

Chapitre 4 : Résultats et

Résultats et discussions

IV-1-Introduction

Nous simulons dans ce chapitre, l'expérience décrite dans la littérature [43] [44], qui correspond à un gaz soumis à une décharge couronne à la pression atmosphérique. La durée de cette décharge s'étend jusqu'à 200 ns. Nous analysons tout particulièrement l'influence de cinq profils d'énergie, qui seront comparés aux résultats expérimentaux obtenus sur la dynamique des neutres.

IV-2- Position du problème

Les résultats que nous présentons correspondent à la résolution du système hydrodynamique dans une décharge de géométrie pointe plan. À l'instant initial, le gaz étant supposé immobile, cette décharge est réalisée dans l'air à la pression atmosphérique ($1.013 \cdot 10^5$ Pa), et à une température ambiante (300K).

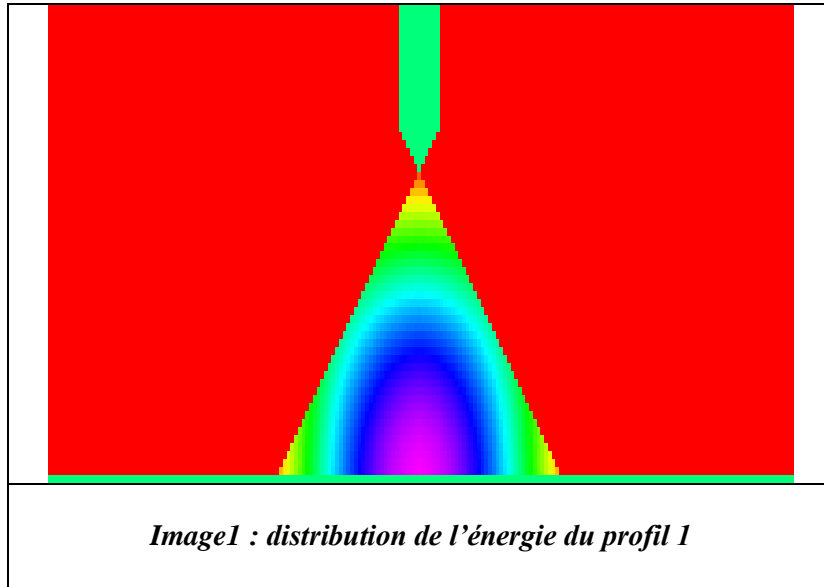
À la pointe, distante de 15mm du plan, la tension positive appliquée est 15 kV. Le rayon de la décharge, après la phase streamer, dépend essentiellement de la surtension appliquée, et par conséquent de l'intensité ainsi que la pression du gaz.

Les conditions imposées au gaz de neutres sont résumées dans le tableau IV.1. :

| | |
|---|----------------------|
| d=distance inter électrodes (m) | 0.015 |
| $V(r, z, t)$ =vitesse initiale (m /s) | 0 |
| $T(r, z, t)$ =température initiale (K) | 300 |
| $P(r, z, 0)$ =pression initiale (Pa) | $1.013 \cdot 10^5$ |
| $N(r, z, 0)$ =densité initiale (m^{-3}) | $2.45 \cdot 10^{24}$ |

Tableau IV.1

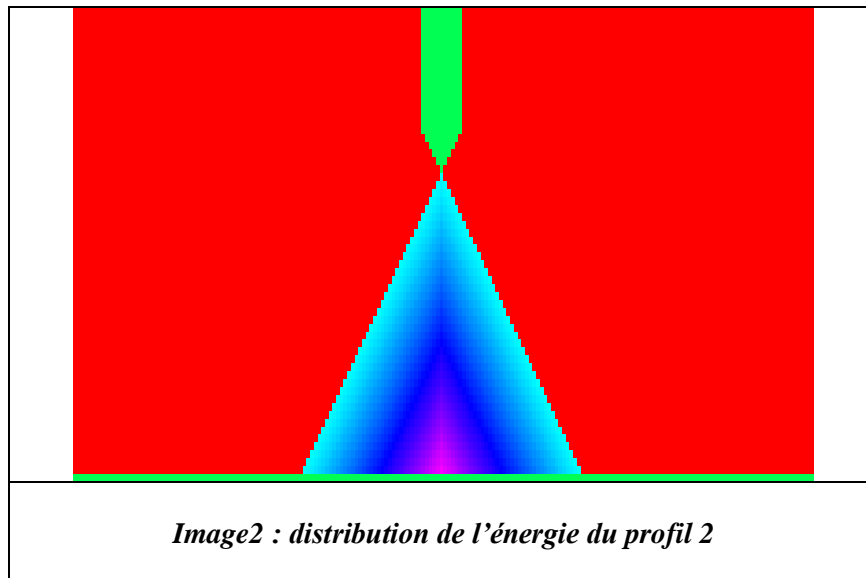
La distribution spatiale de l'énergie qui sera transférée aux neutres est donnée par les cinq profils suivants (voir image1 jusqu'à image5) :



Le profil 1 est donné par l'équation :

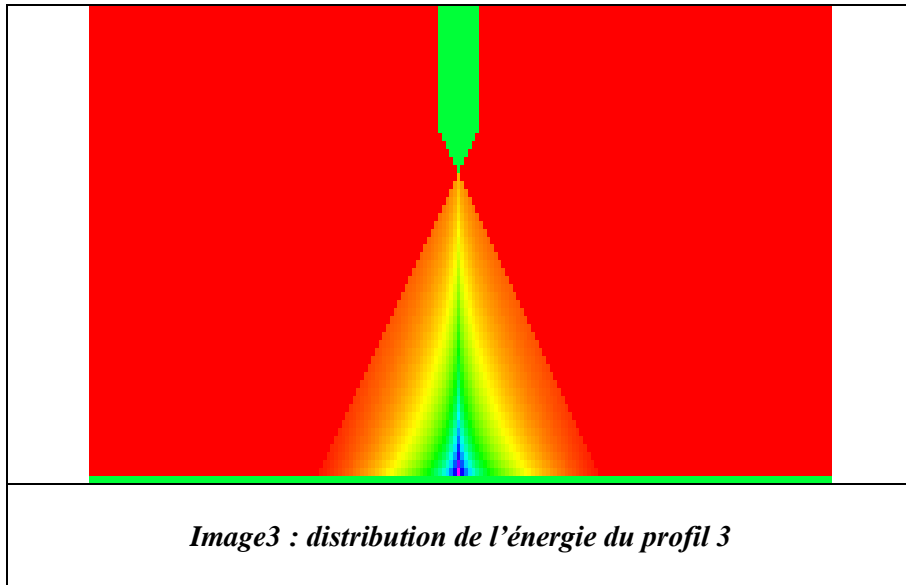
$$F(r,z) = f_0 \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{r}{r_c}\right) \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{z}{d}\right) \quad (IV.1)$$

Où les paramètres f_0 , r , r_c , z et d sont définis dans le chapitre précédent.



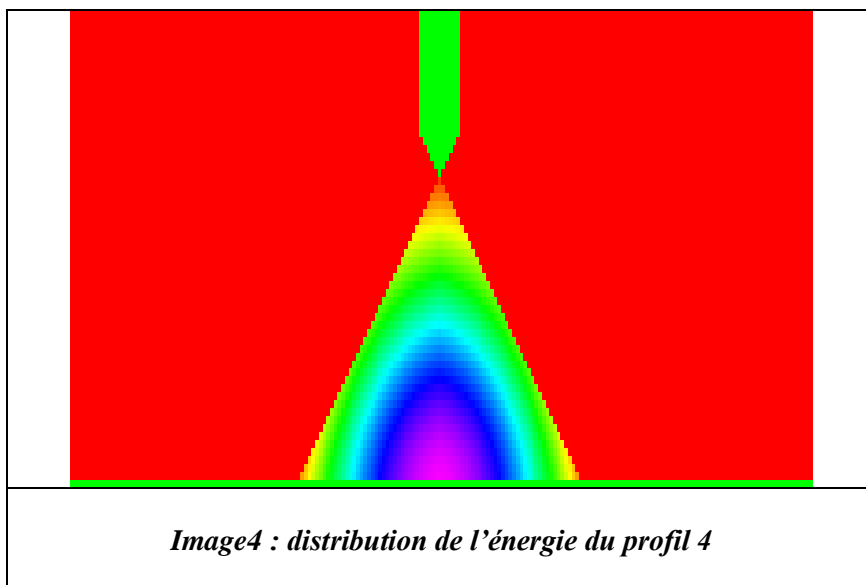
Le profil 2 est donné par l'équation :

$$F(r,z) = f_0 \exp\left(\frac{-r^2}{r_c^2}\right) \exp\left(\frac{-z^2}{d^2}\right) \quad (IV.2)$$



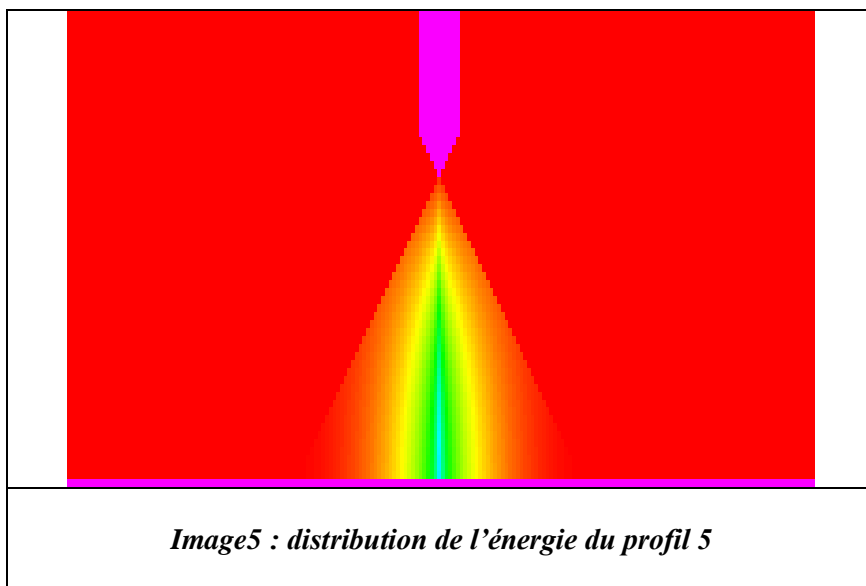
Le profil 3 est donné par l'équation :

$$F(r,z)=f_0 \operatorname{Log}\left(\frac{r_c}{r}\right) \operatorname{Log}\left(\frac{d}{z}\right) \quad (\text{IV.3})$$



Le profil 4 est donné par l'équation :

$$F(r,z)=f_0 \exp\left(\frac{-z^2}{d^2}\right) \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{r}{r_c}\right) \quad (\text{IV.4})$$



Le Profil 5 est donné par l'équation :

$$F(r,z)=f_0 \cos \left(\frac{\pi}{2} \frac{r}{r_c} \right) \text{Log} \left(\frac{d}{z} \right) \quad (\text{IV.5})$$

IV- 3- Analyse de l'évolution spatio- temporelle des neutres :

IV- 3-1- Evolution temporelle :

Nous allons analyser l'évolution temporelle de la température et de la densité des neutres en différents points de l'axe. Nous avons choisis un point situé près du plan $z=1\text{mm}$, un autre situé au $2/3$ de la distance inter électrodes $z = 5\text{mm}$ et un autre point situé près de la pointe $z = 12\text{mm}$; cette analyse dure 200 ns .

La série des courbes représentées sur les figures (IV.1) jusqu'à (IV.6) montre que la température pour les cinq profils, ne commence à augmenter de façon significative qu'à partir de l'instant $t = 100\text{ ns}$. En effet, le transfert d'énergie aux neutres, depuis les particules chargées, n'est pas spontané : c'est le phénomène d'inertie du gaz neutre. Ensuite nous assistons à une hausse de la température très rapide en fonction des différents profils.

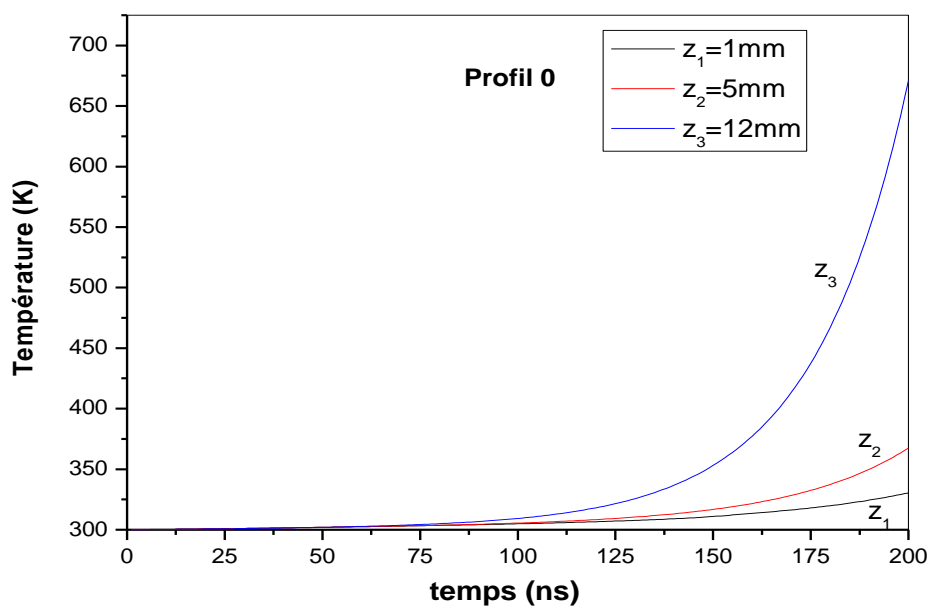


Figure (IV.1) : Evolution temporelle de la température des neutres pour le profil 0 pour plusieurs valeurs de z situés sur l'axe de la décharge

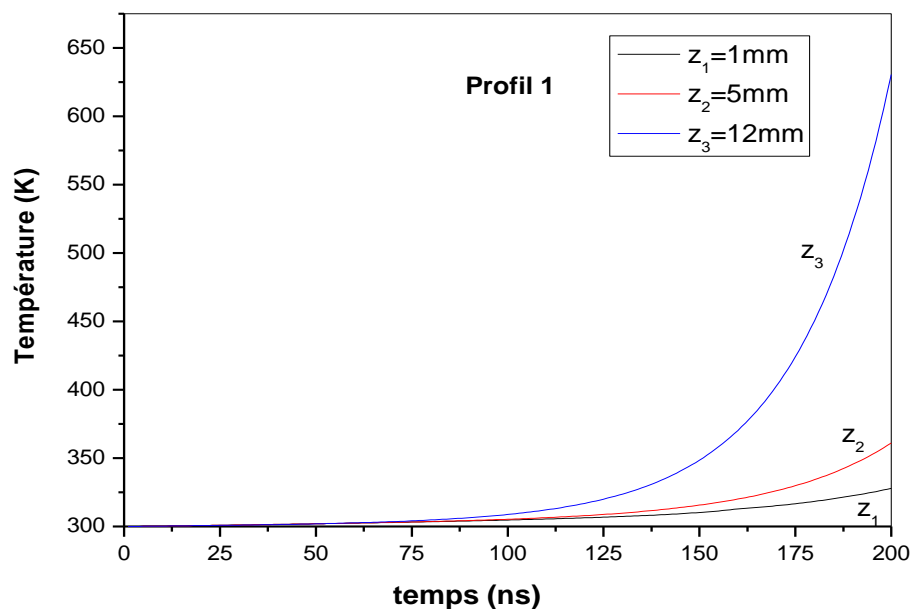


Figure (IV.2.) : Evolution temporelle de la température des neutres pour le profil 1 pour plusieurs valeurs de z situés sur l'axe de la décharge

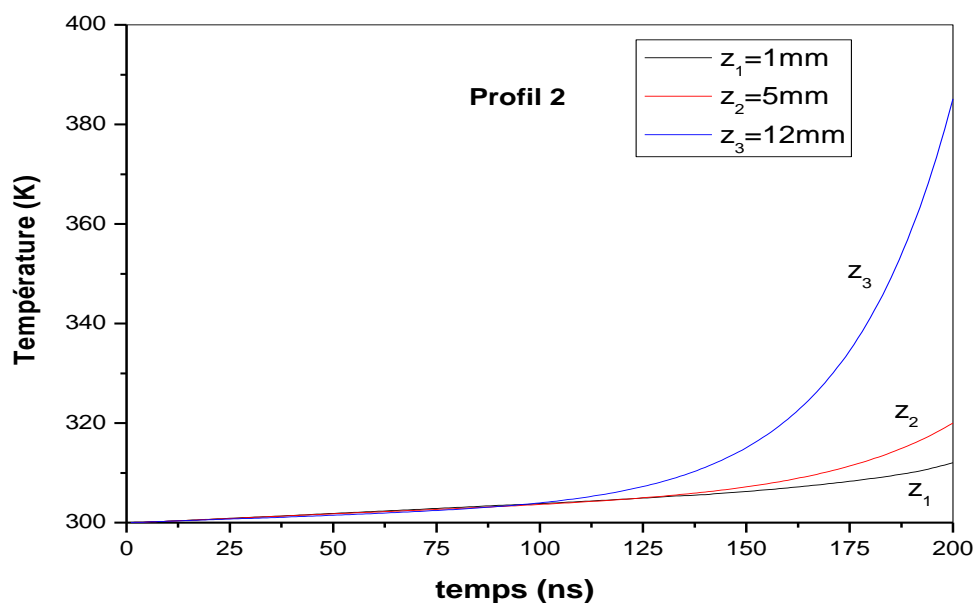


Figure (IV.3.) : Evolution temporelle de la température des neutres pour le profil 2 pour plusieurs valeurs de z situés sur l'axe de la décharge

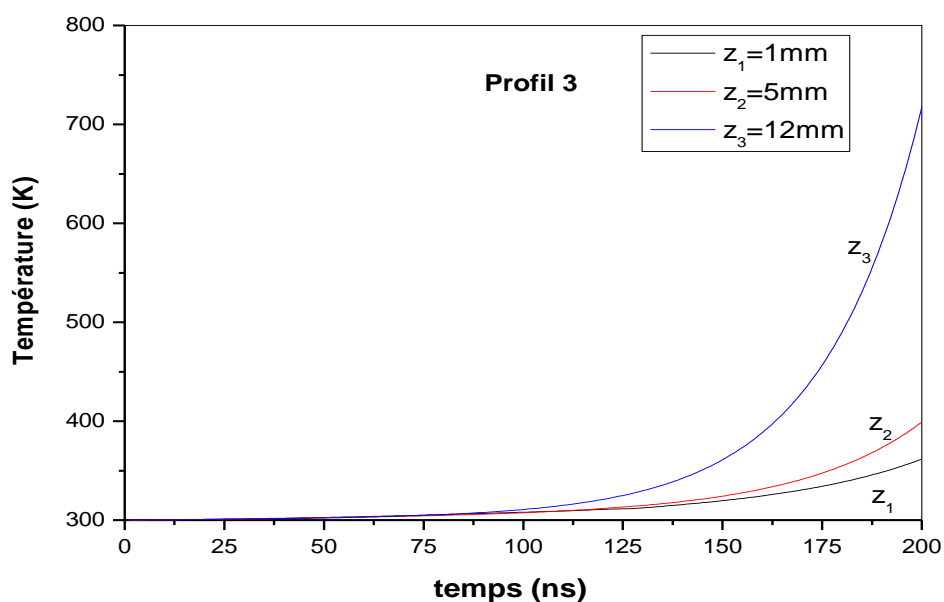


Figure (IV.4.) : Evolution temporelle de la température des neutres pour le profil 3 pour plusieurs valeurs de z situés sur l'axe de la décharge

