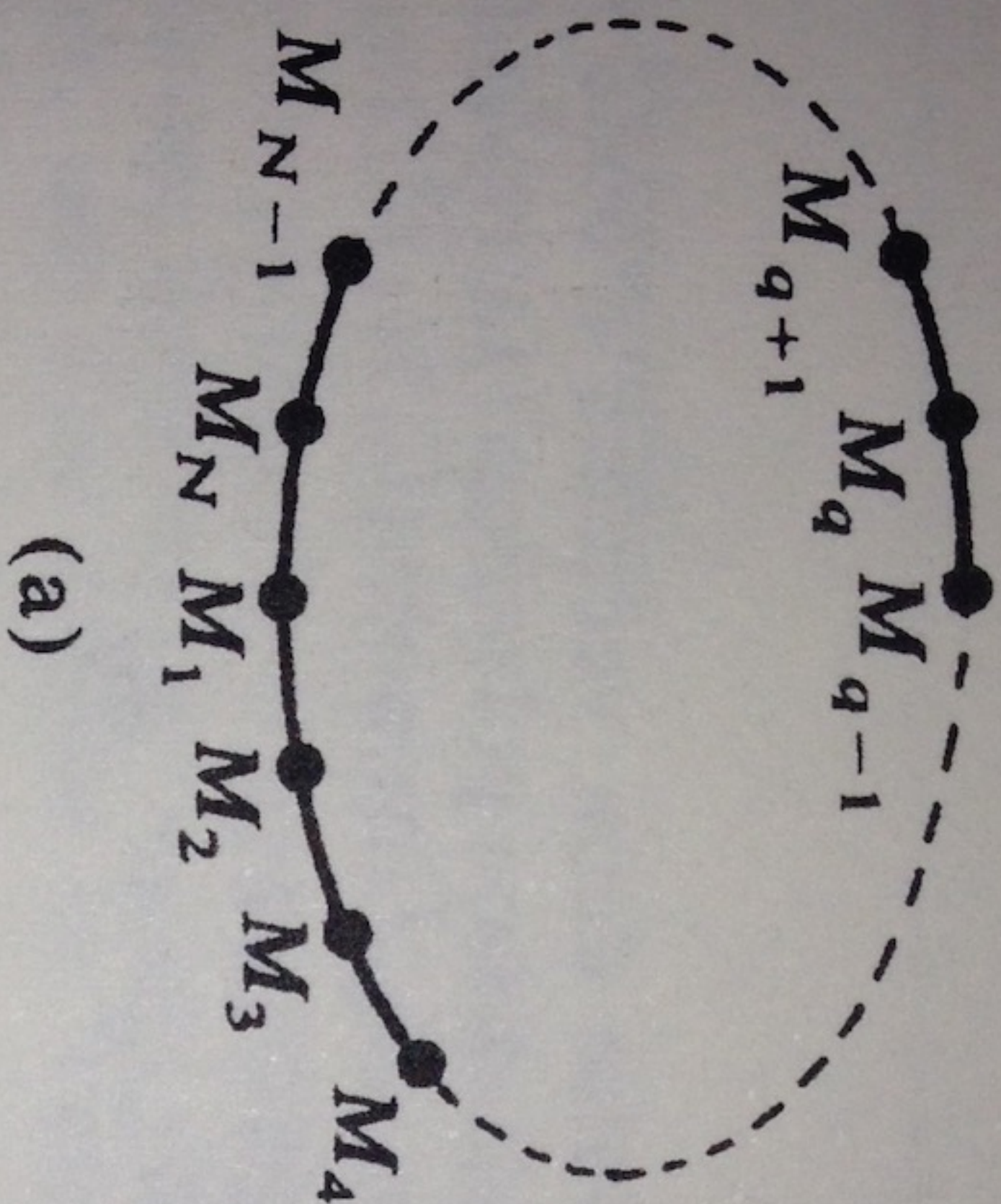
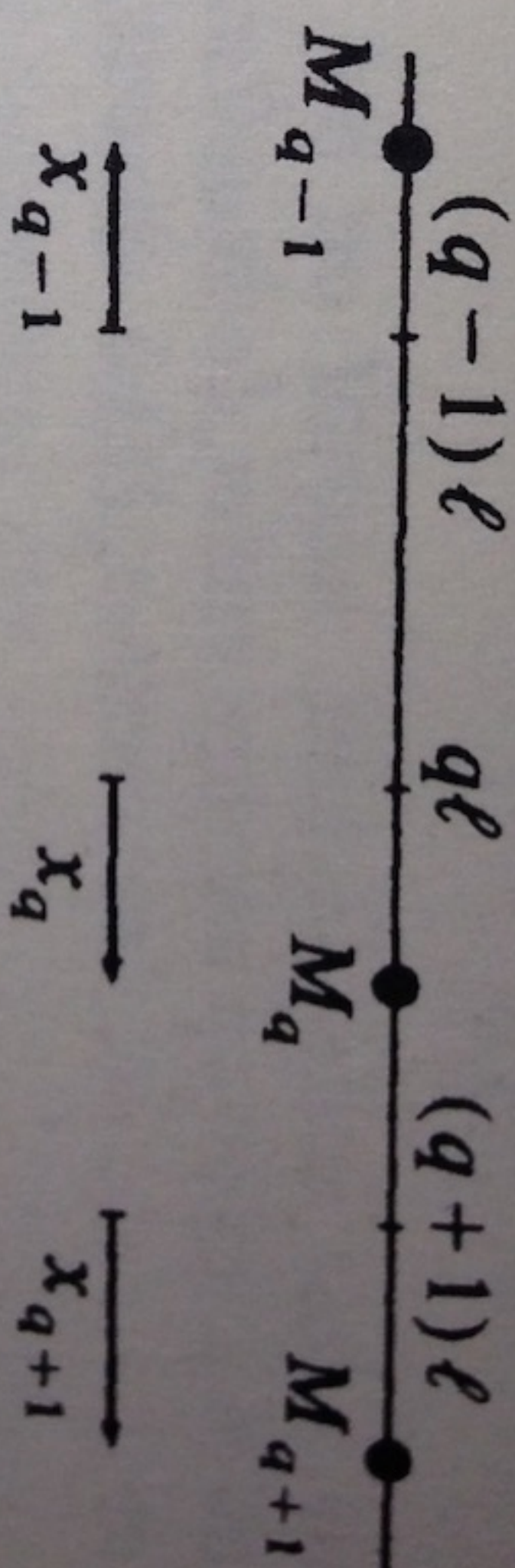


