

25.11.97

Condensation de Bose-Einstein d'atomes alcalins
ultrafroids et piégés - Premières observations expérimentales

(VI-1)

Buts de ce cours :

Passer en revue et décrire de manière succincte les premières mises en évidence expérimentales de la condensation de Bose-Einstein sur des milieux dilués (gaz d'atomes alcalins ultrafroids et piégés)

La plupart des effets observés peuvent être interprétés, au moins de manière qualitative, au moyen de la théorie de la condensation de Bose-Einstein d'un gaz de bosons sans interactions décrite précédemment. D'autres expériences ont été réalisées depuis, mettant en évidence des effets liés aux interactions entre bosons. Elles seront décrites et analysées dans des cours ultérieurs.

Plan

- 1 - Généralités : Transparents T1 à T4
Séquence expérimentale - Evaporation RF
- 2 - Expériences sur le rubidium (Boulder) : Transparents T5 à T13
- 3 - Expériences sur le sodium (MIT) : Transparents T14 à T22
- 4 - Expériences sur le lithium (Texas) : Transparent T23

Références (suite des pages I-11, II-10, V-8)

- 18 - D. Pritchard, K. Helmerson, A. Martin, in *Atomic Physics 11*, ed. by S. Haroche, J.C. Gay, G. Grynberg, (World Scientific, 1989), p. 179
- 19 - M. Anderson, J. Ensher, M. Matthews, C. Wieman, E. Cornell, *Science*, 269, 198 (1995)
- 20 - C. Wieman, E. Cornell, D. Jin, J. Ensher, M. Matthews, C. Myatt, E. Burt, R. Christ, in *Atomic Physics⁽¹⁵⁾*, ed. by H. van Linden van den Heuvell, J. Walraven, M. Reynolds (World Scientific, 1997), p. 132
- 21 - J. Ensher, D. Jin, M. Matthews, C. Wieman, E. Cornell, *Phys. Rev. Lett.* 77, 4984 (1996)
- 22 - K. Davis, M.O. Mewes, M. Andrew, N.J. van Druten, D. Durfee, D. Kurn, W. Ketterle, *Phys. Rev. Lett.* 75, 3969 (1995)
- 23 - C. Townsend, N.J. van Druten, M. Andrews, D. Durfee, D. Kurn, M.O. Mewes, W. Ketterle, in *Atomic Physics 15* (même référence qu'en 20), p. 192
- 24 - M.O. Mewes, M. Andrews, N.J. van Druten, D. Kurn, D. Durfee, W. Ketterle, *Phys. Rev. Lett.* 77, 416 (1997)
- 25 - C. Bradley, C. Sackett, J. Tollett, R. Hulet, *Phys. Rev. Lett.* 75, 1687 (1995)
- 26 - C. Bradley, C. Sackett, P. Hulet, *Phys. Rev. Lett.* 78, 985 (1997)

VI-2

T1

Séquence temporelle d'une expérience

1. Refroidissement et piégeage laser d'atomes dans une mélasse ou un piège magneto-optique (à partir d'un jet ralenti ou d'une vapeur)

$T \sim \text{quelques } \mu\text{K}$, $N \sim 10^7 \text{ à } 10^8 \text{ atomes}$

2. Coupage des faisceaux laser et branchement d'un piège magnétique
Adaptation des volumes de piégeage
Compression du piège magnétique

3. Evaporation radiofréquence.

On diminue lentement ω_{rf} pour rester à la valeur optimale de $\eta = E_t/kT$

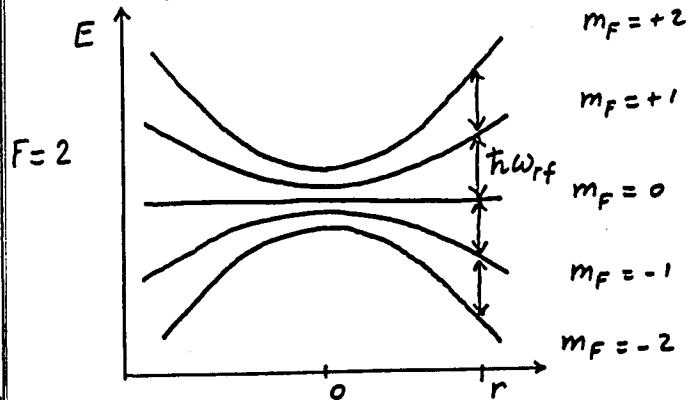
4. Détection optique de la distribution de position et de vitesse, après une phase d'expansion ballistique pour augmenter la taille du nuage atomique