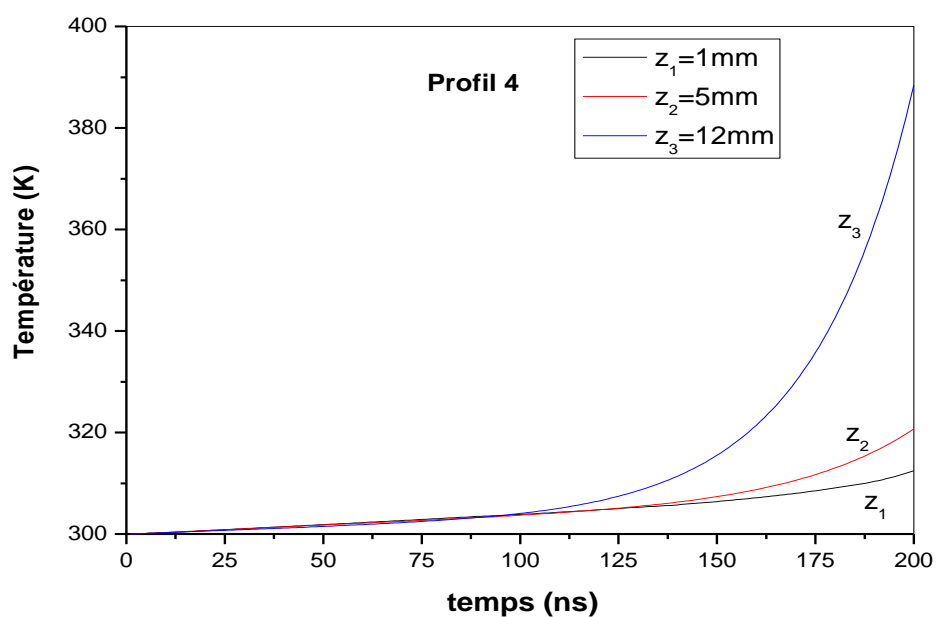


Figure (IV.5.) : Evolution temporelle de la température des neutres pour le profil 4 pour plusieurs valeurs de z situés sur l'axe de la décharge

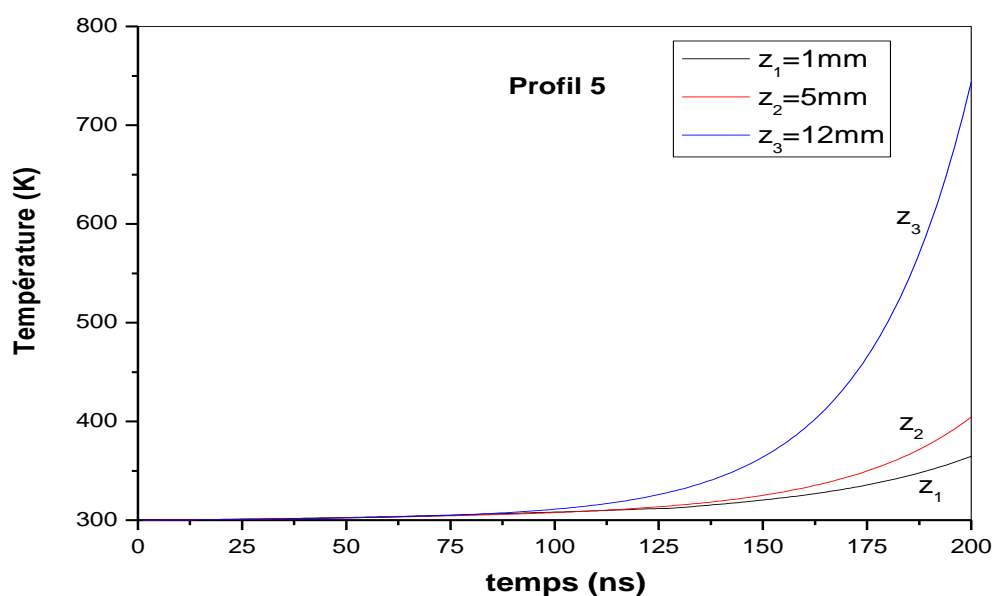


Figure (IV.6.) : Evolution temporelle de la température des neutres pour le profil 5 pour plusieurs valeurs de z situés sur l'axe de la décharge

Sur les figures IV.7, IV.8, et IV.9, nous avons représenté l'évolution de la température des neutres pour les différents profils en trois positions. D'après ces valeurs nous remarquons pour les trois positions que le profil 1 est celui qui donne toujours un écart très faible avec la courbe de référence (profil 0). Les valeurs sont relevées pour $t = 200\text{ns}$.

| | Température (K) z = 1mm | Température (K) z = 5 mm | Température (K) z = 12 mm |
|----------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Profil 0 | 328 K | 365 K | 650 K |
| Profil 1 | 325 K | 355 K | 630 K |
| Profil 2 | 309 K | 315 K | 374 K |
| Profil 3 | 360 K | 390 K | 700 K |
| Profil 4 | 310 K | 317 K | 375 K |
| Profil 5 | 365 K | 395 K | 725 K |

Tableau IV.2.

Nous observons que c'est le profil 5 qui donne un transfert d'énergie plus important que les autres, mais les valeurs dépassent la température obtenue par les résultats expérimentaux [43] [44] [45]. Les autres profils 2 et 4 donnent un transfert plus faible, donc des valeurs trop éloignées. Par contre, le profil 1 semble donner un transfert d'énergie dont l'écart avec la courbe de référence est le plus faible par rapport aux autres profils.

Si maintenant, nous comparons les images des différents profils, nous observons sur ces distributions d'énergie que pour le profil 1 le transfert d'énergie est réalisé presque dans tout le domaine alors que pour les autres profils, le transfert se produit très différemment d'une zone à l'autre. En effet, pour les profils 2 et 3 le transfert est plus important au plan qu'ailleurs, pour le profil 5 le transfert se fait surtout dans l'axe de la décharge, alors que pour le profil 4 le transfert se répartit dans la moitié côté plan.

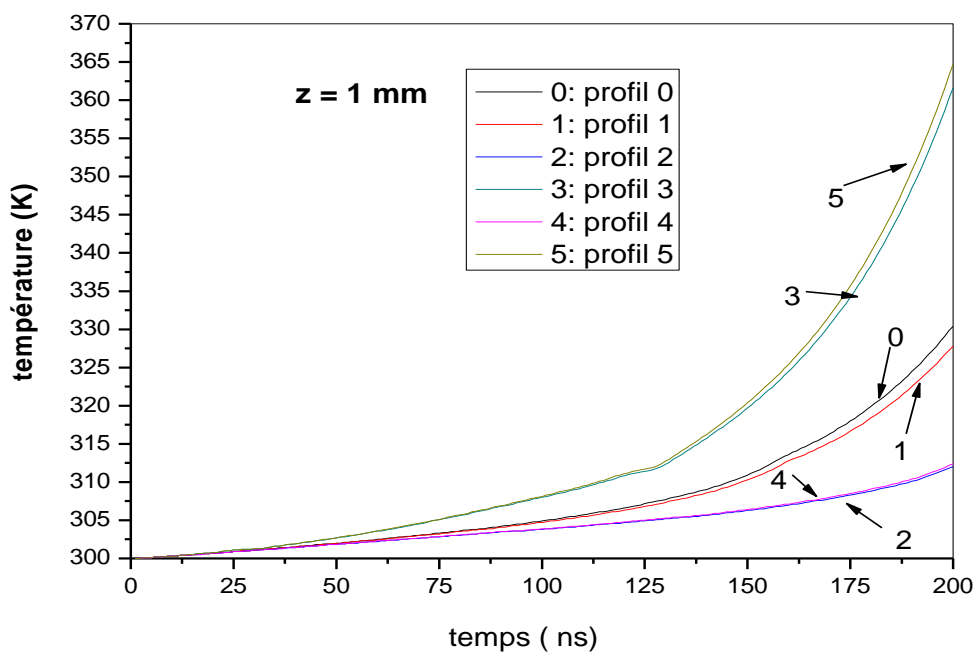


Figure (IV.7) : Evolution temporelle de la température des neutres en fonction des profils pour la position $z=1\text{mm}$

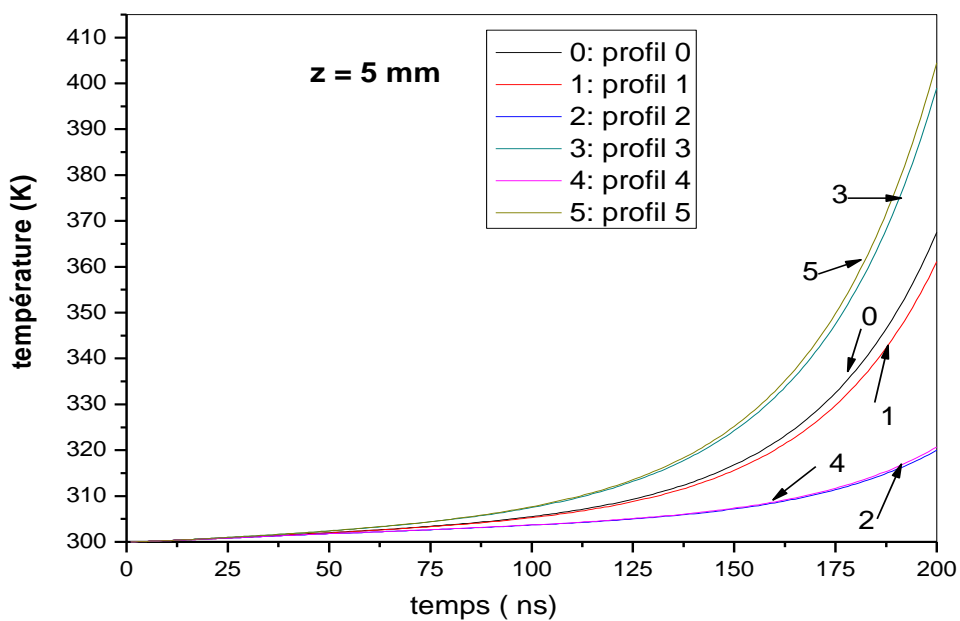


Figure (IV.8) : Evolution temporelle de la température des neutres en fonction des profils pour la position $z=5\text{mm}$

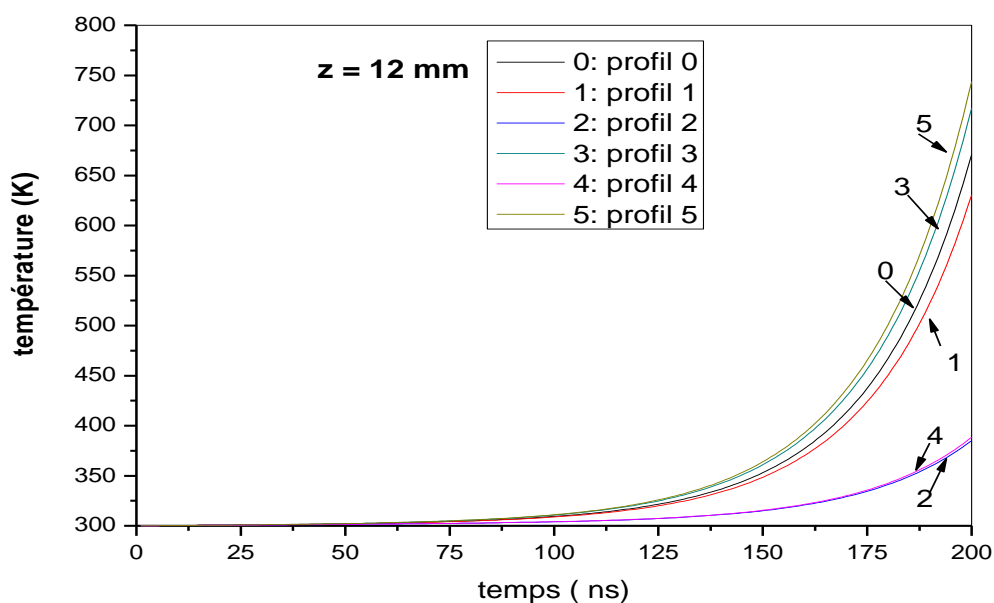


Figure (IV.9) : Evolution temporelle de la température des neutres en fonction des profils pour la position $z=12\text{mm}$

Pour l'évolution temporelle de la densité nous avons adopté la même analyse et les résultats obtenus sont représentés sur les figures IV.10 jusqu'à IV.15. Nous pouvons faire la même constatation que précédemment, c'est-à-dire que c'est toujours le profil 1 qui donne, quelque soit la position de l'analyse, des valeurs plus proches de celles obtenues expérimentalement.

Nous pouvons aussi remarquer que la dynamique générale du gaz neutre se manifeste différemment pour les cinq profils. En effet, c'est jusqu'au temps $t = 150$ ns que le mouvement des neutres est le plus marqué pour les profils 1, 4, et 5, alors que pour le profil 2 c'est un peu plus, c'est-à-dire jusqu'à 200 ns et pour le profil 3 c'est un peu moins que les autres c'est-à-dire jusqu'à 100 ns. Ensuite les neutres tendent vers un mouvement homogène dans presque tout l'espace interélectrodes.

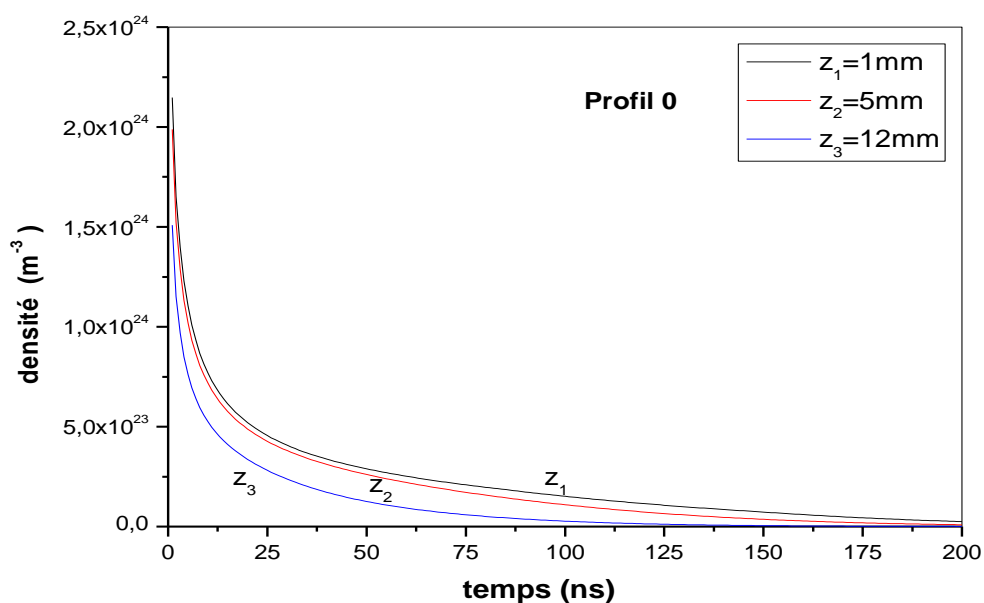


Figure (IV.10) : Evolution temporelle de la densité des neutres pour le profil 0 pour plusieurs valeurs de z situés sur l'axe de la décharge

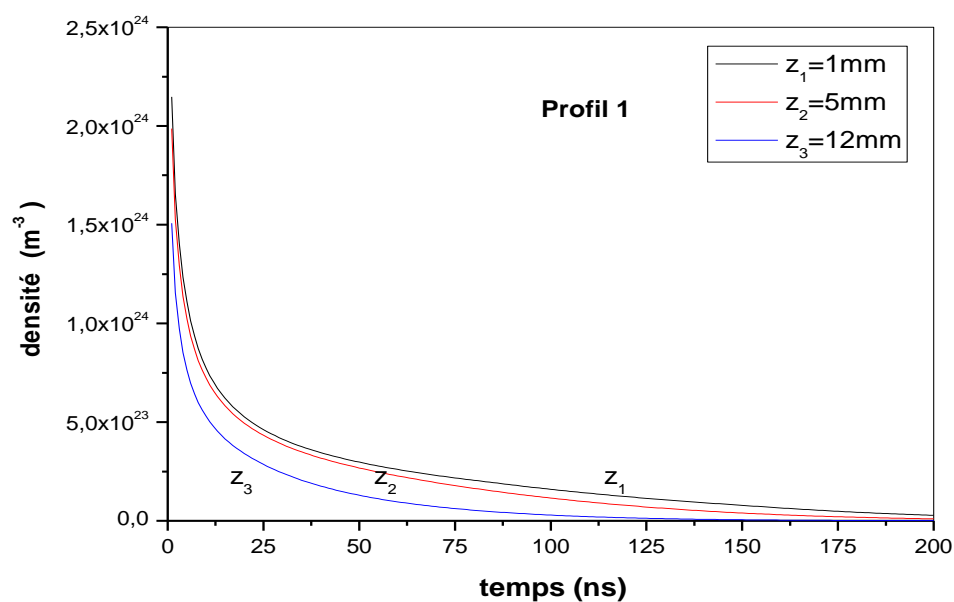


Figure (IV.11) : Evolution temporelle de la densité des neutres pour le profil 1 pour plusieurs valeurs de z situés sur l'axe de la décharge

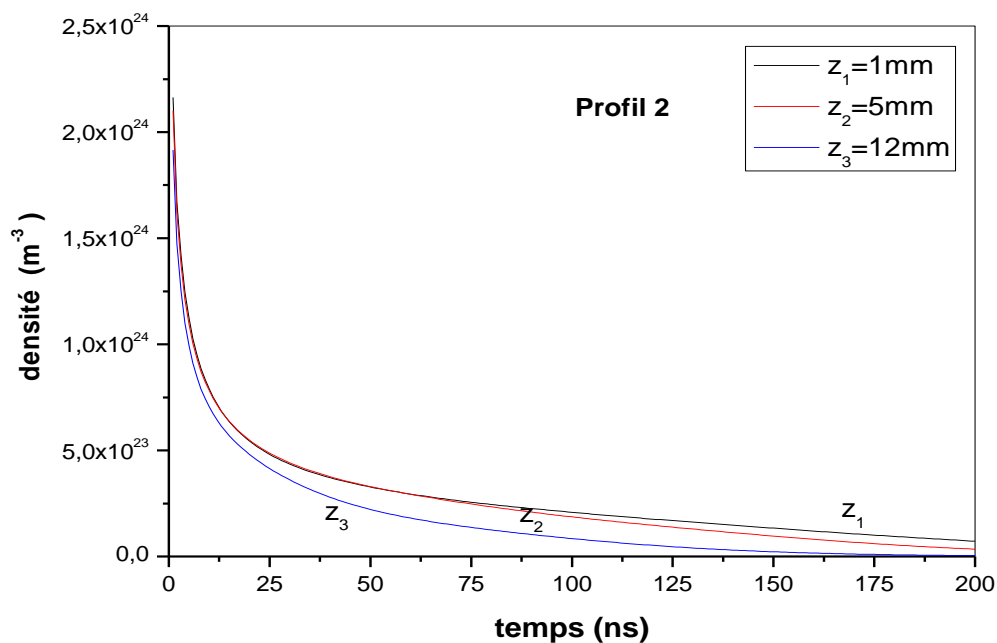


Figure (IV.12) Evolution temporelle de la densité des neutres pour le profil 2 pour plusieurs valeurs de z situés sur l'axe de la décharge

