Propriétés magnétiQ (Casalot p 315)

* De nombreux composés ont des propriétés magnétiQ intéressante, cela peut avoir des intérêt par certaines applications (téléphones)
  ↳ on peut parfois avoir des infos sur les structures électroniQ.

* Faraday en 1840 montre que tout les matériaux, soumis à un champ $\vec{B}$ acquiert une aimentation $\vec{\mathcal{M}}$
  - Elle provient du mvmt des électrons
  - des spins des $e^{\ominus}$ célibataires.

↳ $$\vec{\mathcal{M}} = \left(\frac{1}{\mu_0} - \frac{1}{\mu} \right) \vec{B}.$$

- On introduit souvent l'excitation magnétiQ $\vec{H}$:

$$\vec{H} = \frac{1}{\mu_0} \vec{B} - \vec{\mathcal{M}}$$

- On peut aussi relier l'aimentation à l'excitation

$$\vec{\mathcal{M}} = \chi \vec{H}$$ avec χ la susceptibilité du milieu

$$\Rightarrow \boxed{\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{\mathcal{M}}) = \mu_0 (1 + \chi) \vec{H} = \mu_0 . \mu_r \vec{H}}$$

* On peut différencier les matériaux en fonction de χ (ou μ_r)

  - $\chi \lesssim 0$: diamagnétiQ : toujours présent : $\chi \simeq -10^{6}\ cm^3.mol^{-1}$
  - $\chi > 0$: paramagnétiQ

=> Substance attirée par champs forts est paramagnétiQ

=> Substance repoussée " - " diamagnétiQ

* Composés diamagnétiQ (cf Casalot p 317)

- $$\boxed{\chi_D = - \mu_0 \cdot \frac{e^2}{6 m_e} \mathcal{N}_a Z^* \bar{r}^2}$$ en $m^{-3}.mol^{-1}$

avec $\begin{cases} Z^* \text{ le nombre d'}e^\ominus \text{ dans l'atome } (Z^* = Z - \sigma) \\ \bar{r} \text{ la distance moyenne d'un } e^\ominus \text{ au centre} \end{cases}$

- Pour un composé diamagnétiQ
  - χ_D est indépendant de T
  - $\chi_D < 0$: charges élec s'opposent au champ (loi Lenz)
  - Diamagnétisme dans tous les composés
  - Pour un matériaux composé $\chi_D = \sum_i \chi_{Di} + I_{structure}$
    ↳ cf valeur dans Casalot p 317

* Composés ParamagnétiQ

- Il faut que le moment orbital ou de spin soit non nul
  ↳ effet ⊕ important que le diamagnétisme.
- Les dipôles magnétiQ s'orientent parallèlement au champ
  ↳ quand on augmente T, l'agitation "casse cette orientation"
- Curie a montré empiriQ^t :

Loi de Curie : $\boxed{\chi_p = C/T}$

avec $$\boxed{C = \mathcal{N}_a \cdot \frac{\mu_0 \mu_B^2}{3 k_B}}$$ pour un $e^\ominus$ seul, libre

* Lorsque les atomes sont suffisament proches (materiaux)

il y a des interactions qui vont modifier les moments individuels

↳ $\vec{B}_{tot} = \vec{B} + \vec{B}_{md} = \mu_0 (\vec{H} + \omega \vec{M})$

avec ω le coeff de champ moleculaire

=> $(T - \omega C)\vec{M} = C\vec{H}$

↳ On definit la temperature de Curie $T_c = \omega C$.

=> $\boxed{\chi_m = \frac{C}{T - T_c}}$ Loi de Curie Weiss.

↳ On voit apparaître de nouvelles priorités :

* Ferromagnetisme. (Casalat p 326 valeurs)

- C'est le cas où $T < T_c$

↳ on peut avoir un champ $\vec{B}_{md}$ même sans champ $\vec{B}$

$$\vec{B}_{md} = \frac{k_B T_c}{\mu_0 \mu_B}$$

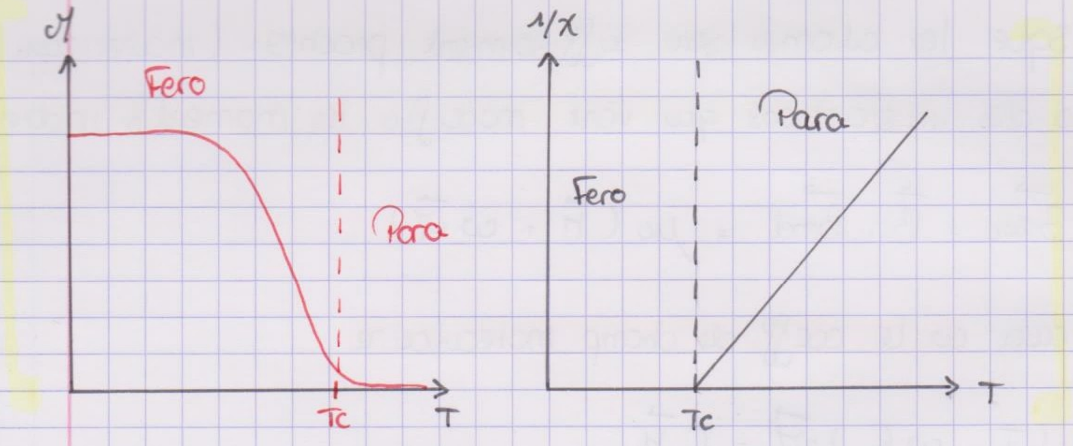
↳ par des composés tres ferromagnétiQ $B_{md} \simeq 1{,}5\ 10^3\ T$ (Fe)