Absorption ou dispersion

T2

Evaporation radiofréquence (ref 18)

Energie des sous niveaux $|F, m_F\rangle$ dans un champ $\vec{B}_0$ inhomogène (piège)



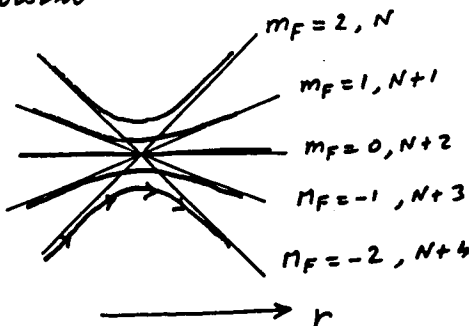
L'écart entre sous-niveaux $m_F, m_F \pm 1$ est résonnant avec un champ RF de fréquence ω_{rf} en tous les points r d'une surface. En ces points, transferts de l'atome des sous-niveaux piégeants $m_F = +1, +2$ vers les sous-niveaux non piégeants.

Possibilité de choisir la valeur de ω_{rf} , de balayer ω_{rf} au cours de l'évaporation.

Niveaux "habillés" et surfaces de potentiel adiabatiques

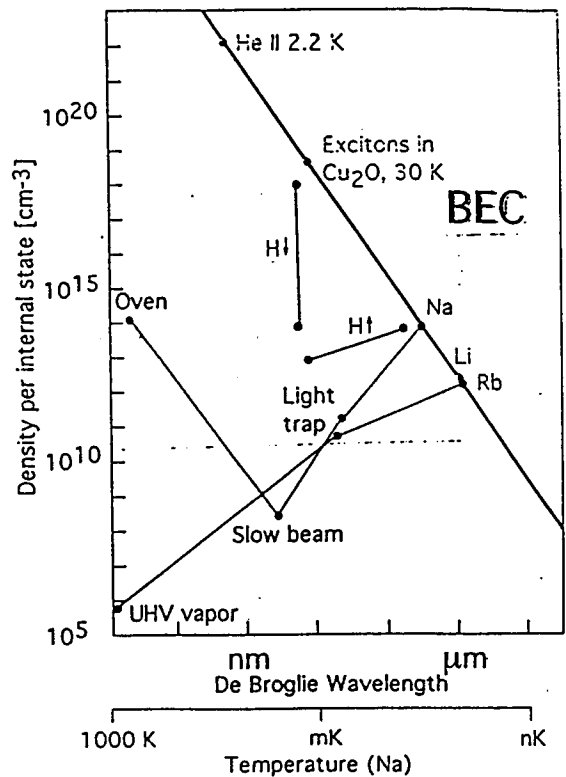
- Au voisinage du point r où le champ RF est résonnant, les énergies des sous-niveaux $|m_F=2, N\rangle, |m_F=1, N+1\rangle, |m_F=0, N+2\rangle, |m_F=-1, N+3\rangle, |m_F=-2, N+4\rangle$ (N : nombre de photons RF) varient linéairement avec r , en l'absence de couplage atome - photons RF.

- Le couplage atome - photons RF transforme ces états non couplés en niveaux habillés qui s'anticroisent.