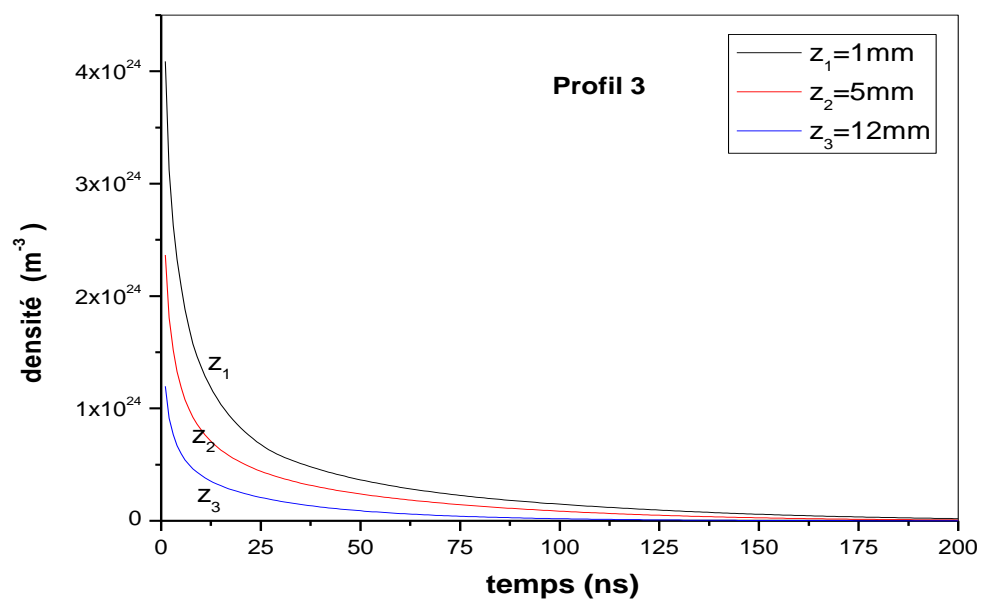


Figure (IV.13) : Evolution temporelle de la densité des neutres pour le profil 3 pour plusieurs valeurs de z situés sur l'axe de la décharge

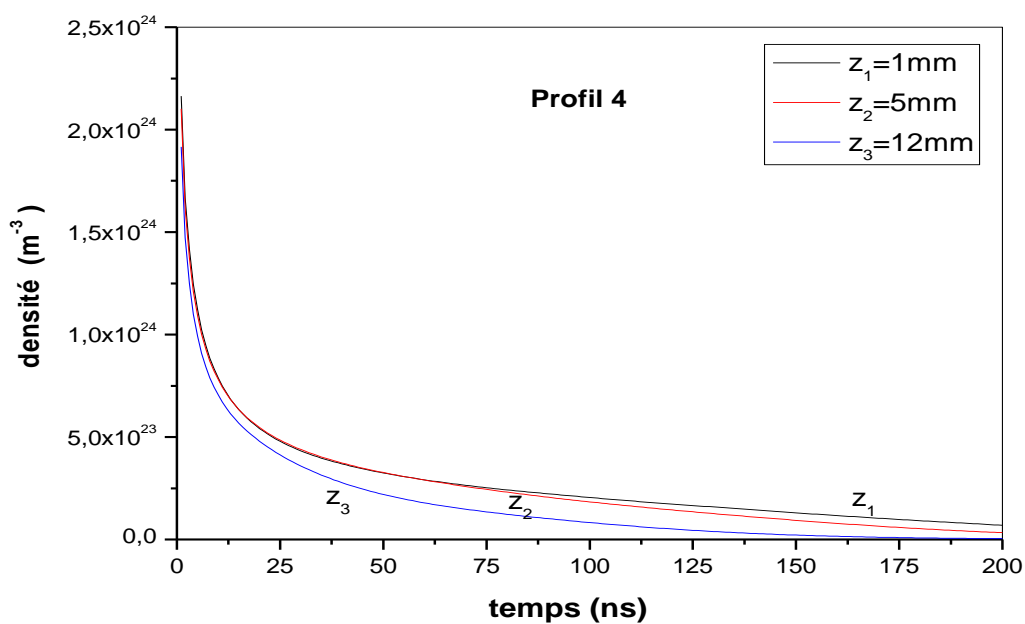


Figure (IV.14) Evolution temporelle de la densité des neutres pour le profil 4 pour plusieurs valeurs de z situés sur l'axe de la décharge

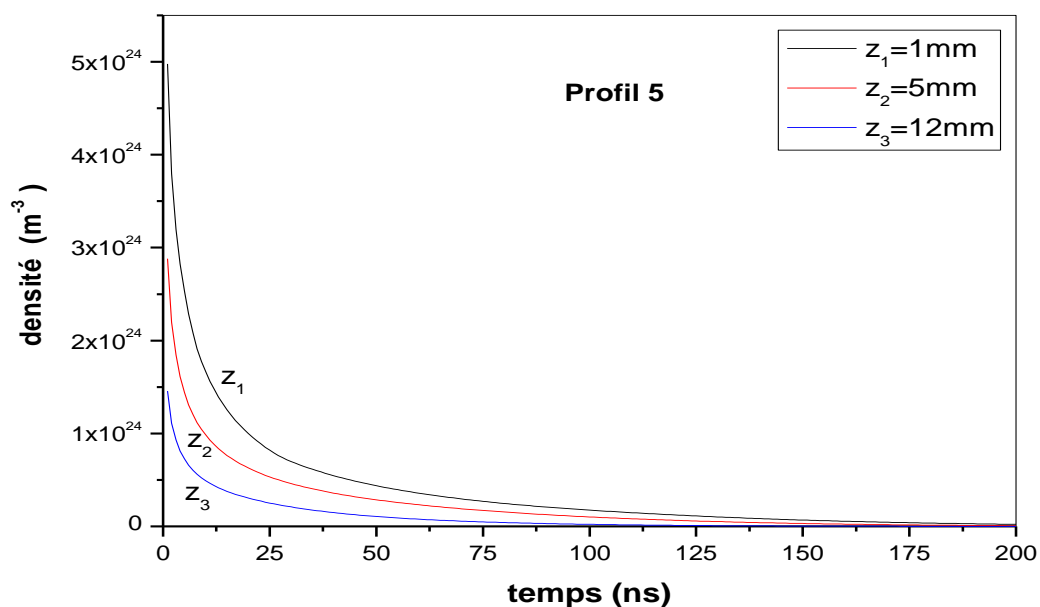


Figure (IV.15) : Evolution temporelle de la densité des neutres pour le profil 5 pour plusieurs valeurs de z situés sur l'axe de la décharge

Pour comparer les cinq profils, nous avons représenté sur les figures IV.16, IV.17 et IV.18, l'évolution de la densité des neutres pour trois positions choisies sur l'axe de la décharge : $z = 1\text{mm}$, $z = 5\text{mm}$ et $z = 12\text{mm}$. Les valeurs sont relevées pour $t = 50\text{ns}$ et sont reportées dans le tableau IV.3. Comme pour la température, nous remarquons pour les trois positions que c'est toujours le profil 1 qui donne un écart très faible avec la courbe de référence (profil 0) [44] [45].

| | Densité (m^{-3}) $z = 1\text{mm}$ | Densité (m^{-3}) $z = 5\text{mm}$ | Densité (m^{-3}) $z = 12\text{mm}$ |
|----------|---|---|--|
| Profil 0 | $0.30 \cdot 10^{24}$ | $0.28 \cdot 10^{24}$ | $0.15 \cdot 10^{24}$ |
| Profil 1 | $0.32 \cdot 10^{24}$ | $0.27 \cdot 10^{24}$ | $0.16 \cdot 10^{24}$ |
| Profil 2 | $0.34 \cdot 10^{24}$ | $0.38 \cdot 10^{24}$ | $0.25 \cdot 10^{24}$ |
| Profil 3 | $0.36 \cdot 10^{24}$ | $0.25 \cdot 10^{24}$ | $0.07 \cdot 10^{24}$ |
| Profil 4 | $0.33 \cdot 10^{24}$ | $0.38 \cdot 10^{24}$ | $0.26 \cdot 10^{24}$ |
| Profil 5 | $0.45 \cdot 10^{24}$ | $0.33 \cdot 10^{24}$ | $0.10 \cdot 10^{24}$ |

Tableau IV.3.

Cependant, nous remarquons sur ces courbes que l'écart entre les profils 3 et 5 et les autres profils 1, 2 et 4 est plus important.

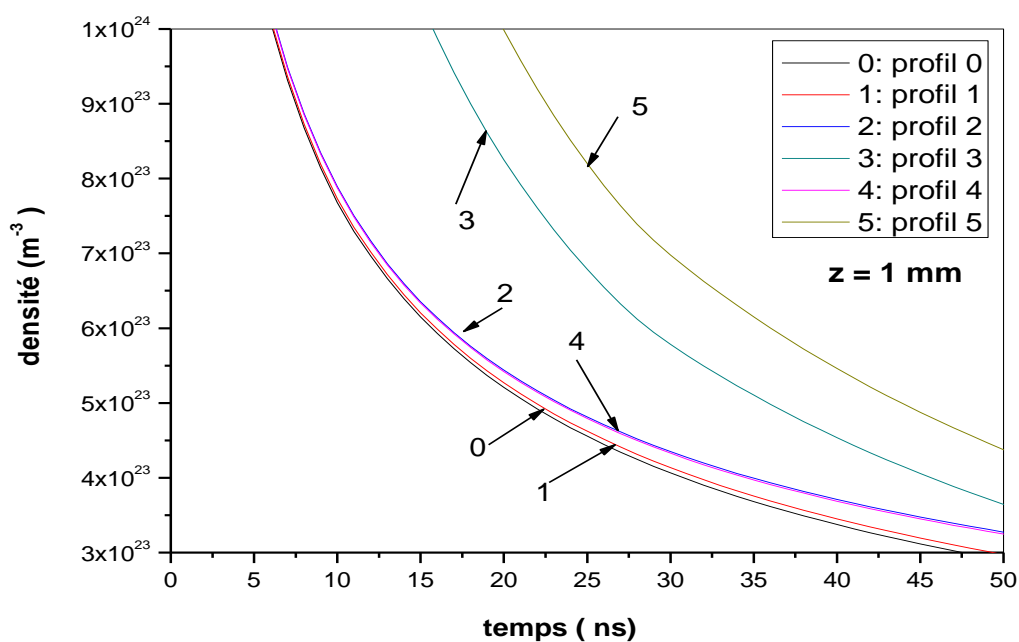


Figure (IV.16) : Evolution temporelle de la densité des neutres en fonction des profils pour $z=1\text{mm}$

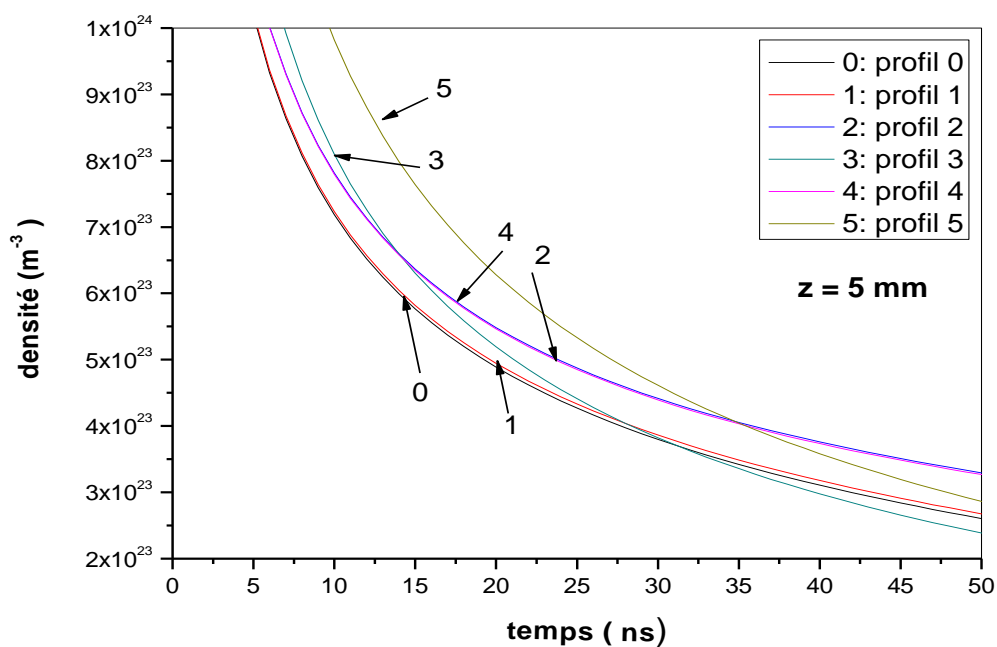


Figure (IV.17) : Evolution temporelle de la densité des neutres en fonction des profils pour $z=5\text{mm}$

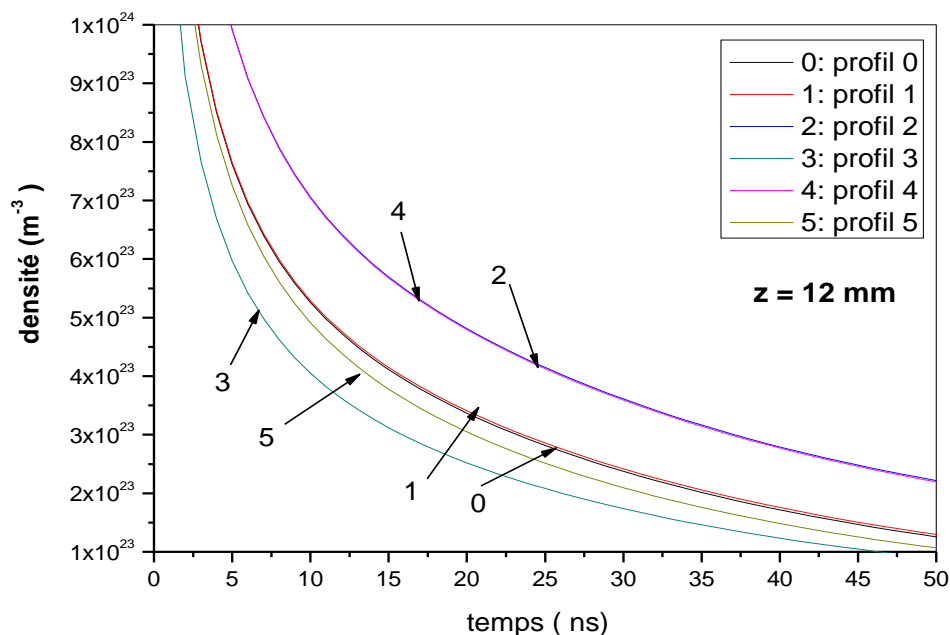


Figure (IV.18) : Evolution temporelle de la densité des neutres en fonction des profils pour $z=12\text{mm}$

IV-3-2- Evolution axiale et radiale

Pour représenter et analyser l'évolution spatiale du gaz neutre, nous avons choisi trois points différents de l'axe z , ceci pour les cinq profils, à savoir : la région située au voisinage de la pointe $z = 12\text{ mm}$, au milieu de l'espace inter-électrodes $z = 5\text{ mm}$, et la région cathodique $z = 1\text{ mm}$. Ces points sont analysés radialement, et pour des temps variant de 0 à 200 nanosecondes.

Avec :

$$t_1 = 20\text{ ns}, t_2 = 40\text{ ns}, t_3 = 60\text{ ns}, t_4 = 80\text{ ns}, t_5 = 100\text{ ns}, t_6 = 120\text{ ns}, t_7 = 140\text{ ns}, t_8 = 160\text{ ns}, t_9 = 180\text{ ns}, t_{10} = 200\text{ ns}$$

Les figures (IV.19) jusqu'à (IV.24) et (IV.28) jusqu'à (IV.33) traduisent respectivement l'évolution axiale et radiale des cinq profils de la densité de particules neutres. Nous remarquons tout d'abord pour la direction axiale z , que la dynamique des particules neutres est très importante durant les premiers instants, c'est-à-dire jusqu'à 60ns, car le gaz étant considéré immobile à l'instant initial et donc le transfert

d'énergie va provoquer des gradients de densité importants, ensuite le mouvement se généralise dans tout l'espace jusqu'à devenir stationnaire à la fin de la décharge.

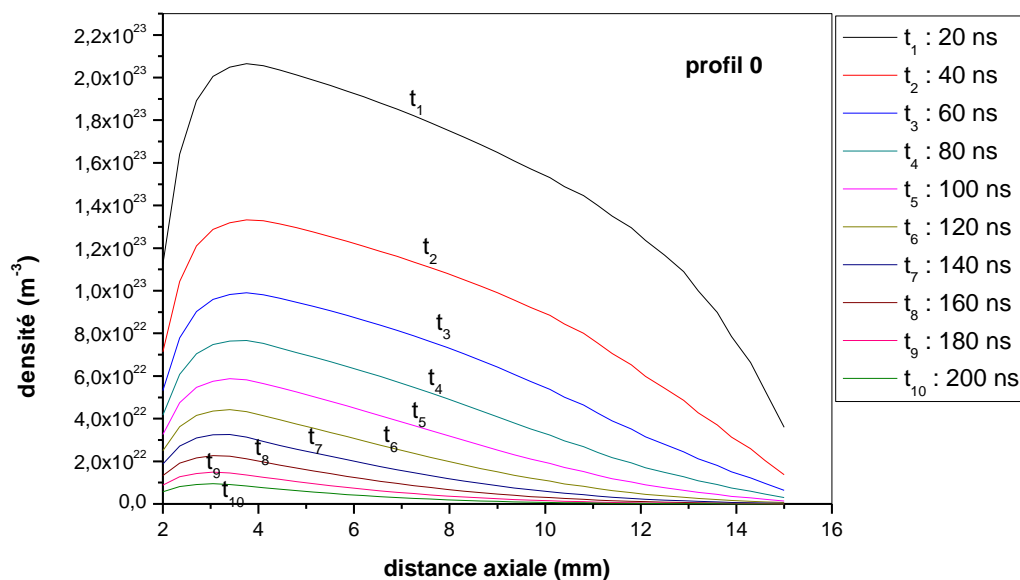


figure (IV.19) : distribution axiale de la densité des neutres en fonction du temps pour le profil 0

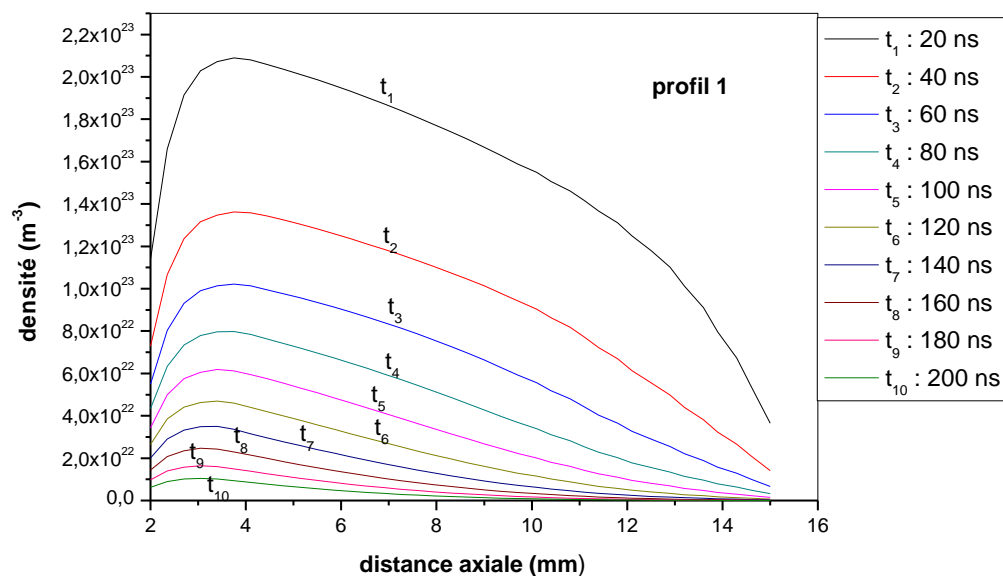


figure (IV.20) : distribution axiale de la densité des neutres en fonction du temps pour le profil 1

