

Atomes ultra-froids et condensats de Bose-Einstein

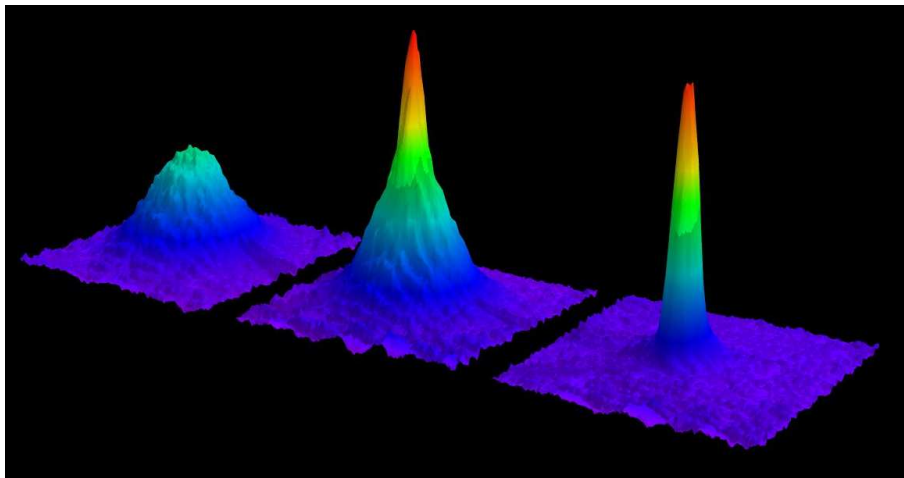
Peter Schlagheck
Université de Liège

2ème quadrimestre 2013/14

Atomes ultra-froids et condensats de Bose-Einstein

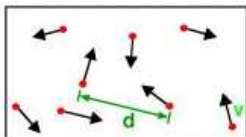
- cours de 25 heures pour master en sciences physiques
- pré-requis : mécanique quantique
- horaire : mercredi 13h30–16h15,
salles 1.75 (B6c), R22 (B6d), 3.45 (B5a)
- examen oral : 30 minutes

Atomes ultra-froids et condensats de Bose-Einstein

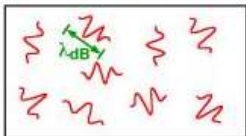


→ un des premiers condensats, réalisé au MIT

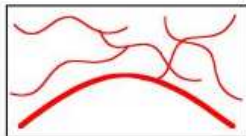
Statistique quantique et condensation de Bose-Einstein



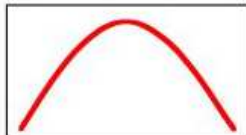
High Temperature T:
thermal velocity v
density d^{-3}
"Billiard balls"



Low Temperature T:
De Broglie wavelength
 $\lambda_{dB} = h/mv \propto T^{-1/2}$
"Wave packets"



T = T_{crit}:
Bose-Einstein
Condensation
 $\lambda_{dB} = d$
"Matter wave overlap"

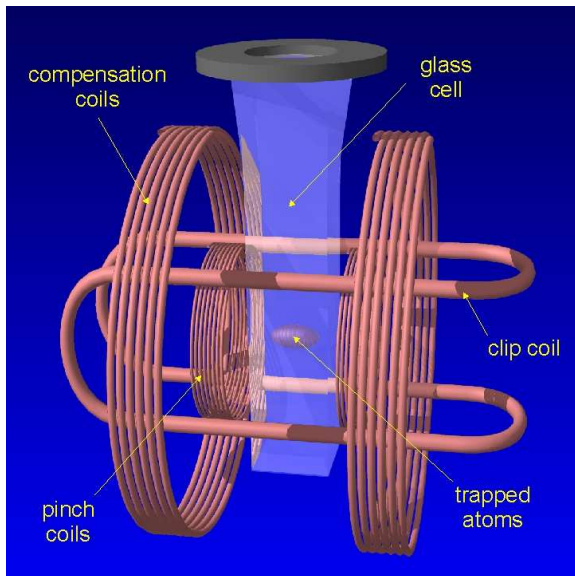


T = 0:
Pure Bose
condensate
"Giant matter wave"

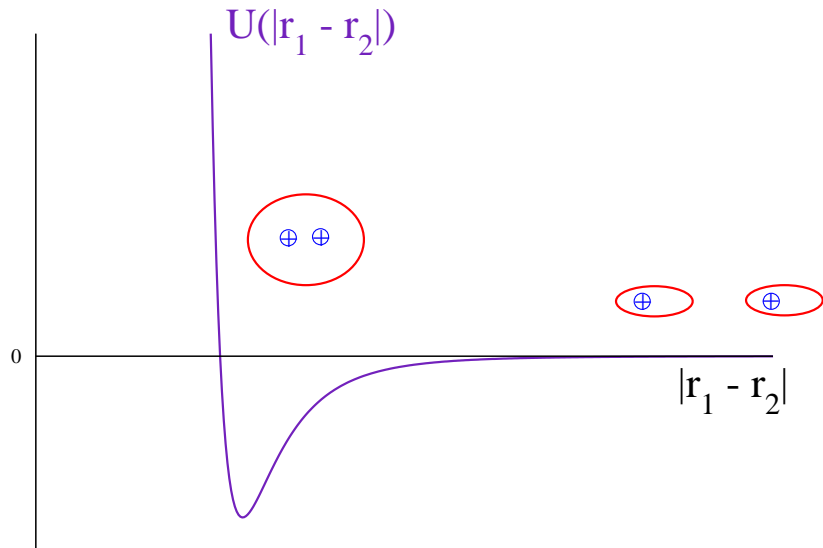
Condensation de Bose-Einstein avec des atomes ultra-froids