- Ces composes sont des aimants permanents pour $T < T_c$
- A grande echelle on a des domaines limites où les atomes interagissent

↳ cf " Domaine de Weiss "

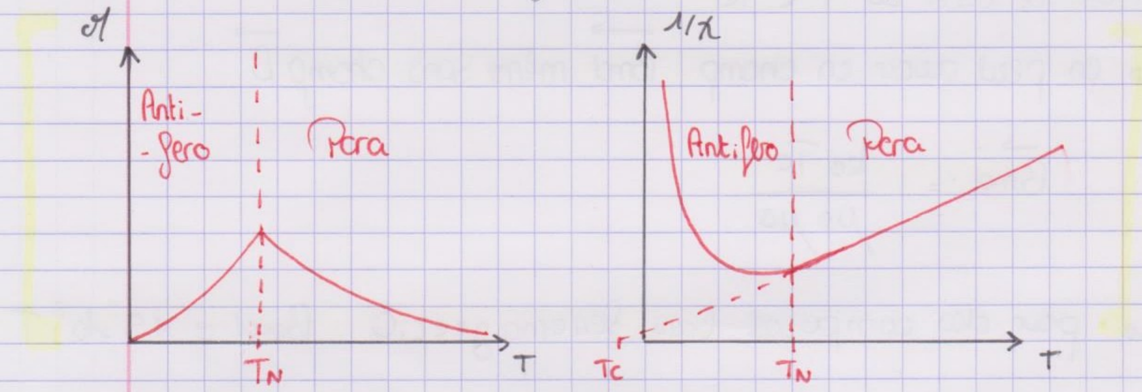
- Quand on dépasse T_c, les spins perdent leur coherence

↳ paramagnetisme



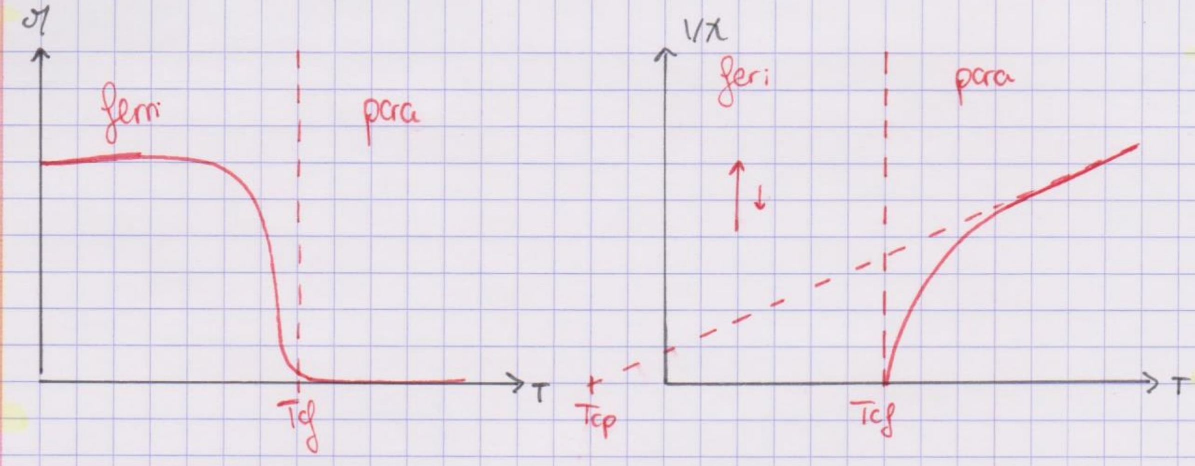
* Antiferromagnetisme (casalot p 327 valeurs)

- MicroscopiQ^t les spins sont antiparallèles (cf "Fantiferromagnitisme")
- Les spins dans un sens et l'autre sont egaux
  ↳ $N_1 S_1 = N_2 S_2$
  ↳ pas d'aimentation spontannée
- En augmentant T on decouple les spins 2 à 2 => magnétisme
- Au delà de T_N (Neel) l'agitation thermiQ trp forte => paramagnétisme



* Ferrimagnetisme

- Même chose mais avec des spins non egaux ($N_1 S_1 \neq N_2 S_2$) ("Ferrimagnétisme")
  ↳ aimentation spontannée (moins grande que par fero)
- Même comportement que Ferromag
  ↳ Souvent spinelles ou grenats



⇒ cf "Recapitulatif magnetisme"

* En regardant l'effet Zeeman (cf cour M Verot) on peut trouver la formule de Von Vleck pour avoir χ

* Cela peut nous permettre de connaître le nombre d'$e^{\ominus}$ celibataire dans un complexe avec : (cf BUP n° 908, Nov 2008, 2e cahier)
  - Balance Gouy : Aimant fixe ⇒ echantillon bouge ⇒ chg^t masse
    ↳ $\Delta m > 0$ paramag
  - Balance d'evans : Echantillon fixe ⇒ aimant bouge.
  - On mesure $\boxed{\dfrac{\mu_{eff}}{\mu_B} = \sqrt{N(N+2)}}$

    avec N le nbre d'$e^{\ominus}$ celibataire

⚠ il faut : $\begin{cases} \text{moment orbital du fondamental nul } (L = 0) \\ \text{etat excites loin en energie (negligeable)} \end{cases}$

↳ Sinon $\left[\dfrac{\mu_{eff}}{\mu_B} = \left(1 + \dfrac{J(J+1) + S(S+1) - L(L+1)}{2J(J+1)}\right)\sqrt{J(J+1)} \right]$

↳ pour $L = 0$ $\dfrac{\mu_{eff}}{\mu_B} = 2\sqrt{S(S+1)} = \sqrt{N(N+2)}$