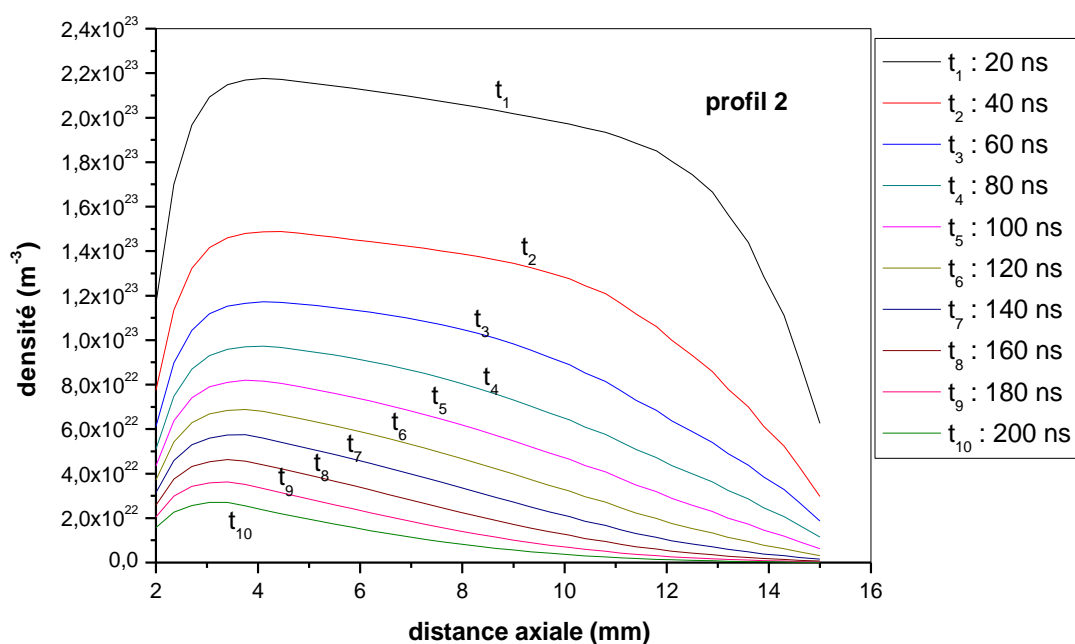


figure (IV.21) : distribution axiale de la densité des neutres en fonction du temps pour le profil 2

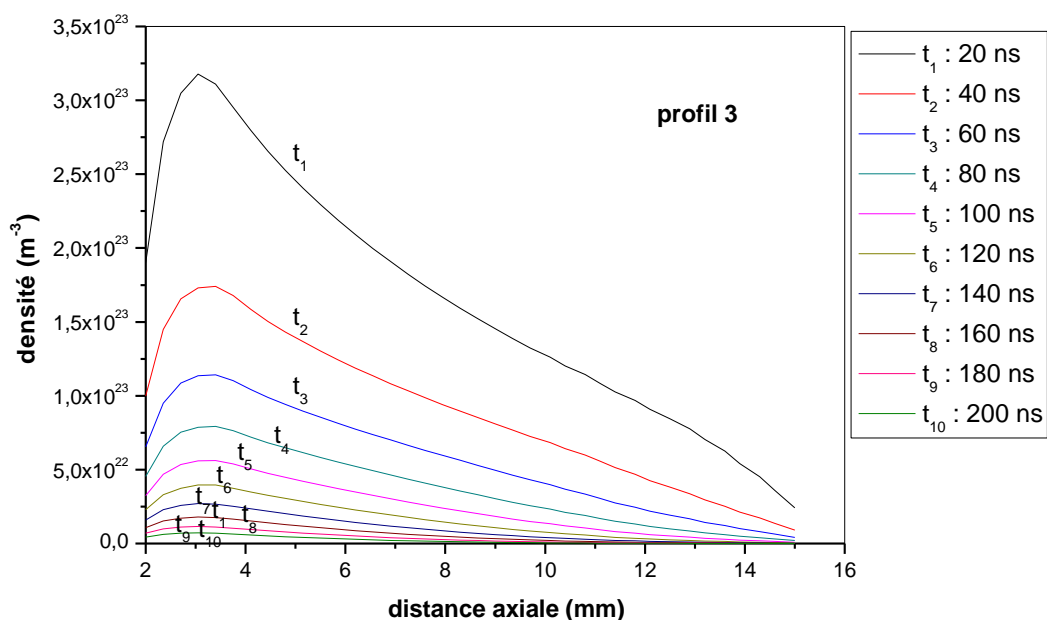


figure (IV.22) : distribution axiale de la densité des neutres en fonction du temps pour le profil 3

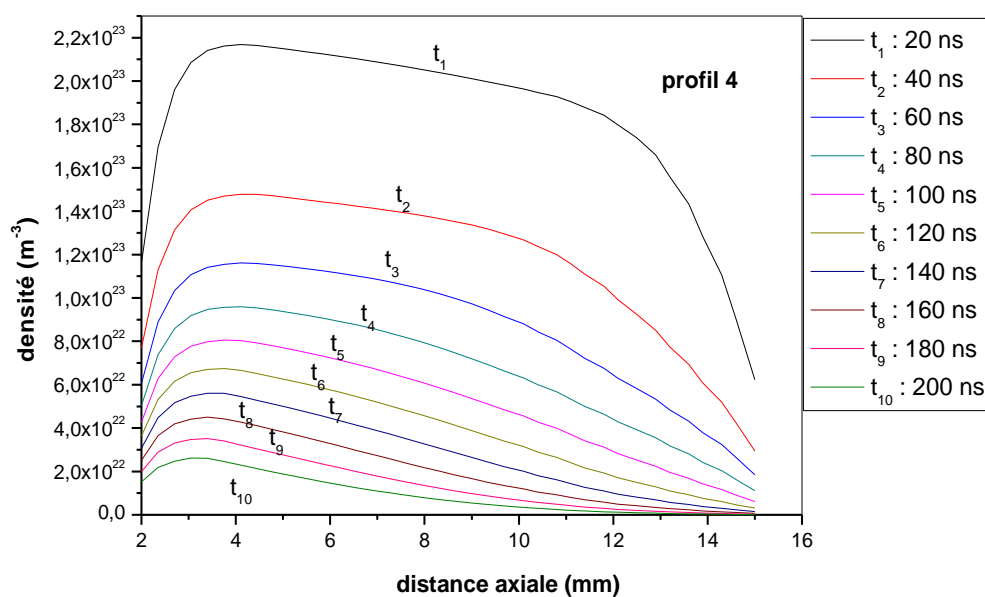


figure (IV.23) : distribution axiale de la densité des neutres en fonction du temps pour le profil 4

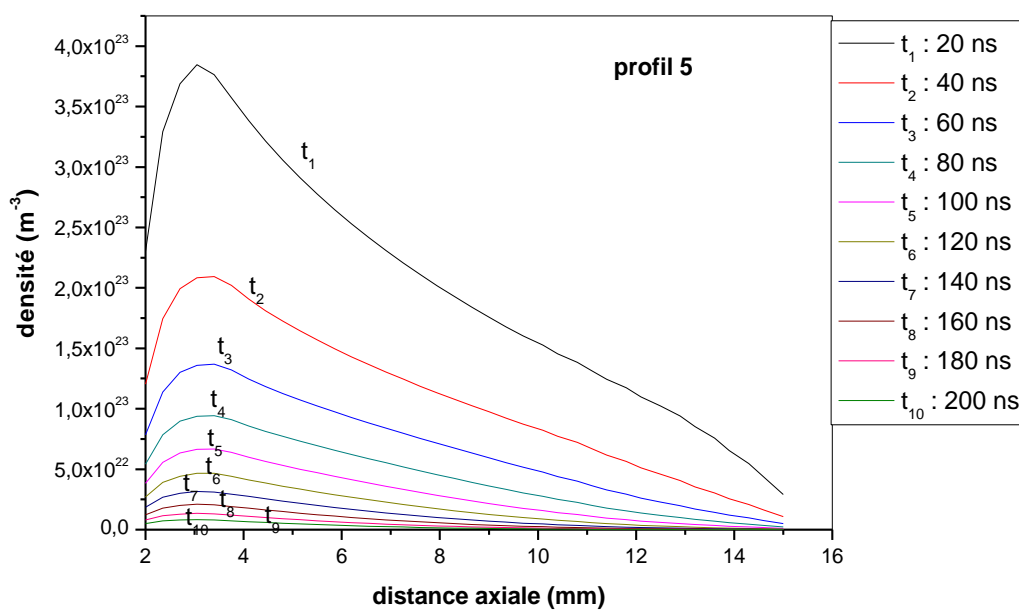


figure (IV.24) : distribution axiale de la densité des neutres en fonction du temps pour le profil 5

Sur les figures (IV.25) jusqu'à (IV.27) nous avons rassemblé les résultats pour trois temps différents : $t = 20\text{ns}$, 100ns et 200ns , c'est-à-dire respectivement le début, le milieu et la fin de la décharge. Nous remarquons, que la dynamique des particules

neutres est très importante durant les premiers instants, ensuite le mouvement se généralise dans tout l'espace. Les valeurs obtenues sont données dans le tableau IV.4. Ces valeurs sont relevées au voisinage du plan pour le maximum du mouvement.

| | Densité (m^{-3}) $t = 20 \text{ ns}$ | Densité (m^{-3}) $t = 100 \text{ ns}$ | Densité (m^{-3}) $t = 200 \text{ ns}$ |
|----------|--|---|---|
| Profil 0 | $0.20 \cdot 10^{23}$ | $0.58 \cdot 10^{23}$ | $0.09 \cdot 10^{23}$ |
| Profil 1 | $0.22 \cdot 10^{23}$ | $0.62 \cdot 10^{23}$ | $0.10 \cdot 10^{23}$ |
| Profil 2 | $0.25 \cdot 10^{23}$ | $0.82 \cdot 10^{23}$ | $0.27 \cdot 10^{23}$ |
| Profil 3 | $0.33 \cdot 10^{23}$ | $0.55 \cdot 10^{23}$ | $0.07 \cdot 10^{23}$ |
| Profil 4 | $0.26 \cdot 10^{23}$ | $0.80 \cdot 10^{23}$ | $0.26 \cdot 10^{23}$ |
| Profil 5 | $0.37 \cdot 10^{23}$ | $0.67 \cdot 10^{23}$ | $0.08 \cdot 10^{23}$ |

Tableau IV.4.

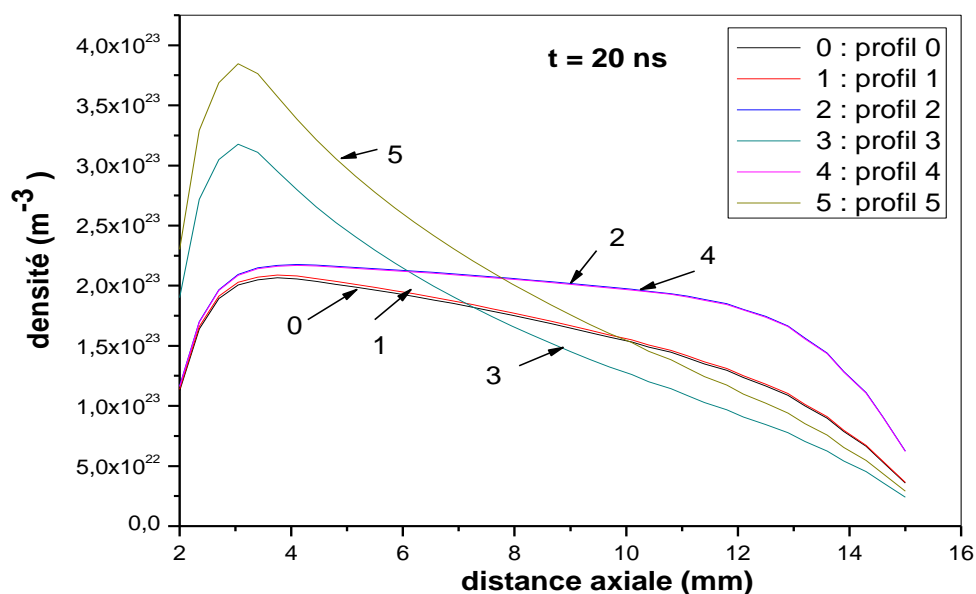


figure (IV.25) : distribution axiale de la densité des neutres en fonction des profils pour $t=20\text{ns}$

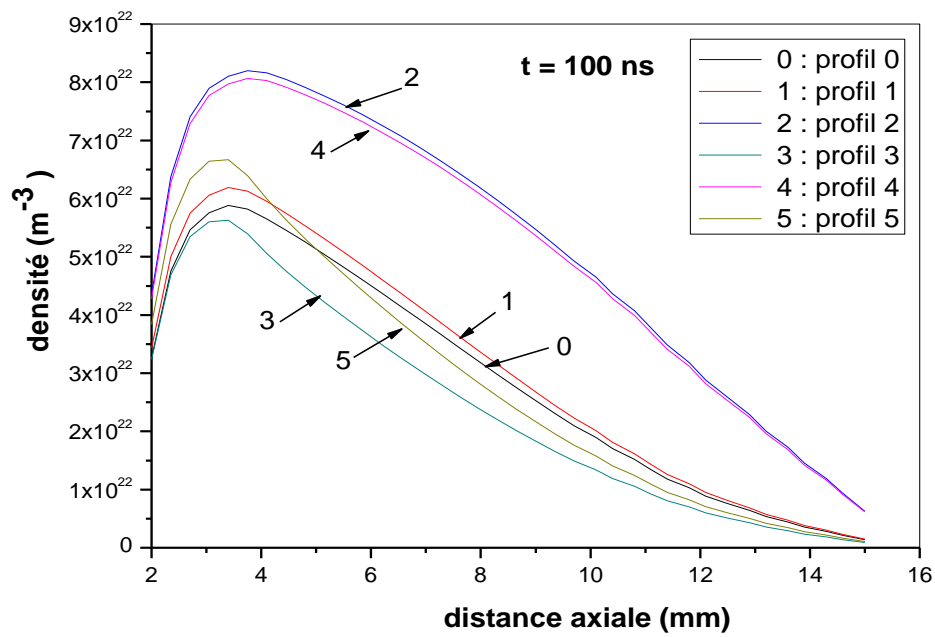


figure (IV.26) : distribution axiale de la densité des neutres en fonction des profils pour $t=100\text{ns}$

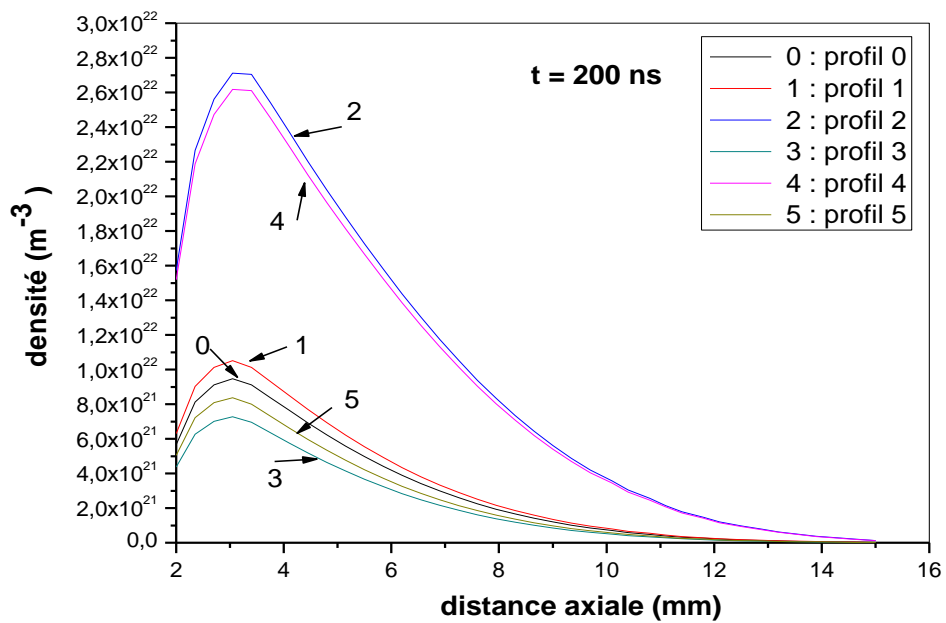


figure (IV.27) : distribution axiale de la densité des neutres en fonction des profils pour $t=200\text{ns}$

Les figures (IV.28) jusqu'à (IV.33) traduisent l'évolution axiale des cinq profils de la température de particules neutres. Nous remarquons tout d'abord que la dynamique des particules neutres est très importante dans la zone proche de la pointe. En effet, c'est dans cette région que les électrons sont énergétiques et transfèrent le maximum de leur énergie aux neutres. L'effet de ce transfert ne commence à être significatif que vers $t_6 = 120\text{ns}$, alors que pour les autres instants t_1 jusqu'à t_5 le chauffage des neutres est presque homogène.

