLIOGRAPHIE**



- [1] **HARALAD.T, HEINZ.D, TORSTEN.H.**(2 Ed).**2006** Atlas de poche d'hématologie : 9-10.
- [2] **Arnaud D.**, hémogramme manuel, [www.arnobio2.com](http://www.arnobio2.com)
- [3] **Daunizeau A., et, Perrier J.J.**(Ed.) **2005**: Automatisation et gain de Productivité au laboratoire. Conférence.
- [4] **Lefèvre-Bultingaire, N., et, Jouault, H.**(Ed.) **2002**. Frotti sanguin. In Biologie clinique. Elsevier, Masson,  
*<http://www.emc-consulte.com/articleFrame.jsp?pe=1&item=61170/5imp>*
- [5] **Imbert, M., et, El Khoury, M.** (Ed.) **2006**. Coloration de May-Grünwald-Giemsa.In Biologie clinique. Elsevier, Masson .  
*<http://www.emc-consulte.com/articleFrame.jsp?pe=1&item=61169/5imp>*
- [6] **Masrar, A.et Benkirane. S.** **2012**. Hémogramme Séminaire Hématopoïèse.
- [7] **Anonyme**,“CELL-DYNSMS™ Fully Automated Slide Making & Staining”. Catalogue .Abbott. *[www.abbottdiagnostics.com](http://www.abbottdiagnostics.com)*
- [8] **Anonyme, 2009**.ColorationdeWright.  
*[http://www.ralldiagnostics.fr/diagnostic/fr/MHEM/coloration/pc\\_vers\\_site/protocoles/Proto003\\_ColorationdeWright\\_FR\\_V04.pdf](http://www.ralldiagnostics.fr/diagnostic/fr/MHEM/coloration/pc_vers_site/protocoles/Proto003_ColorationdeWright_FR_V04.pdf)*
- [9] **Anonyme 2011**‘XE-5000MCSystème Hématologique Automatisé Un Choix Complet’ [www.sysmex.co.th](http://www.sysmex.co.th)

- [10] **Anonyme 2009** Higher performance with you in mind. The COULTER LH 780 Hematology Systems [www.beckmancoulter.com](http://www.beckmancoulter.com)
- [11] **Anonyme 2011** 'CELL-DYN Sapphire' [www.abbott.ch](http://www.abbott.ch)
- [12] **Anonyme 2012** 'Système d'hématologie ADVIA® 2120i avec Autoslide' [www.swe.siemens.com](http://www.swe.siemens.com)
- [13] College of American Pathologists **CAP TODAY** December **2012**  
[http://www.cap.org/apps/docs/cap\\_today/1212/1212g\\_in\\_hematology.pdf](http://www.cap.org/apps/docs/cap_today/1212/1212g_in_hematology.pdf)
- [14] **Bain BJ** (Ed.) **2002** Performing a blood count. In: Oxford: Blackwell Science : 16-51.
- [15] **Bain BJ** (Ed.) : **2002** Detecting erroneous blood counts. In: Oxford: Blackwell Science: 155-175.
- [16] **Bessman JD, Gilmer PR**, (Ed.) : **1985** Gardner FH Use of mean platelet volume improves detection of platelet disorders. Blood Cells ; 11 : 127-135
- [17] **Bessman JD, Williams LJ, Gilmer PR**(Ed.) : **1982** Platelet size in health and hematologic disease. Am J Clin pathol 78 : 150-153
- [18] **Cart-Lamy P, Pernet G, Pirraud M, Drevait JM, Caillat D, Pollack B**(Ed.) **1993** , et al. Évaluation comparative et simultanée de trois automates d'hématologie: Coulter STKS®, Sysmex NE 8000®, Technicon H2®. Ann Biol Clin ; 51 : 627-634

- [19] **J Clin Pathol** (Ed.) **1987** ,International Committee for standardization in Haematology ICSH Recommendation for reference method for haemoglobinometry in human blood and specification for international haemiglobincyanide reference preparation. ; 31 : 139-143
- [20] **Nakul-Aquaronne D, El Yakine A, Starck B**(Ed.) **2002**, Bayle J Les pièges de la numération automatique des plaquettes. Rev Fr Lab ; 347 : 21-25 .
- [21] **Trimoreau F, Perroud P, Boyer J**(Ed.) **1999**, Gachard N Constantes pré-analytiques en hémostase-cytologie. Rev Fr Lab ; 317 : 71-80 .

## *Serment de Galien*

*Je jure en présence des maîtres de cette faculté :*

- *D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.*
- *D'exercer ma profession avec conscience, dans l'intérêt de la santé public, sans jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humain.*
- *D'être fidèle dans l'exercice de la pharmacie à la législation en vigueur, aux règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.*
- *De ne dévoiler à personne les secrets qui m'auraient été confiés ou dont j'aurais eu connaissance dans l'exercice de ma profession, de ne jamais consentir à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser les actes criminels.*
- *Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses, que je sois méprisé de mes confrères si je manquais à mes engagements.*

جامعة محمد الخامس  
مكتبة الطب والصيدلة  
- الرباط -

### قسم الصيدلي

بسم الله الرحمن الرحيم

أحضر بالثمن العظيم

- أن أراقب الله في مهنتي
- أن أيجل أساتذتي الذين تعلمت على أيديهم ميادئ مهنتي وأعترف لهم بالجميل وأبقى دوماً وفيّاً لتعاليمهم.
- أن أزاوّل مهنتي بوازع من ضميري لما فيه صالح الصحة العمومية، وأن لا أقصر أبداً في مسؤوليتي وواجباتي تجاه المريض وكرامته الإنسانية.
- أن ألتزم أتتاء ممارستي للصيدلة بالقوانين المعمول بها وبأدب السلوك والشرف، وكذا بالاستقامة والترفع.
- أن لا أفشي الأسرار التي قد تعهد إلي أو التي قد أطلع عليها أتتاء القيام بمهامي، وأن لا أوافق على استعمال معلوماتي لإفساد الأخلاق أو تشجيع الأعمال الإجرامية.
- لأحضى بتقدير الناس إن أنا تقيدت بعهودي، أو أحتقر من طرف زملائي إن أنا لم أف بالتزاماتي.

شهادتي "والله على ما أقول



جامعة محمد الخامس - السويسي  
كلية الطب والصيدلة بالرباط

أطروحة رقم: 35

سنة: 2013

## عد الدم الكامل : التطورات الراهنة أطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم: .....

من طرف

الآنسة : ملوى أرضوني

المزودة في 5 دجنبر 1987 بالدار البيضاء

### لنيل شهادة الدكتوراه في الصيدلة

الكلمات الأساسية: الصيغة الدموية، الآلي، وتفسير

تحت إشراف اللجنة المكونة من الأساتذة

رئيس	السيد : عبد القادر بلمكي
مشرف	أستاذ في علم الدم السيد: عز العرب مسرار
أعضاء	أستاذ في علم الدم البيولوجي
	السيد: عبد الله دامي
	أستاذ أستاذ مبرز في الكيمياء الإحيائية
	السيدة: منى نزيه
	أستاذة مبرزة في علم الدم