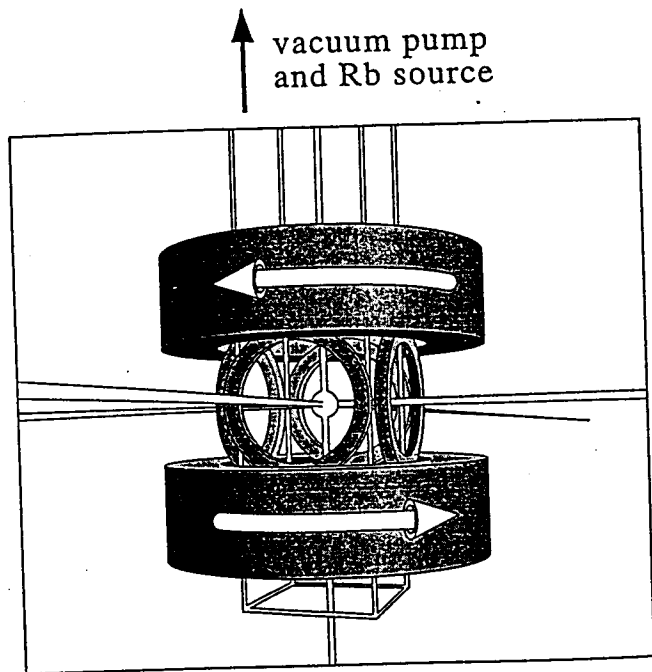


Un atome initialement dans $m_F = 2$ et s'éloignant suffisamment lentement du centre du piège sort adiabatiquement du piège dans l'état $m_F = -2$.

