

- Pour les valeurs de  $F_0$  et  $F_2$  de la région (II), il y a apparition graduelle (transitions du 2ème ordre) de magnétisme de spin, puis de magnétisme orbital, quand  $E_{OF}$  diminue.

- Dans la région (III), il n'existe que du magnétisme de spin (moment orbital bloqué) et la transition est du 2ème ordre. Ce cas correspond exactement aux conditions :

$$\text{pour un état p } (\ell = 1) \quad F_0 - \frac{F_2}{5} < \pi \Delta < F_0 + \frac{2F_2}{5} \quad (41.a)$$

$$\text{pour un état d } (\ell = 2) \quad F_0 + \frac{F_2}{7} < \pi \Delta < F_0 + \frac{2F_2}{7} \quad (41.b)$$

$$\text{pour un état f } (\ell = 3) \quad F_0 + \frac{F_2}{5} < \pi \Delta < F_0 + \frac{4F_2}{15} \quad (41.c)$$

- Enfin, dans la région IV, la solution n'est plus magnétique, quelle que soit la valeur de  $E_{OF}$ .

Dans le cas limite où  $F_0$  et  $F_2$  sont très grands par rapport à  $\Delta$ , la solution des équations self-consistantes est très semblable à celle obtenue dans le cas doublement dégénéré d'orbite : on obtient de grands intervalles en énergie de l'ordre de  $F_0$  où l'impureté reste dans une configuration  $\ell^n$  avec un nombre total d'électrons pratiquement entier, ce qui correspond à des plateaux dans la courbe de  $N$  avec  $E_{OF}$ . Entre ces intervalles,  $N$  augmente d'une unité sur un petit intervalle de l'ordre de quelques  $\Delta$  en énergie. Ces transitions correspondent au remplissage successif des orbitales de  $\sigma = 1/2$  et de  $m = -\ell, -\ell+1 \dots +\ell$ , puis au remplissage des  $(2\ell+1)$  autres orbitales de  $\sigma = -1/2$ .

### 3.3.3. - Influence du couplage spin-orbite.

Jusqu'à présent, nous avons négligé le couplage spin-orbite. Il est cependant important pour les métaux lourds comme par exemple les métaux de transition de la 2ème et de la 3ème série et les métaux de terres rares. On introduit donc dans l'Hamiltonien (6) le terme supplémentaire :

$$H_{SO} = \sum_i \xi(r_i) \vec{\ell}_i \cdot \vec{s}_i \quad (42)$$

où  $\vec{\ell}_i$  est le moment orbital et  $\vec{s}_i$  est le moment de spin de chaque électron.