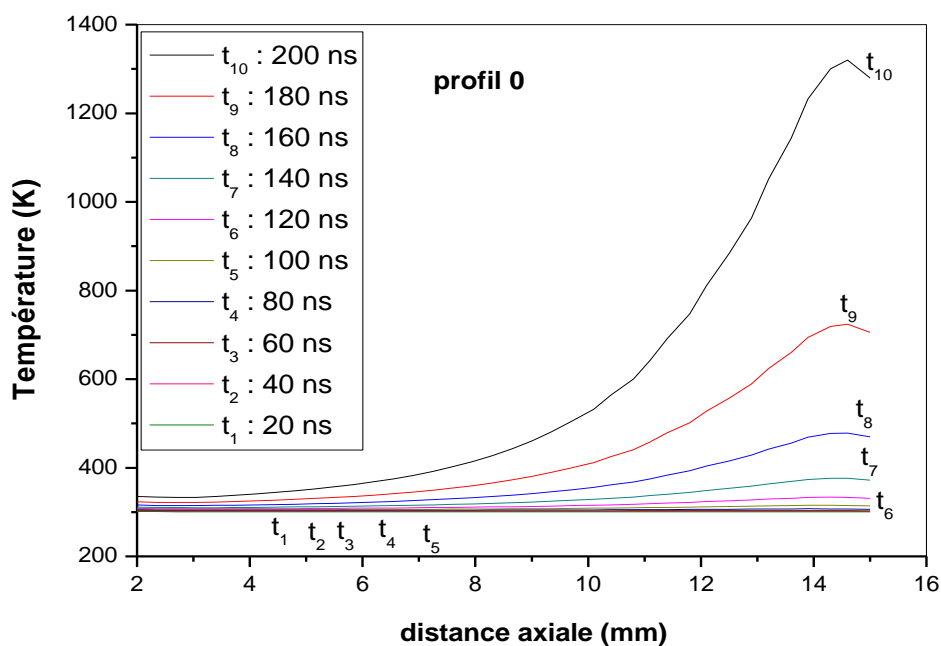


figure (IV.28) : distribution axiale de la température en fonction du temps pour le profil 0

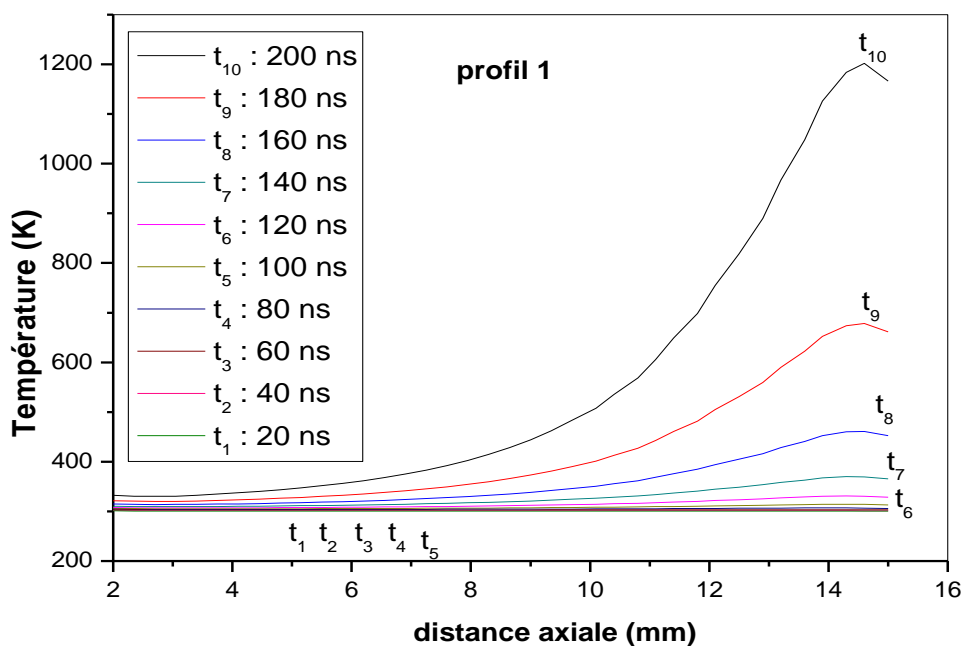


figure (IV.29) : distribution axiale de la température en fonction du temps pour le profil 1

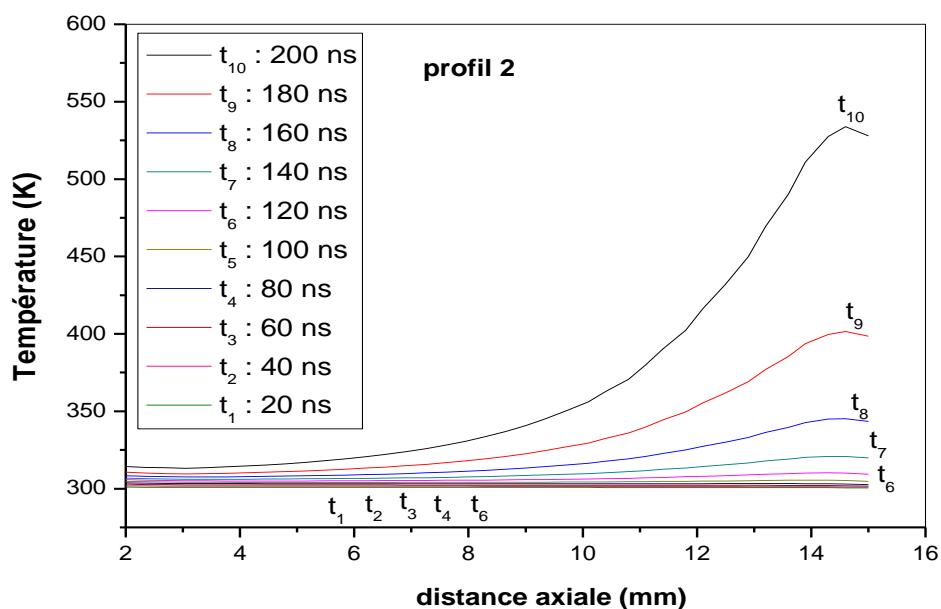


figure (IV.30) : distribution axiale de la température en fonction du temps pour le profil 2

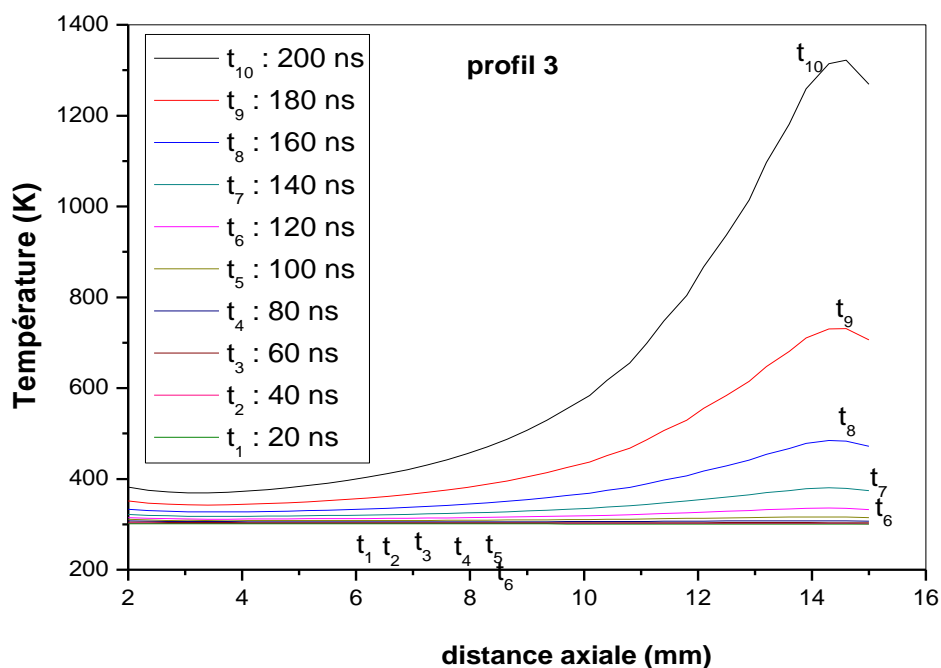


figure (IV.31) : distribution axiale de la température en fonction du temps pour le profil 3

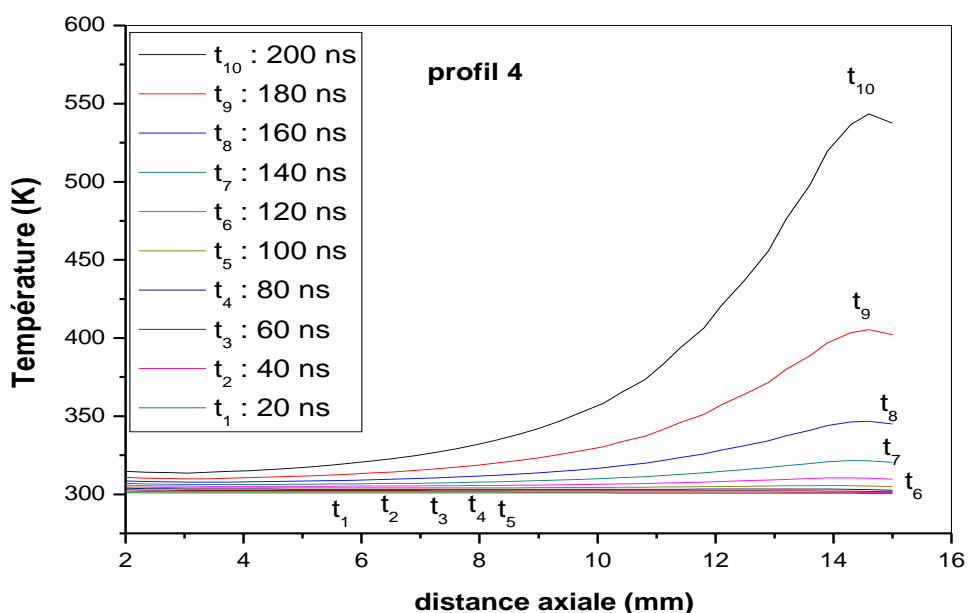


figure (IV.32) : distribution axiale de la température en fonction du temps pour le profil 4

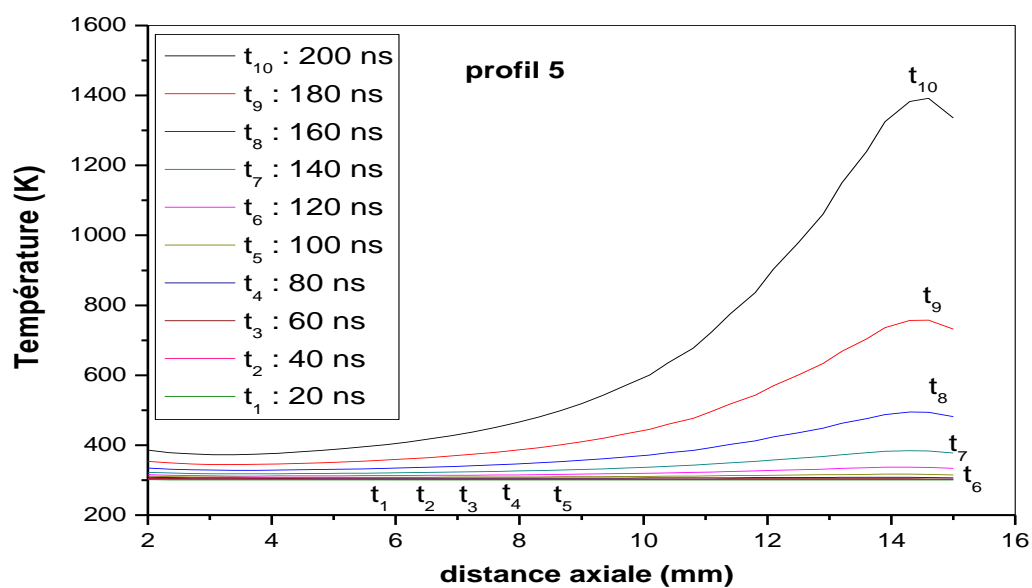


figure (IV.33) : distribution axiale de la température des neutres en fonction du temps pour le profil 5

Sur les figures (IV.34) jusqu'à (IV.36) nous avons rassemblé les résultats pour trois temps différents : $t = 20\text{ns}$, 100ns et 200ns , c'est-à-dire respectivement le début, le milieu et la fin de la décharge. Nous remarquons, que la dynamique des particules neutres est très importante durant les premiers instants, ensuite le mouvement se généralise dans tout l'espace. Les valeurs obtenues sont données dans le tableau IV.5. Ces valeurs sont relevées au voisinage de la pointe pour le maximum de la température.

| | Température (K) t = 20 ns | Température (K) t = 100 ns | Température (K) t = 200 ns |
|----------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Profil 0 | 306.6 | 315 | 1300 |
| Profil 1 | 306.5 | 314 | 1200 |
| Profil 2 | 306.4 | 305 | 500 |
| Profil 3 | 306.7 | 316 | 1305 |
| Profil 4 | 306.2 | 306 | 505 |
| Profil 5 | 306.9 | 317 | 1390 |

Tableau IV.5.

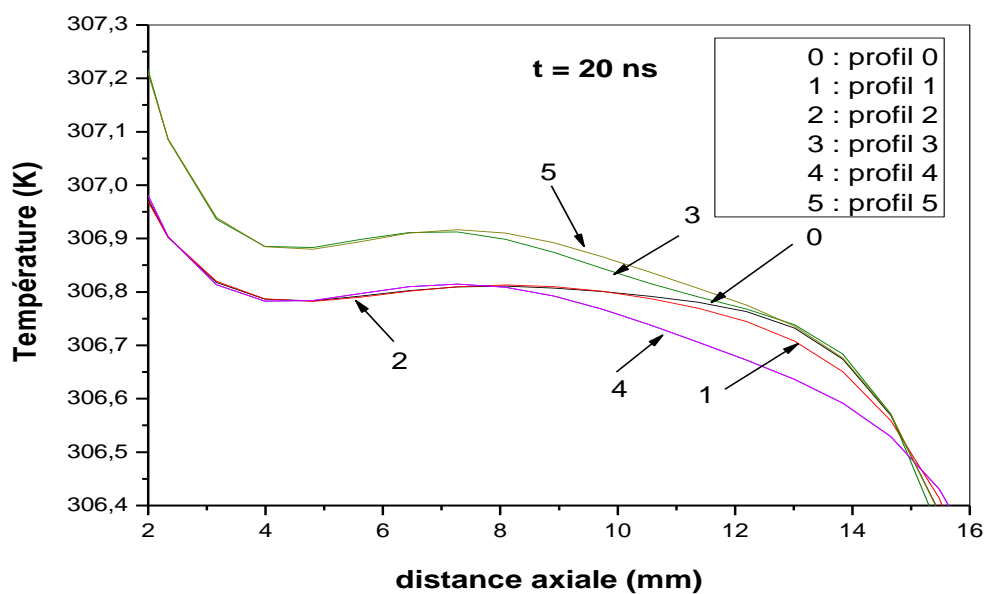


figure (IV.34) : distribution axiale de la température des neutres en fonction des profils pour t=20ns

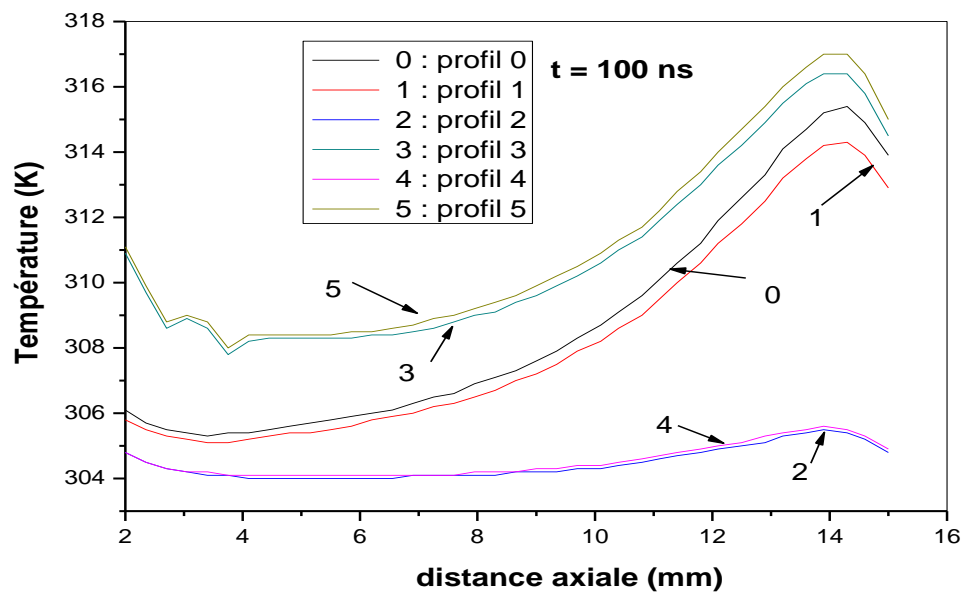


figure (IV.35) : distribution axiale de la température des neutres en fonction des profils pour $t=100$ ns

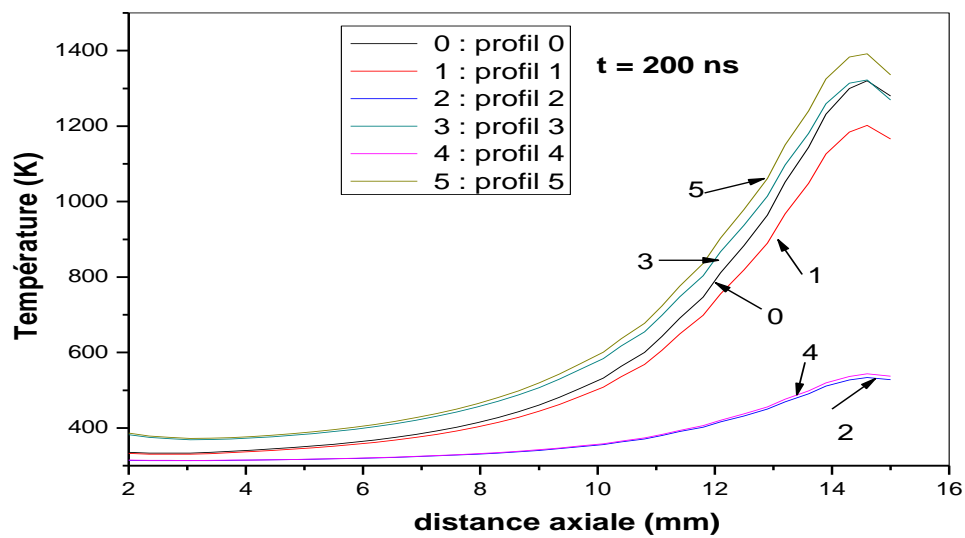


figure (IV.36) : distribution axiale de la température des neutres en fonction des profils pour $t=200$ ns

Les figures (IV.37) jusqu'à (IV.42) traduisent l'évolution radiale des cinq profils de la densité des particules neutres. Nous remarquons, que lorsque le mouvement des particules neutres devient important, les mouvements convectifs provoquent un dépeuplement. Ce dépeuplement est variable selon la position dans l'espace interélectrode, mais celui qui est le plus important se retrouve dans la région de la pointe ($z=12$ mm), et devient moins fort en $z=5$ mm (région médiane) et au voisinage du plan ($z=1$ mm). D'une façon générale, nous apercevons que le minimum de la densité demeure toujours sur l'axe ensuite augmente au fur et à mesure que nous éloignons de ce dernier et enfin diminue jusqu'à atteindre les limites du domaine d'étude.