T4

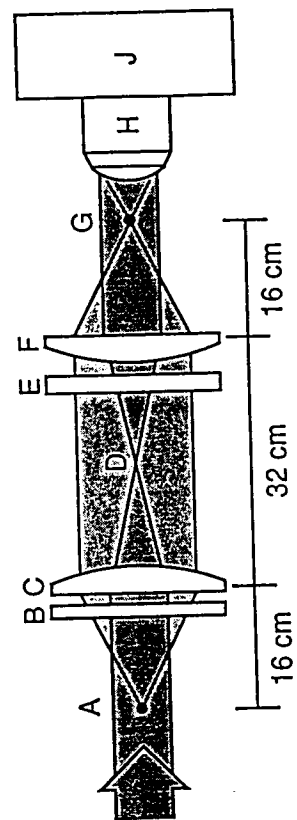


T5

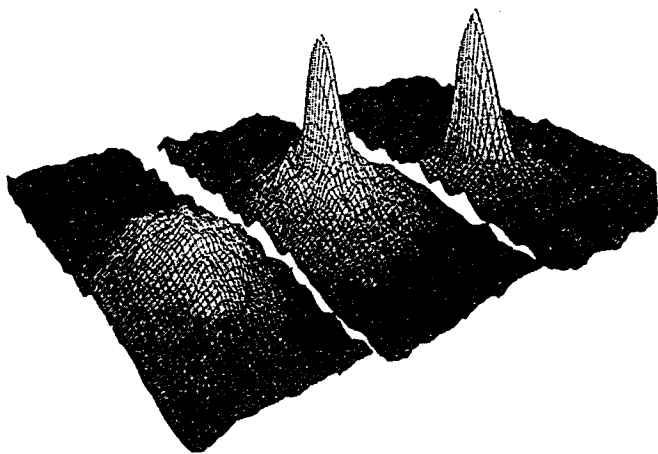


T6

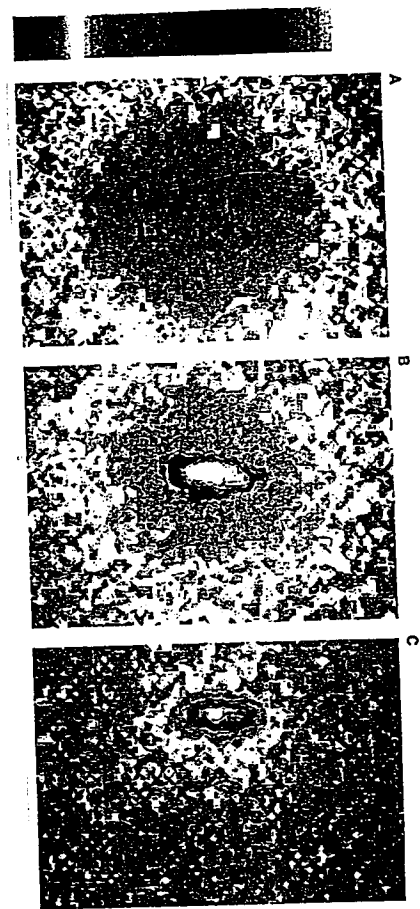
VI-3



T7

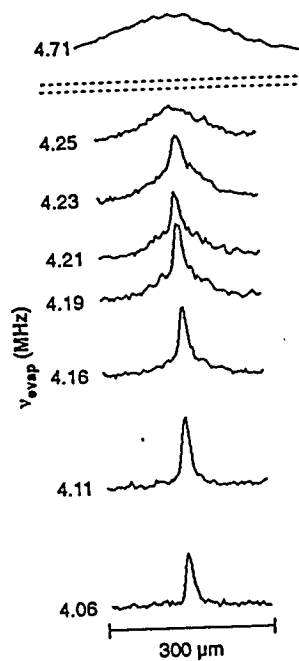
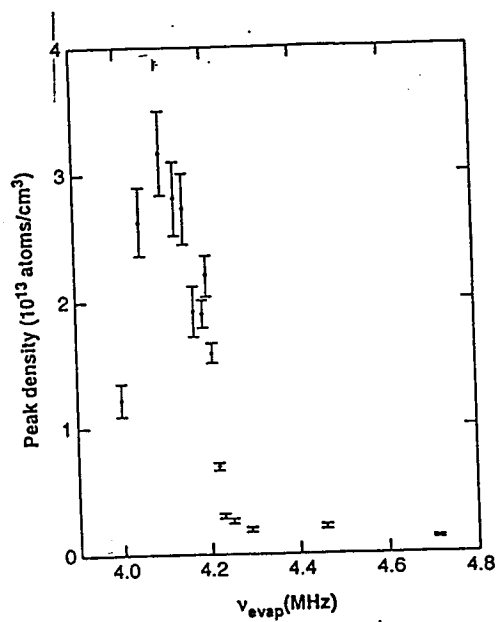