	I	II	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb	IB	IIB	III	IV	V	VI	VII	VIII						
1	1 H 1,007															2 He 4,002						
2	3 Li 6,941	4 Be 9,012									5 B 10,81	6 C 12,01	7 N 14,00	8 O 15,99	9 F 18,99	10 Ne 20,17						
3	11 Na 22,98	12 Mg 24,30									13 Al 26,98	14 Si 28,08	15 P 30,97	16 S 32,06	17 Cl 35,45	18 Ar 39,94						
4	19 K 39,09	20 Ca 40,07	21 Sc 44,95	22 Ti 47,88	23 V 50,94	24 Cr 51,99	25 Mn 54,93	26 Fe 55,84	27 Co 58,93	28 Ni 58,69	29 Cu 63,54	30 Zn 65,39	31 Ga 69,72	32 Ge 72,61	33 As 74,92	34 Se 78,96	35 Br 79,90	36 Kr 83,8				
5	37 Rb 85,46	38 Sr 87,62	39 Y 88,90	40 Zr 91,22	41 Nb 92,90	42 Mo 95,94	43 Tc 98,90	44 Ru 101,0	45 Rh 102,9	46 Pd 106,4	47 Ag 107,8	48 Cd 112,4	49 In 114,8	50 Sn 118,7	51 Sb 121,7	52 Te 127,6	53 I 126,9	54 Xe 131,2				
6	55 Cs 132,9	56 Ba 137,3		72 Hf 178,4	73 Ta 180,9	74 W 183,8	75 Re 186,2	76 Os 190,2	77 Ir 192,2	78 Pt 195,0	79 Au 196,9	80 Hg 200,5	81 Tl 204,3	82 Pb 207,2	83 Bi 208,9	84 Po 208,9	85 At 209,9	86 Rn 222,0				
7	87 Fr 223,0	88 Ra 226,0		104 Rf 261,1	105 Db 262,1	106 Sg 263,1	107 Bh 262,1	108 Hs 265	109 Mt 266	110 Ds 269	111 Uuu 272	112 Uub 277	©2003 periodensystem.info									
			57 La 138,9	58 Ce 140,1	59 Pr 140,9	60 Nd 144,2	61 Pm 146,9	62 Sm 150,3	63 Eu 151,9	64 Gd 157,2	65 Tb 158,9	66 Dy 162,5						67 Ho 164,9	68 Er 167,2	69 Tm 168,9	70 Yb 173,0	71 Lu 174,9
			89 Ac 227,0	90 Th 232,0	91 Pa 231,0	92 U 238,0	93 Np 237,0	94 Pu 244,0	95 Am 243,0	96 Cm 247,0	97 Bk 247,0	98 Cf 251,0						99 Es 252,0	100 Fm 257,0	101 Md 258,0	102 No 259,1	103 Lr 260,1

Pièges magnétiques et optiques pour des atomes froids



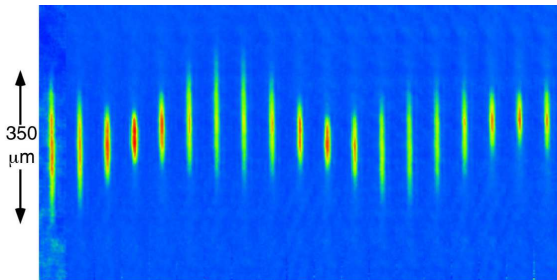
Interactions entre des atomes ultra-froids



équation de Gross-Pitaevskii

$$i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\psi(\vec{r},t) = \left(-\frac{\hbar^2}{2m}\Delta + V(\vec{r}) + U|\psi(\vec{r},t)|^2 \right) \psi(\vec{r},t)$$

oscillations collectives



5 milliseconds per frame

superfluidité et dépeuplement

- C.J. Pethick and H. Smith: Bose-Einstein Condensation in Dilute Gases (Cambridge, 2002)
- L. Pitaevskii and S. Stringari: Bose-Einstein Condensation (Oxford, 2003)
- K. Huang: Statistical Mechanics (Wiley, 1963)
- F. Dalfovo, S. Giorgini, L. Pitaevskii, and S. Stringari: Theory of Bose-Einstein condensation in trapped gases, Rev. Mod. Phys. 71, 463 (1999)
<http://arxiv.org/pdf/cond-mat/9806038.pdf>