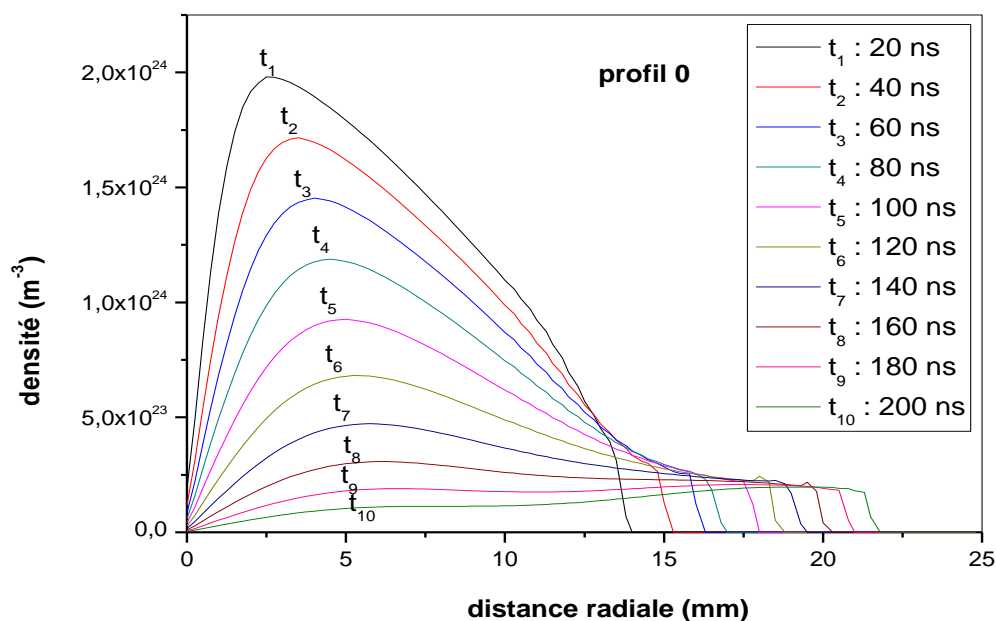


figure (IV.37) : distribution radiale de la densité des neutres en fonction du temps pour le profil 0

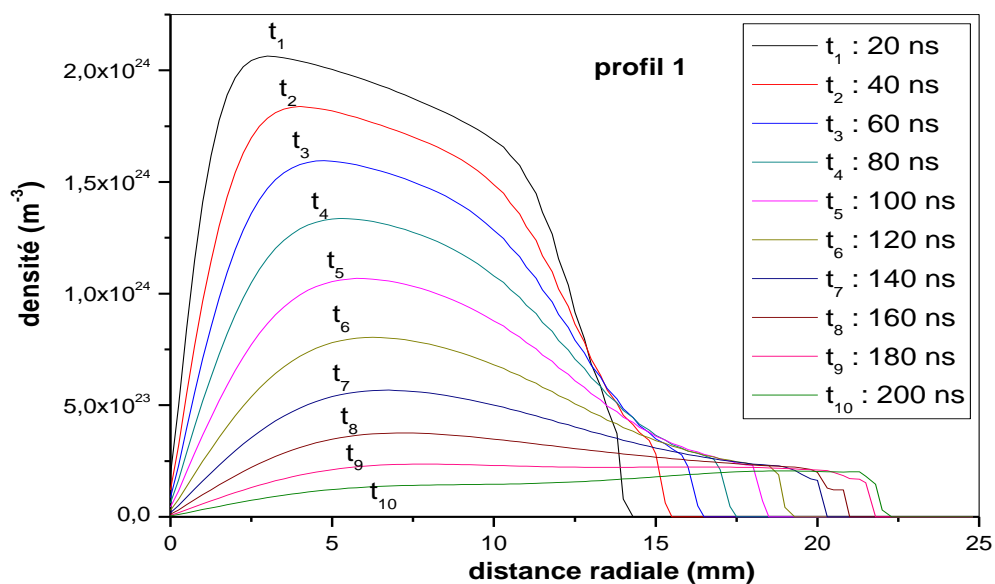


figure (IV.38) : distribution radiale de la densité des neutres en fonction du temps pour le profil 1

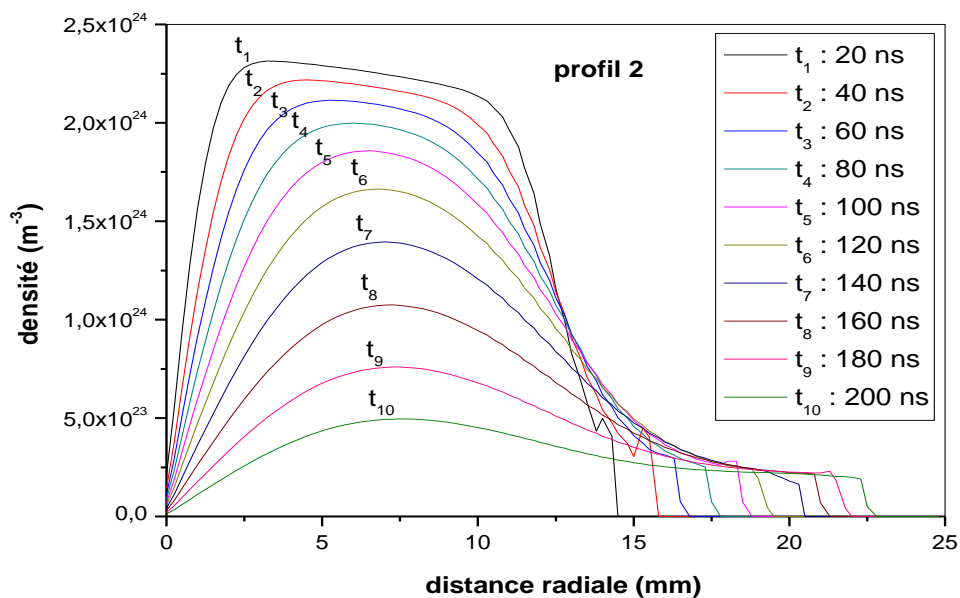


figure (IV.39) : distribution radiale de la densité des neutres en fonction du temps pour le profil 2

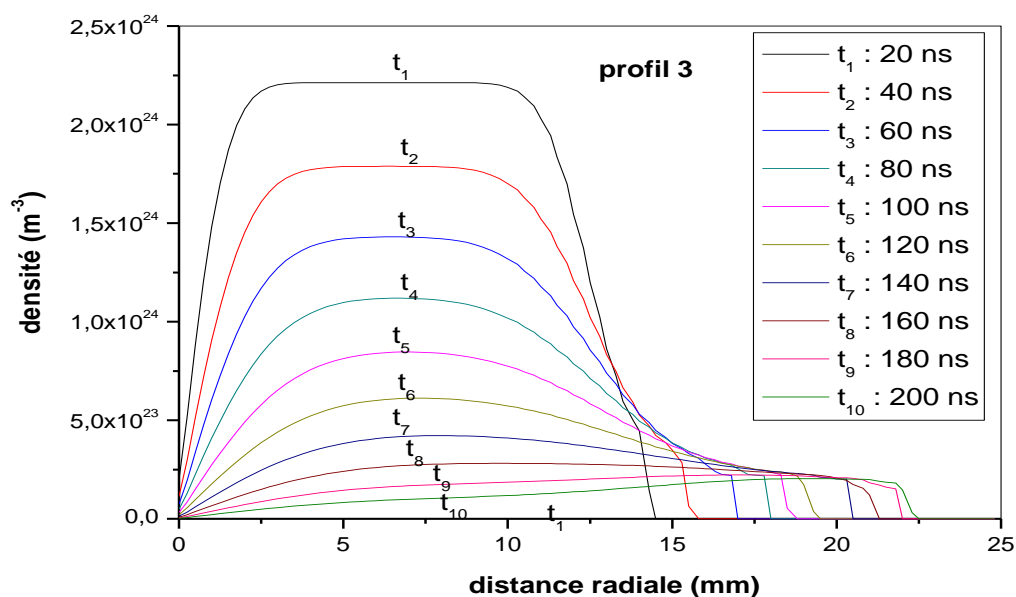


figure (IV.40) : distribution radiale de la densité des neutres en fonction du temps pour le profil 3

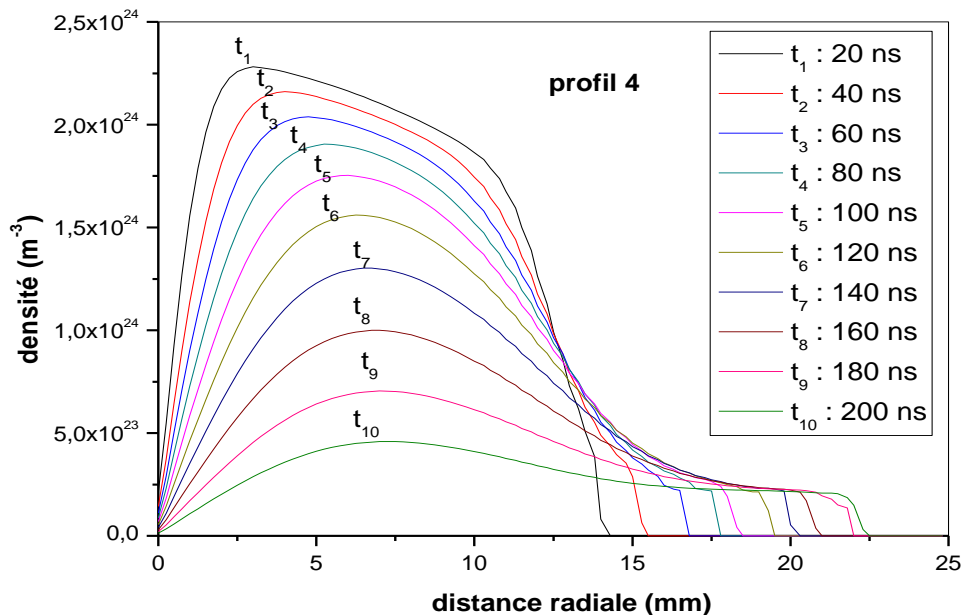


figure (IV.41) : distribution radiale de la densité des neutres en fonction du temps pour le profil 4

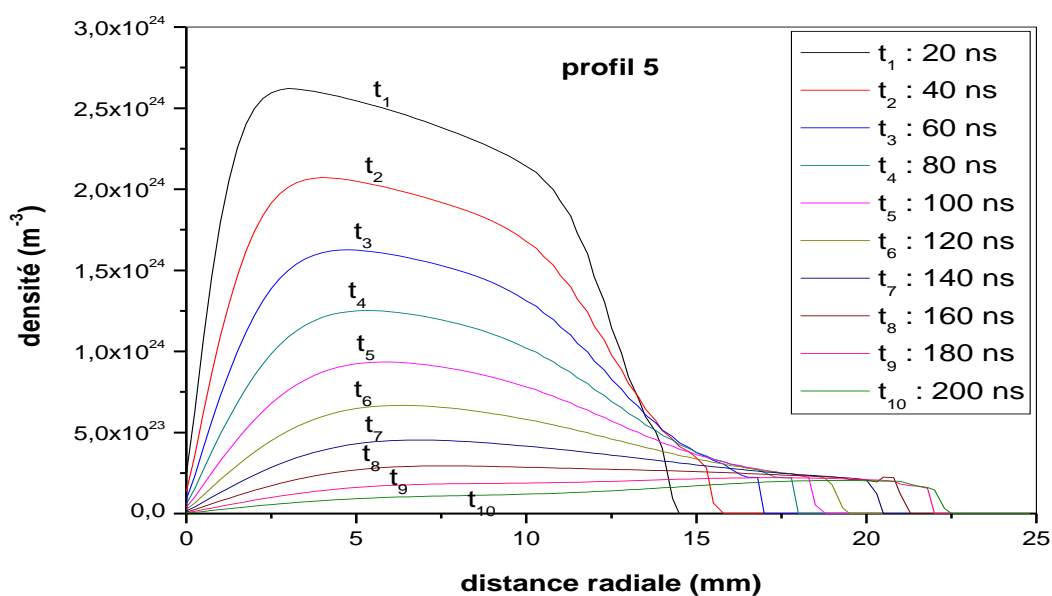


figure (IV.42) : distribution radiale de la densité des neutres en fonction du temps pour le profil 5

Pour comparer l'évolution de la densité des neutres en fonction du transfert d'énergie modélisé par les cinq profils, nous avons suivi cette évolution pour trois cas : 20 ns après le début de la décharge, puis à 100 ns enfin à 200 ns, c'est-à-dire à la fin de la décharge. Ces courbes sont représentées sur les figures IV.43, IV.44 et IV.45.

Une première observation sur ces courbes nous laisse penser que l'influence des profils d'énergie n'est pas la même durant toute la décharge. En effet, durant les premiers instants, ce sont les profils 3 et 5 qui marquent cette évolution alors que les trois autres profils ont peu d'influence sur la dynamique des neutres. Ensuite, vers 100 ns c'est le profil 2 qui rejoint les deux autres profils puis vers 200 ns, il influence tout seul de façon appréciable le mouvement des neutres.

Mais, si nous comparons la dynamique par rapport au profil de référence, nous pouvons dire que c'est le profil 1 qui suit à peu près l'allure du profil 0.

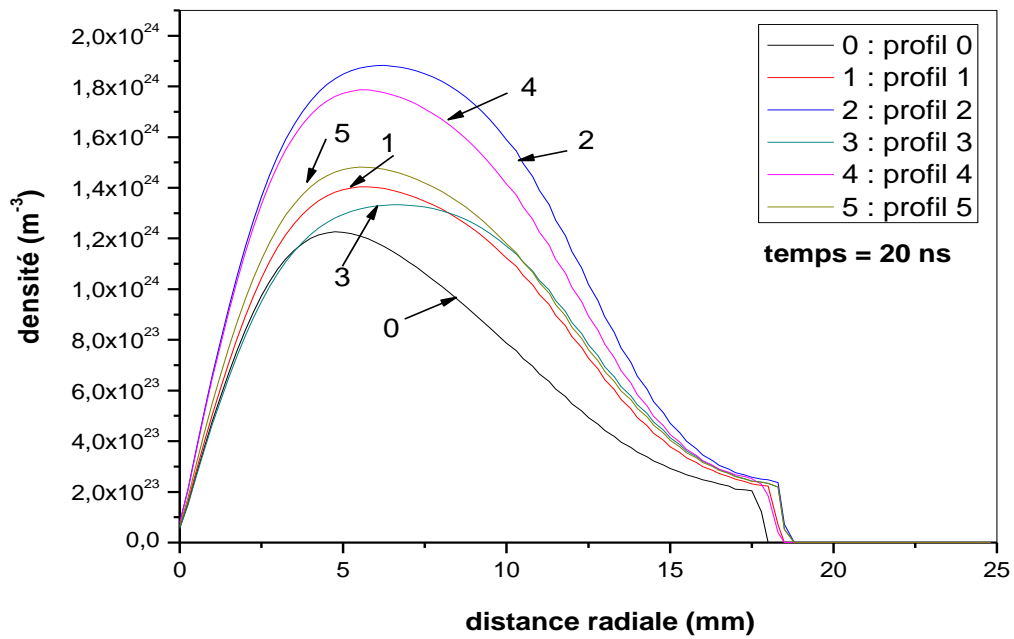


figure (IV.43) : distribution radiale de la densité des neutres en fonction des profils pour $t=20\text{ns}$

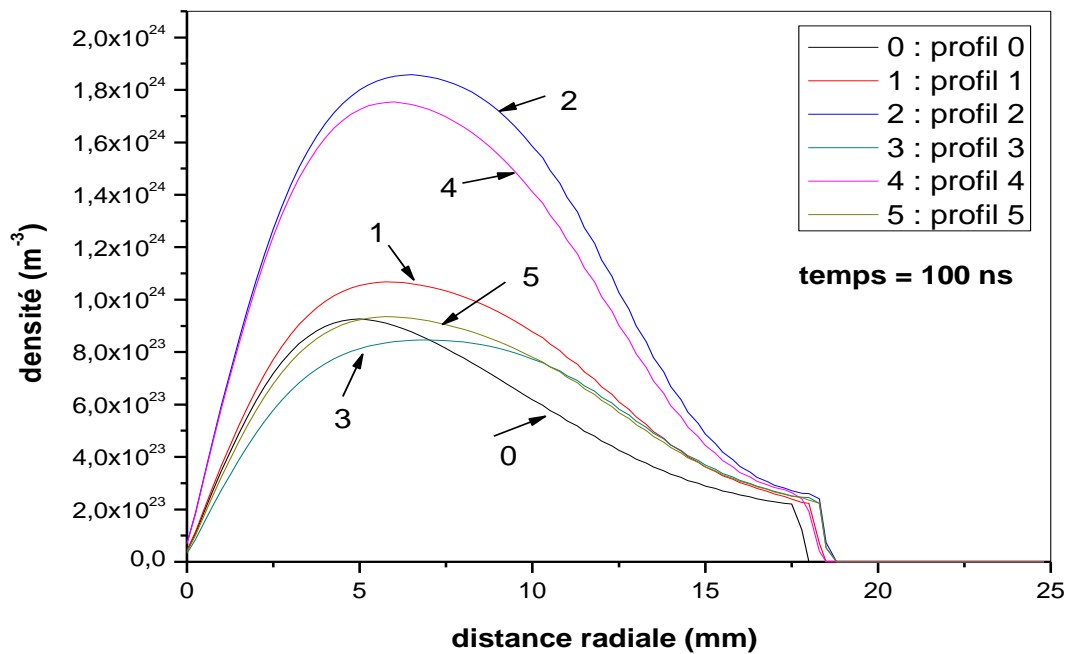


figure (IV.44) : distribution radiale de la densité des neutres en fonction des profils pour $t=100\text{ns}$

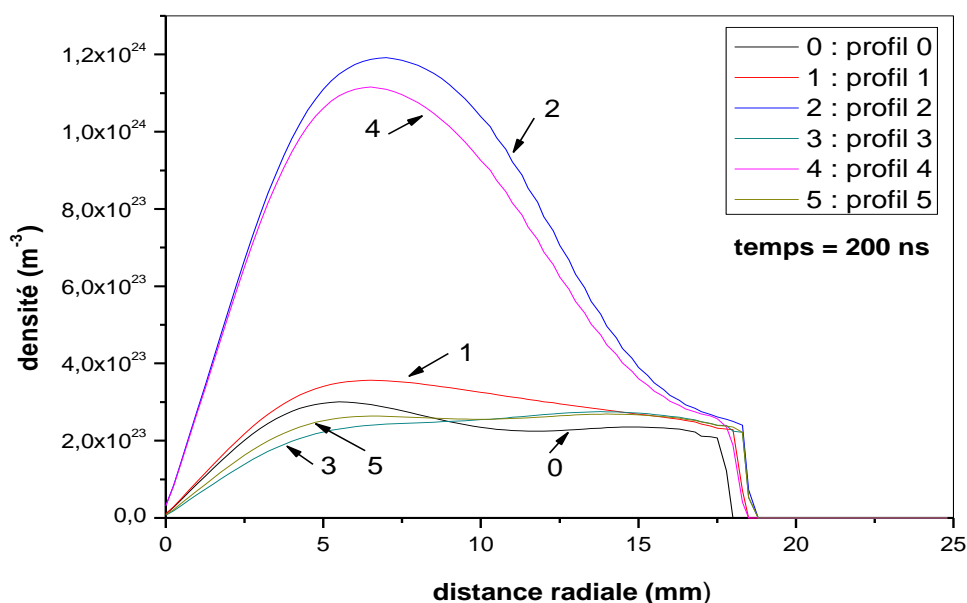


figure (IV.45) : distribution radiale de la densité des neutres en fonction des profils pour $t=200\text{ns}$

Ensuite, les courbes illustrées sur les figures ((IV.46) jusqu'à (IV.54), traduisent l'évolution radiale de la température et des cinq profils. Le dépeuplement, provoqué par les mouvements convectifs des neutres, modifie la répartition spatiale de la température, surtout au voisinage du plan.

Cela donne une température minimale en $z = 1 \text{ mm}$ (prés du plan) et une forte augmentation de température au cours du temps au voisinage de la pointe $z = 12\text{mm}$. Cela s'explique par le phénomène de conductivité thermique. Donc c'est sur l'axe de la décharge que le chauffage est le plus marqué, car l'énergie transférée depuis les particules chargées vers les neutres est plus grande sur l'axe qu'ailleurs.