T8



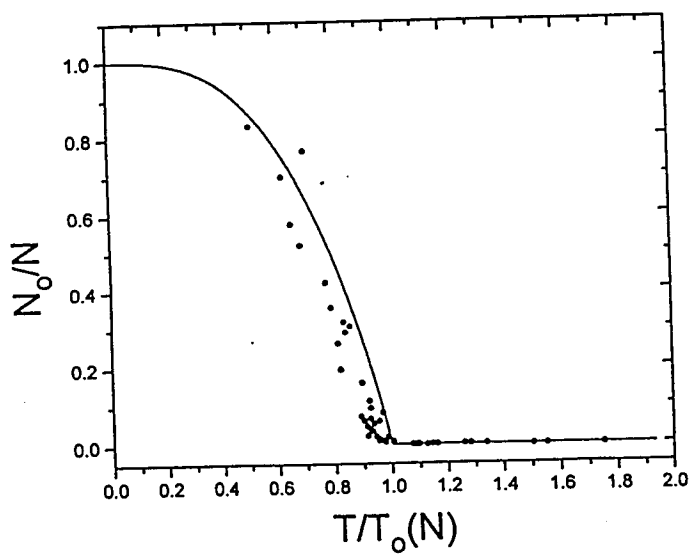
VI-4

T9

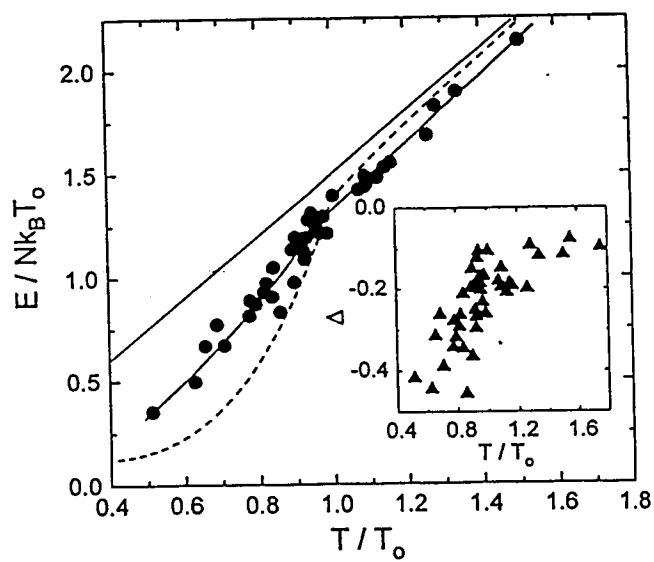


T10

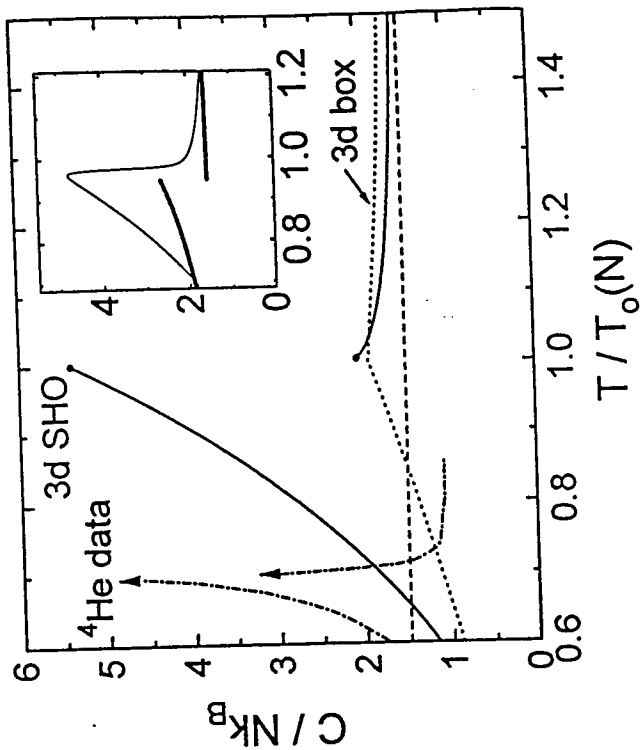
T11



T12

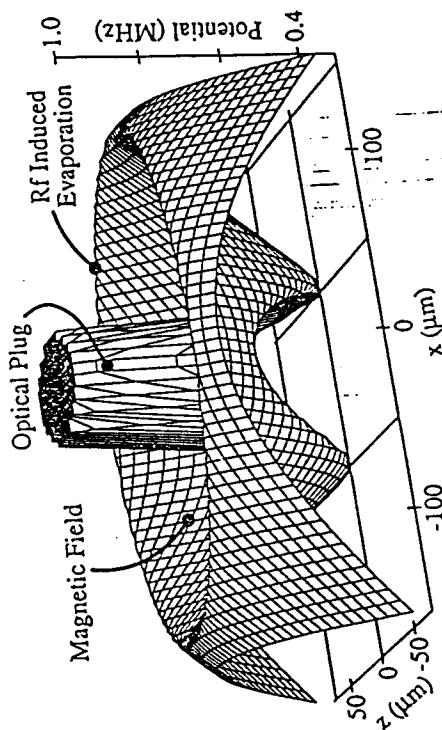


T13



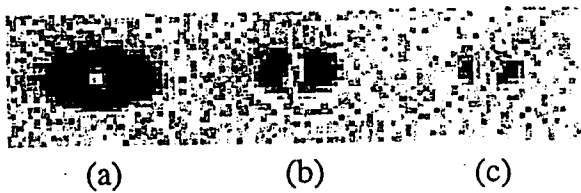
T14

Le "bouchon optique"