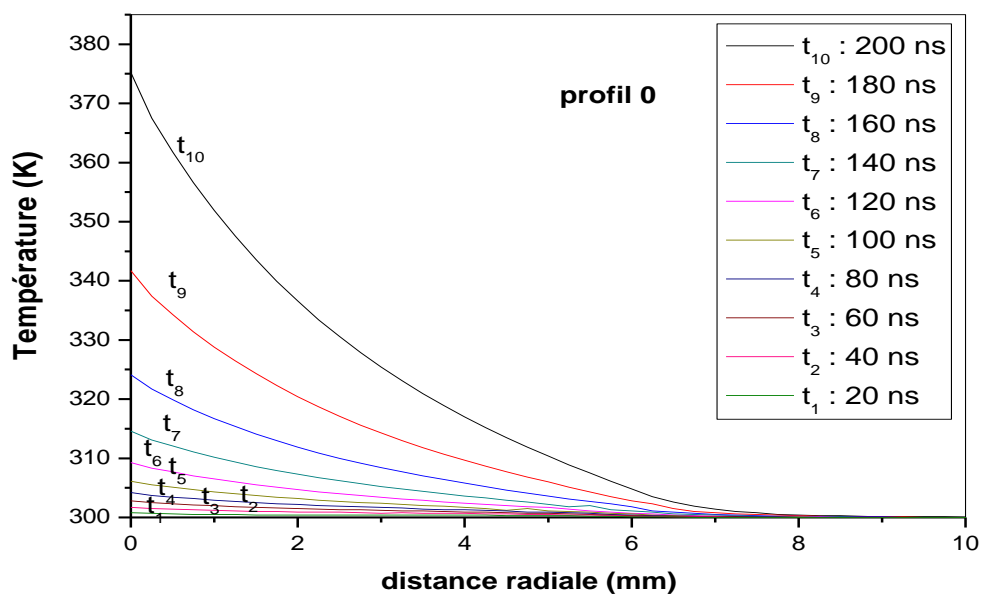


figure (IV.46) : distribution radiale de la température des neutres en fonction du temps pour le profil 0

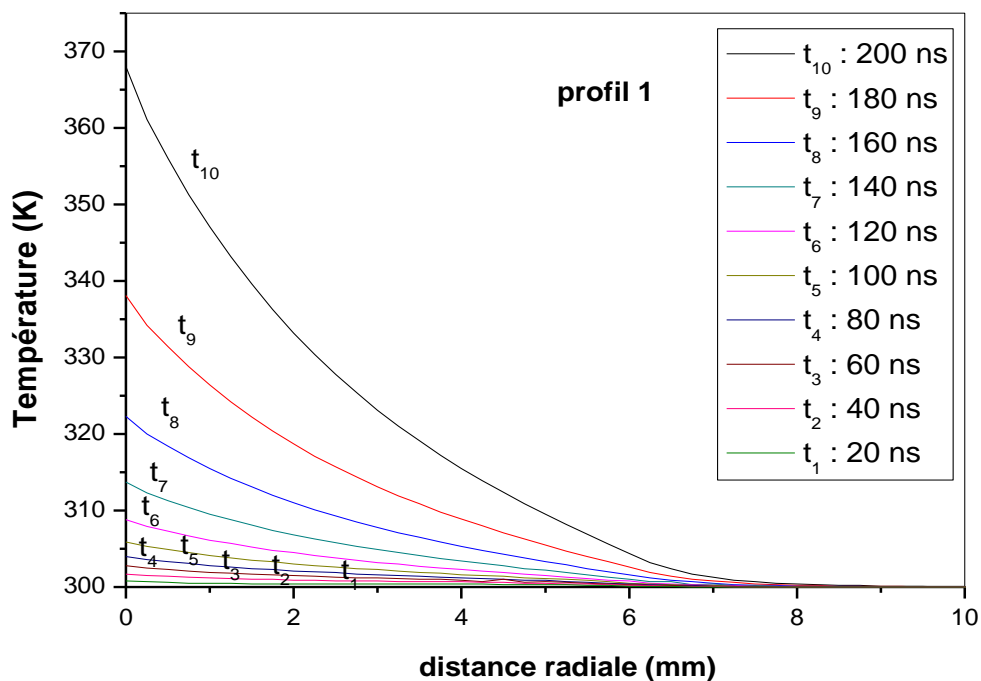


figure (IV.47) : distribution radiale de la température des neutres en fonction du temps pour le profil 1

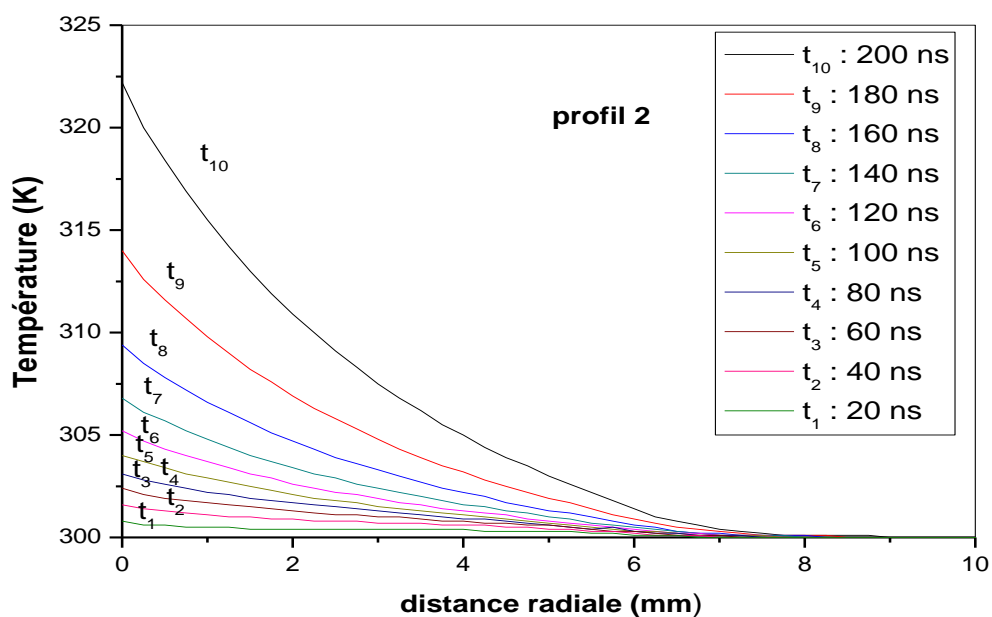


figure (IV.48) : distribution radiale de la température des neutres en fonction du temps pour le profil 2

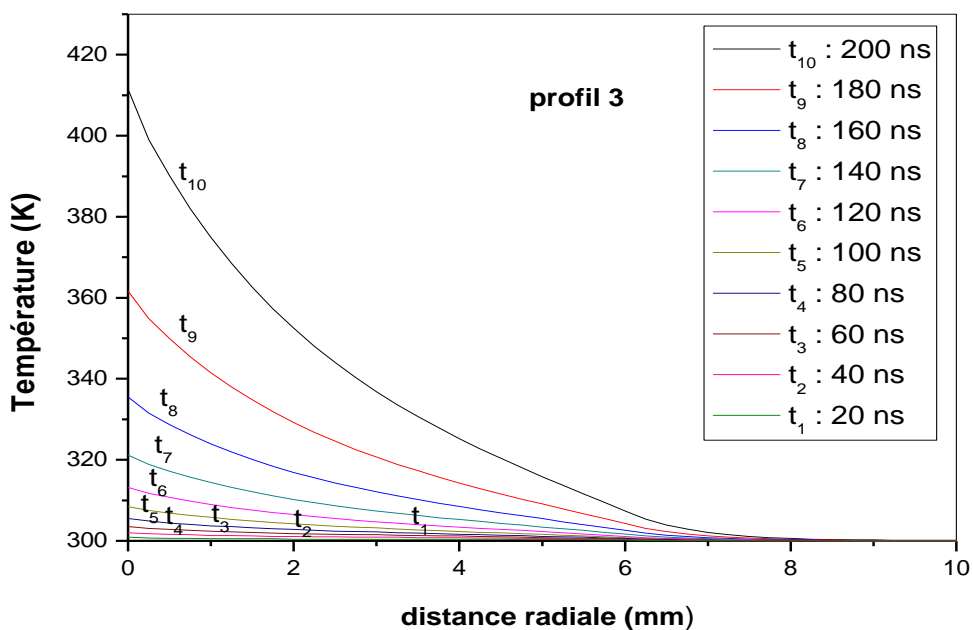


figure (IV.49) : distribution radiale de la température des neutres en fonction du temps pour le profil 3

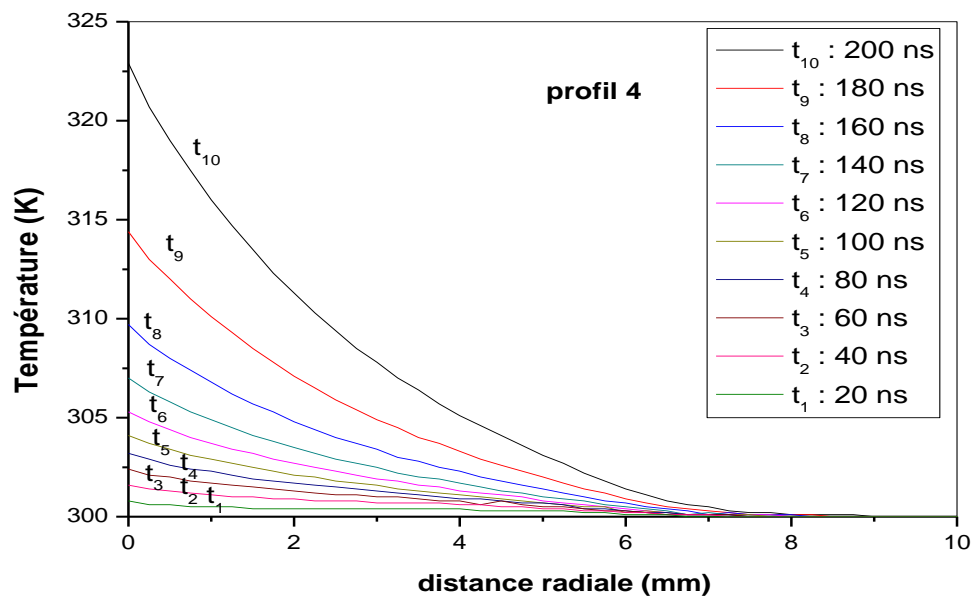


figure (IV.50) : distribution radiale de la température des neutres en fonction du temps pour le profil 4

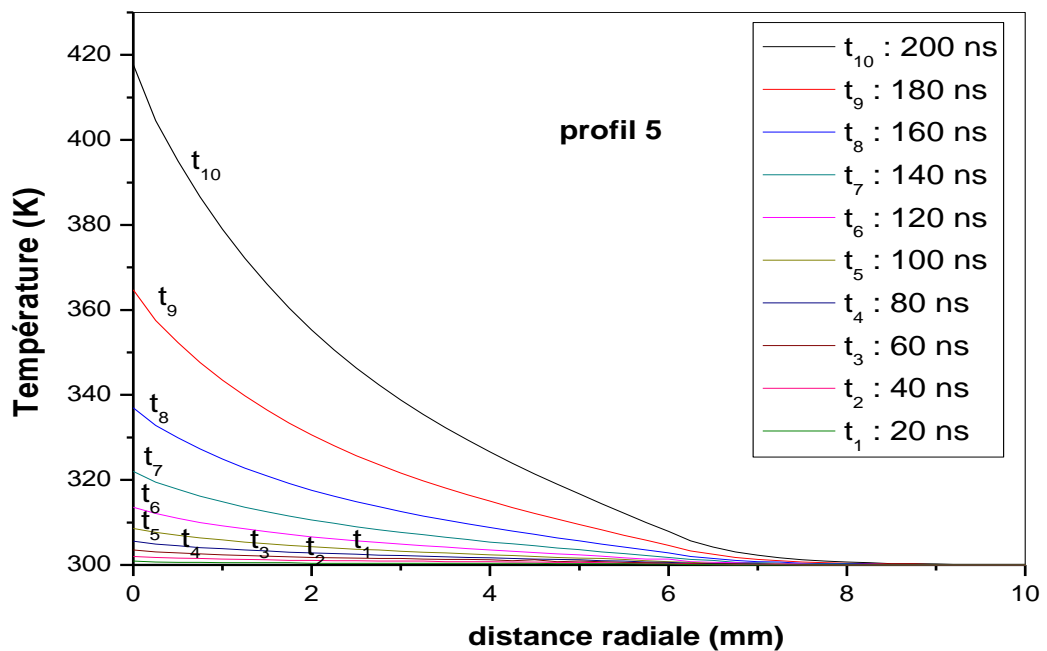


figure (IV.51) : distribution radiale de la température des neutres en fonction du temps pour le profil 5

Les courbes représentées sur les figures IV.52, IV.53 et IV.54 donnent une comparaison entre l'évolution de la température en fonction des profils et du temps. Nous remarquons qu'au début de la décharge le chauffage des neutres n'est pas très important pour l'ensemble des profils. Par contre l'influence des profils est différente, par exemple les profils 2 et 4 ont le même effet ; les profils 3 et 5 agissent eux aussi de la même façon et enfin seul le profil 1 semble suivre la même allure que celui de référence. Cette observation est valable pour les trois temps (20ns, 100ns et 200ns).

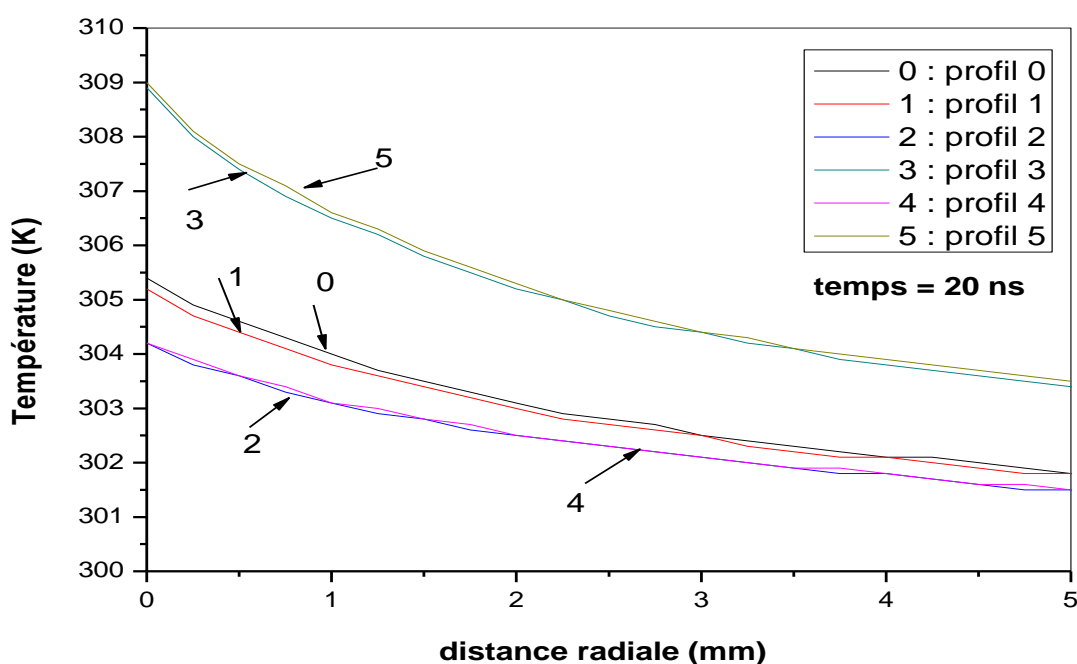


figure (IV.52) : distribution radiale de la température des neutres en fonction des profils pour t = 20ns

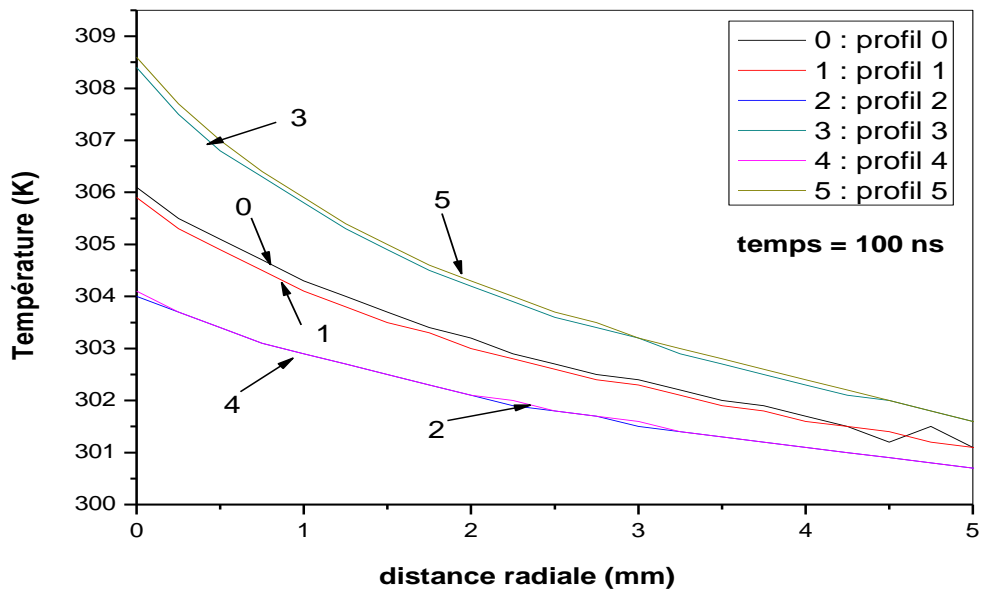


figure (IV.53) : distribution radiale de la température des neutres en fonction des profils pour $t = 100 \text{ ns}$