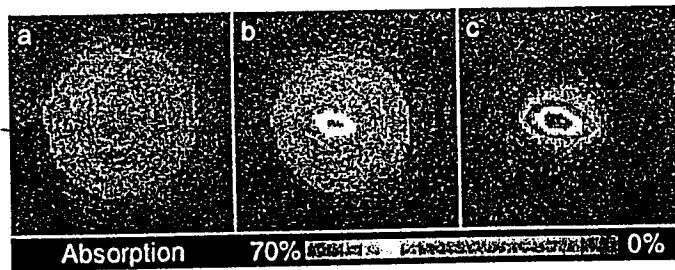


K. Davis, M. Mewes, M. Andrews, N. van Druten
D. Durfee, D. Kurn, W. Ketterle
Phys. Rev. Lett. **75**, 3969 (1995)

T15

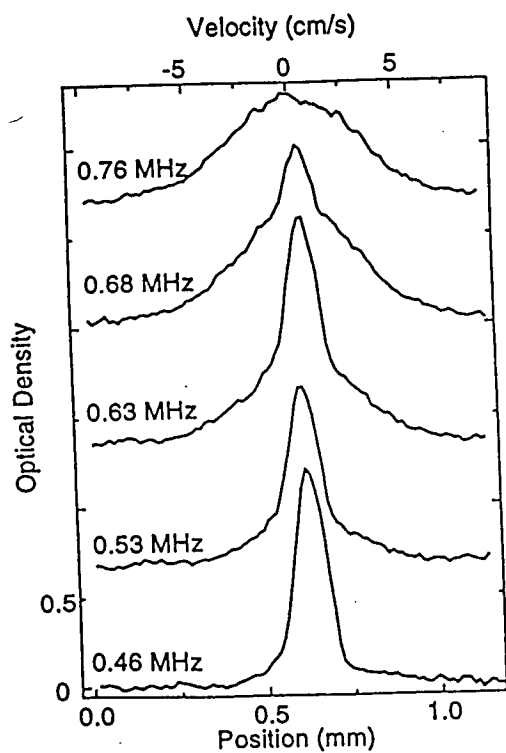


T16

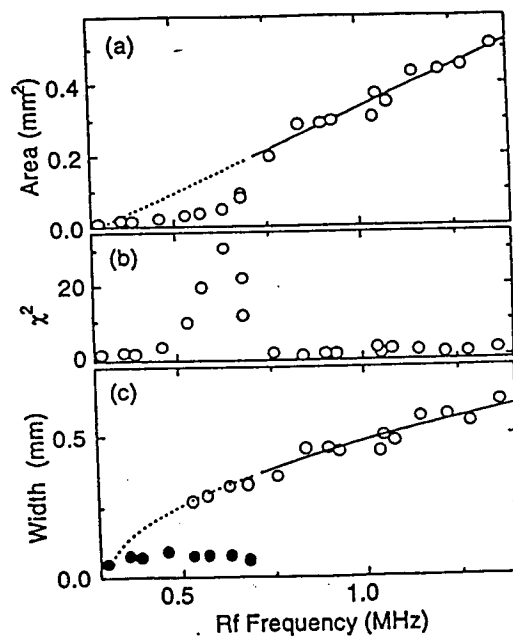


VI-6

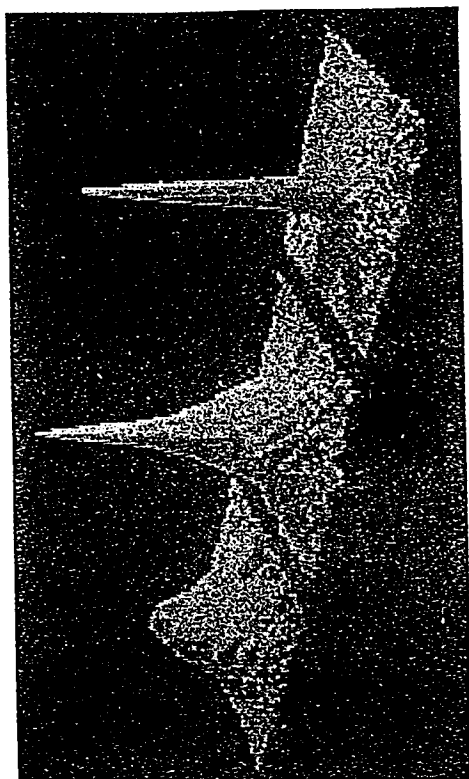
T 17



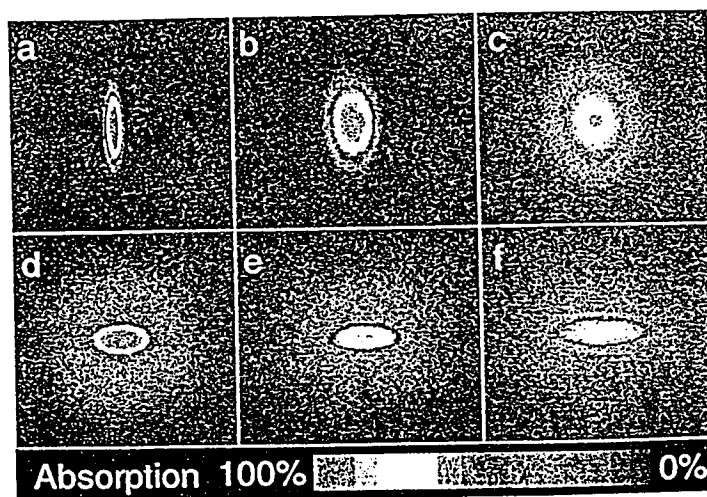
T 18



T 19

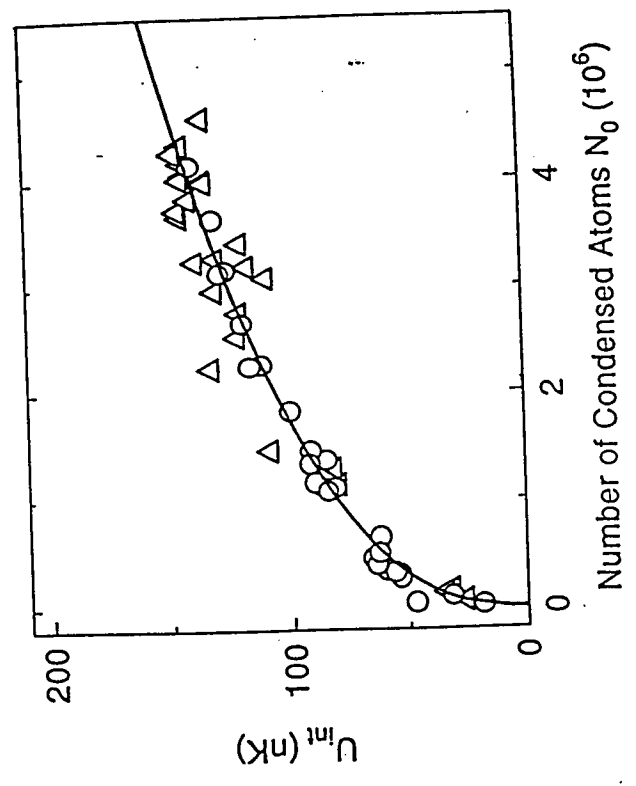


T 20

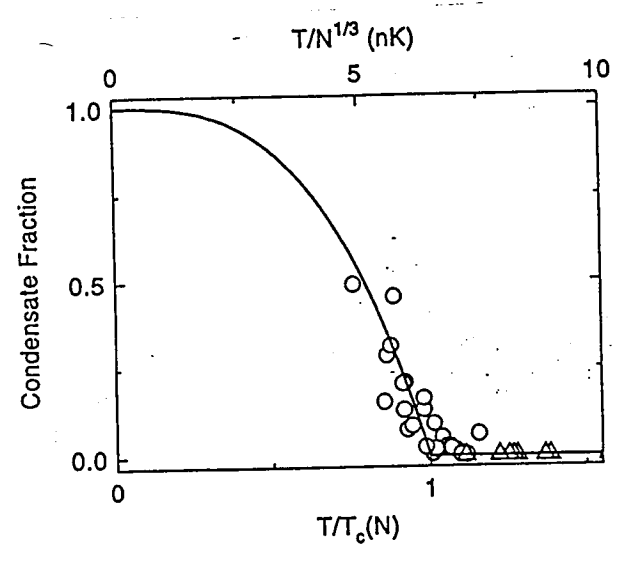


(VI-7)

T 22



T 21



T 23