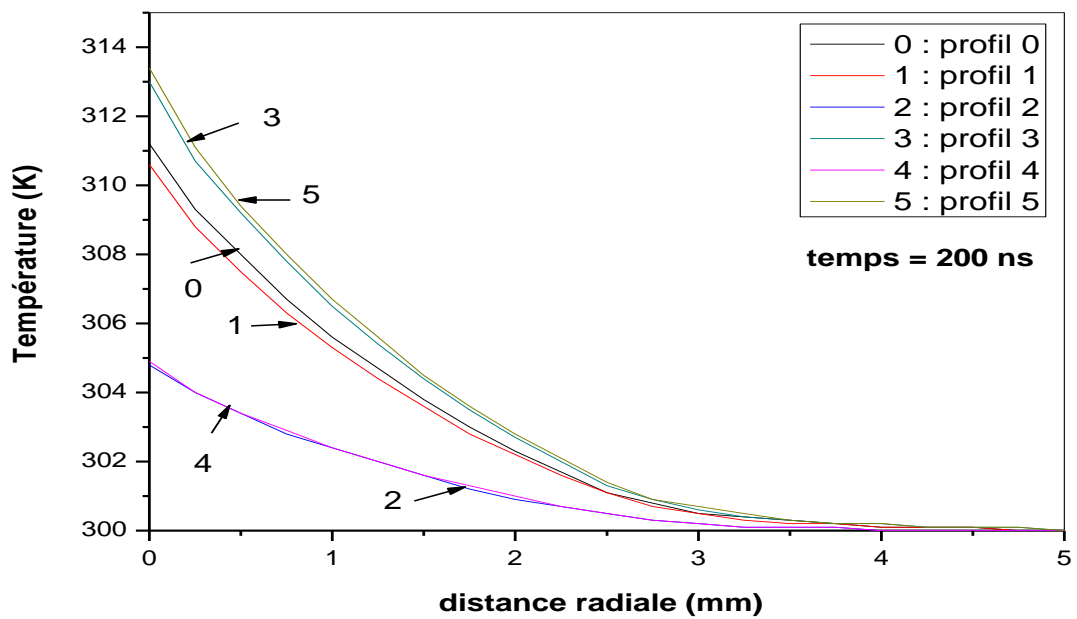
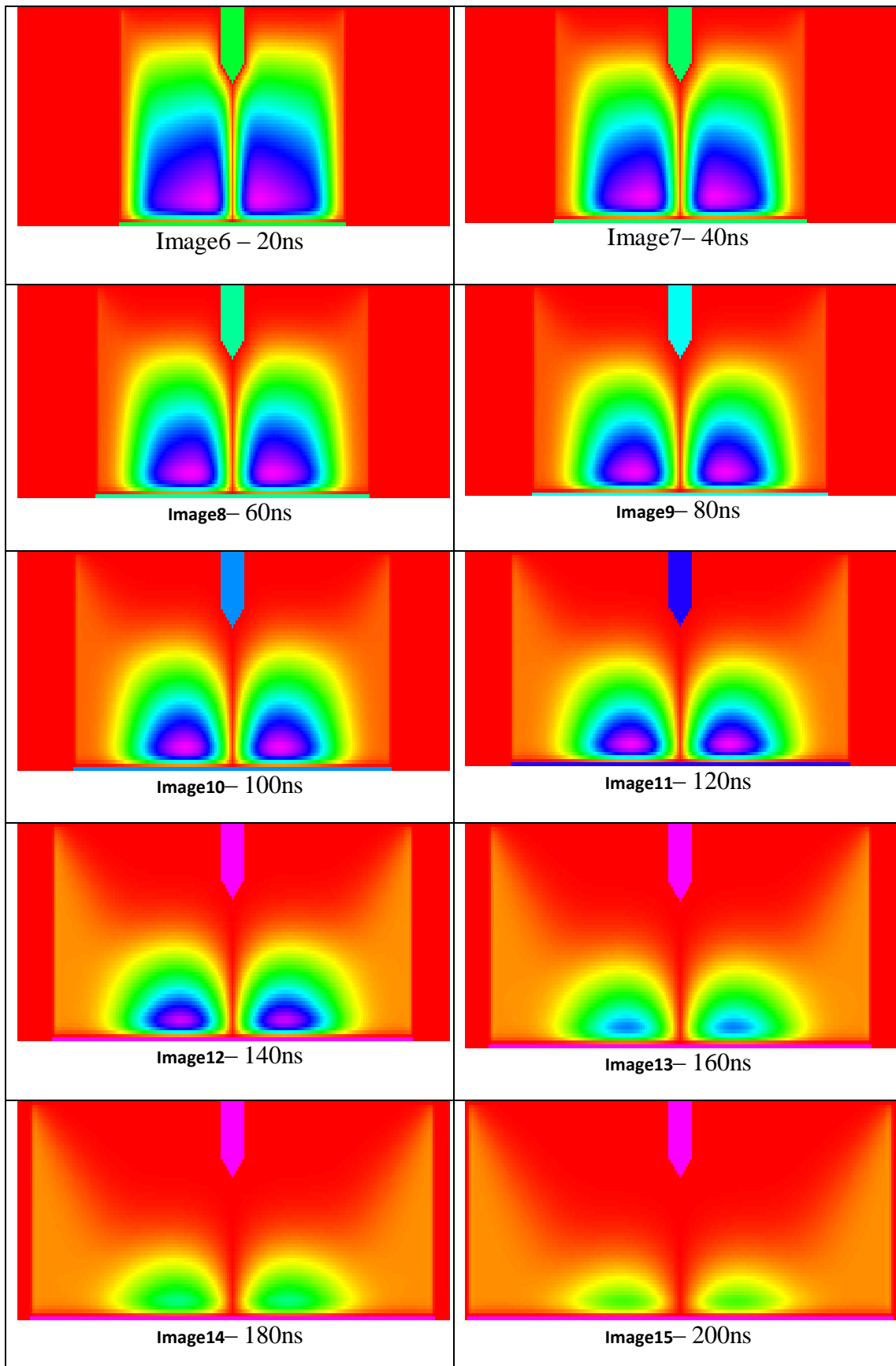
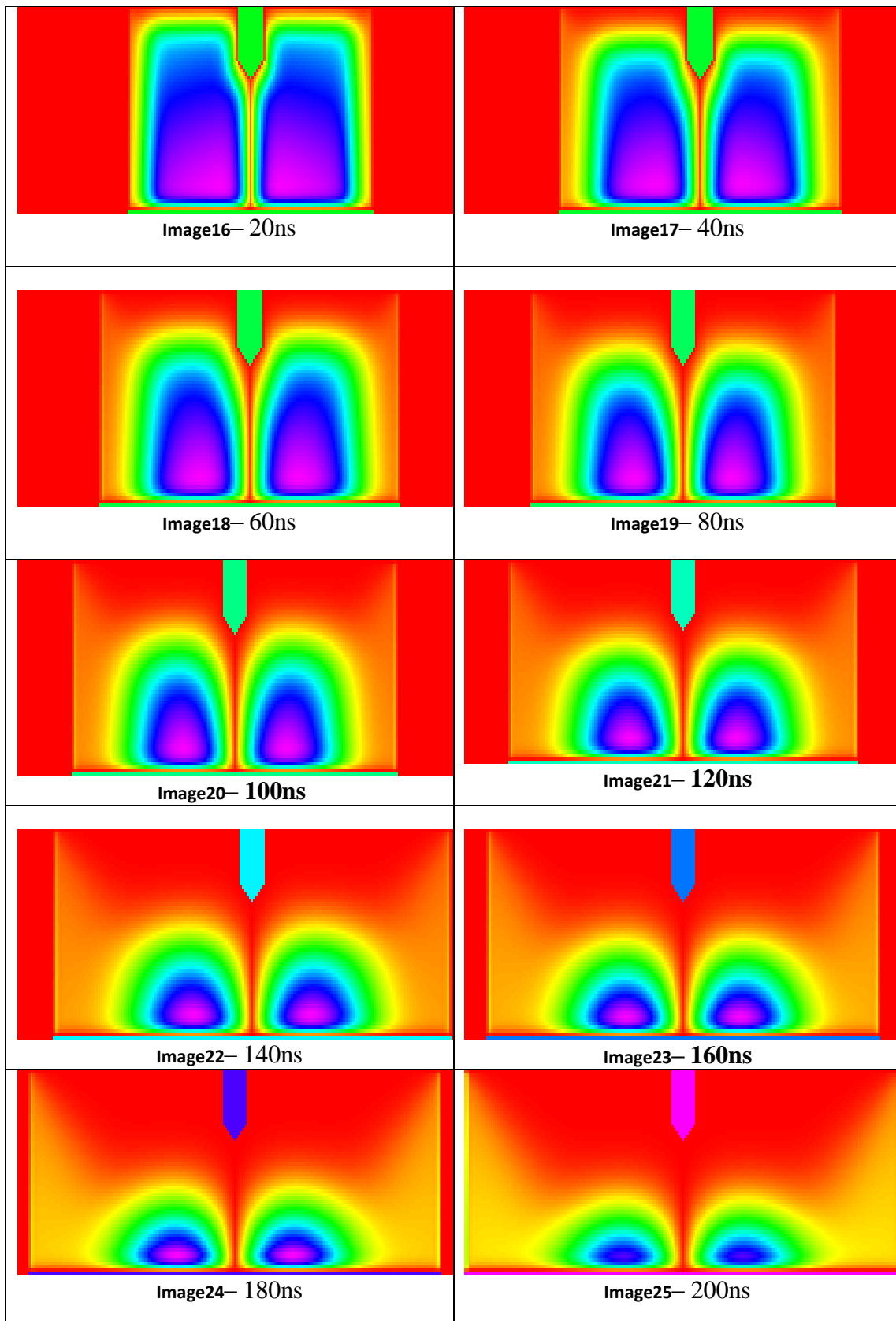


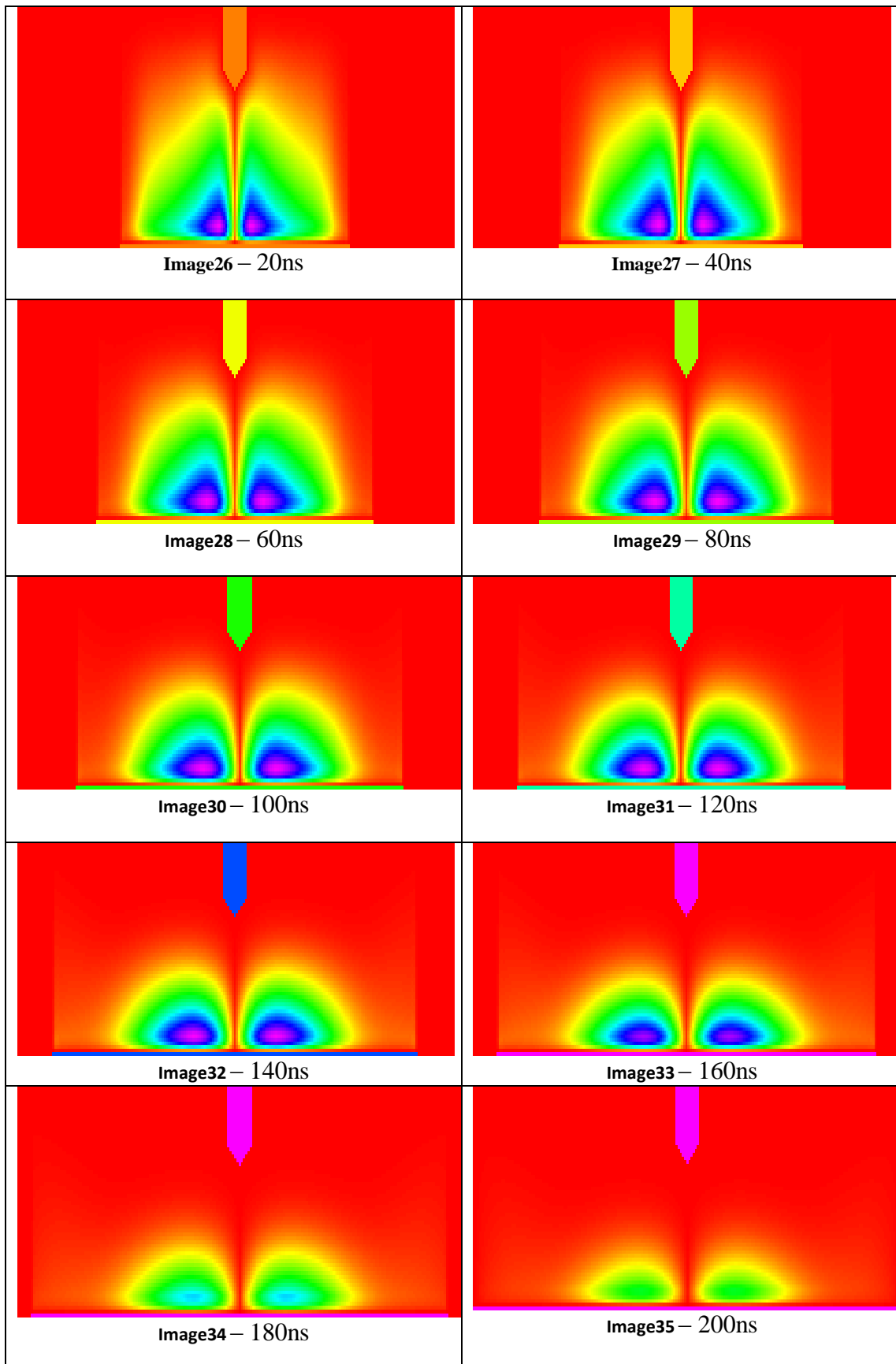
figure (IV.54) : distribution radiale de la température des neutres en fonction des profils pour $t = 200 \text{ ns}$



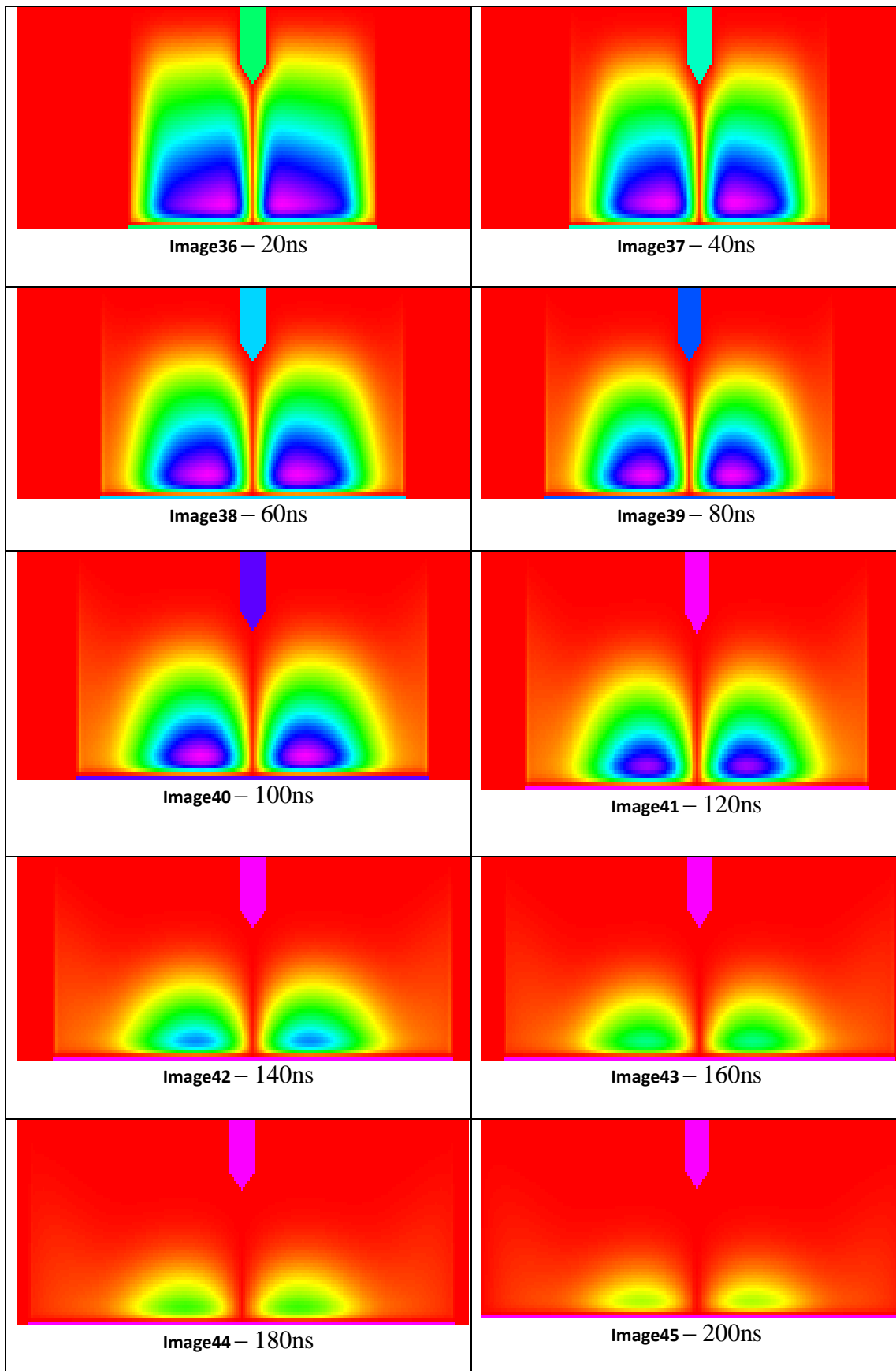
Images (6 - 15) représentant l'évolution de la densité des neutres pour le profil 1



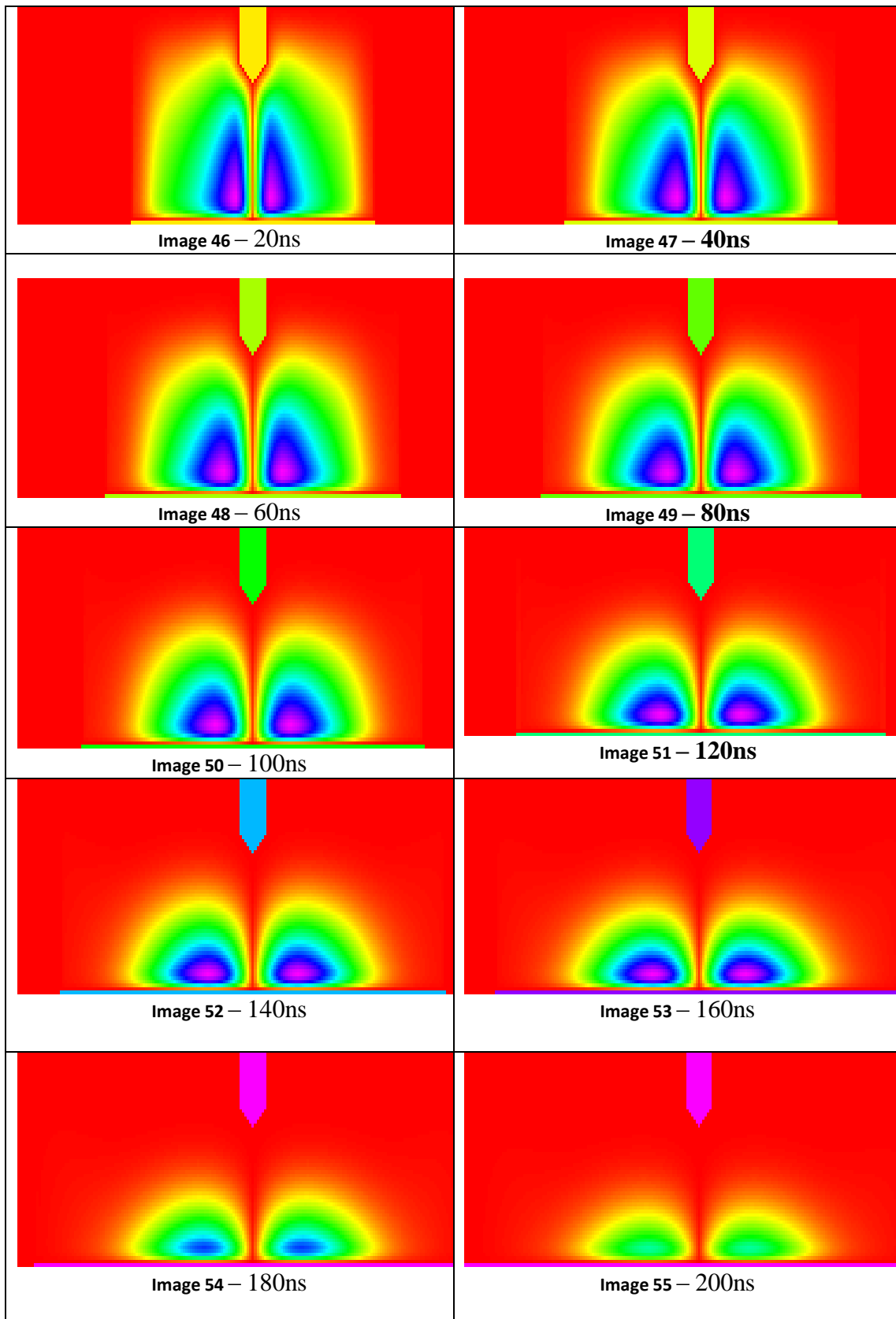
Images (16 - 25) représentant l'évolution de la densité des neutres pour le profil 2



Images (26 -35) représentant l'évolution de la densité des neutres pour le profil 3



Images (36 - 45) représentant l'évolution de la densité des neutres pour le profil 4



Images (46 - 55) représentant l'évolution de la densité des neutres pour le profil 5

IV- 4- Conclusion :

Comme conclusion à ce chapitre, nous observons une croissance de la température due au chauffage provoqué par l'interaction avec les particules chargées, ce qui entraîne une diminution de la densité des neutres. En effet, dès que le chauffage du gaz est suffisant, le dépeuplement apparaît sur un domaine suffisamment important, tel que la valeur moyenne du rapport $E(r, z, t)/N(r, z, t)$ (champ électrique sur densité des neutres) dépasse la valeur critique à partir de laquelle le phénomène d'ionisation prend naissance. Nous constatons que le dépeuplement des particules neutres est fonction de transfert d'énergie entre particules chargées et neutres, du chauffage du gaz, et des effets convectifs qui en résultent. Ce phénomène de dépeuplement se produit là où les valeurs du champ réduit sont les plus élevées et là où l'interaction particules chargées particules neutres prend son ampleur, donc à la pointe, car le chauffage est important dans cette région à cause de l'interaction avec les particules chargées. Cela exprime le fait que le dépeuplement est plus fort à la pointe

Pour compléter l'analyse, nous avons représenté les distributions spatio temporelles en image (image6 jusqu'à image55) de la densité des neutres pour les cinq profils. Sur ces images nous observons les différentes évolutions des densités pendant 200 ns. L'ensemble des résultats obtenus montre que le transfert d'énergie entre les particules chargées et le gaz neutre peut être modélisé par le profil 1, c'est-à-dire la fonction mathématique variant en cosinus radialement et axialement. Ce profil est mieux adapté à la situation étudiée que les autres profils : gaussien, exponentiel, logarithmique, etc..