réseau; nous ne considérons que des mouvements longitudinaux et notons x_q l'écart (algébrique) de M_q par rapport à sa position d'équilibre.



(a)



(b)

FIGURE 2
Chaîne linéaire fermée de N atomes M_q , constituant un cristal à une dimension sans effets de bords. La figure 2.a indique les positions d'équilibre des atomes, la figure 2.b leurs écarts x_q par rapport à ces positions, à un instant donné.

Nous supposons que chaque atome M_q de la chaîne est soumis, de la part de chacun de ses deux voisins M_{q-1} et M_{q+1} , à une force de rappel de type harmonique, c'est-à-dire proportionnelle à l'écart relatif $(x_q - x_{q\pm 1})$:

(E.19)

$$F_q = -K(x_q - x_{q+1}) - K(x_q - x_{q-1}),$$

où F_q est la mesure algébrique de la force le long de la chaîne orientée et K une

la courbe ainsi obtenue. Sa forme, relativement compliquée, présente le plus souvent deux maximums : le plus étroit, qui se produit pour ω proche de la borne supérieure ω_M du spectre, correspond aux modes longitudinaux; l'autre, plus large et situé vers $\omega \sim \omega_M/2$ ou $\omega_M/3$, provient principalement des modes transversaux. Pour les petites valeurs de ω , la courbe démarre comme ω^2 (voir formule (E.59) page suivante).

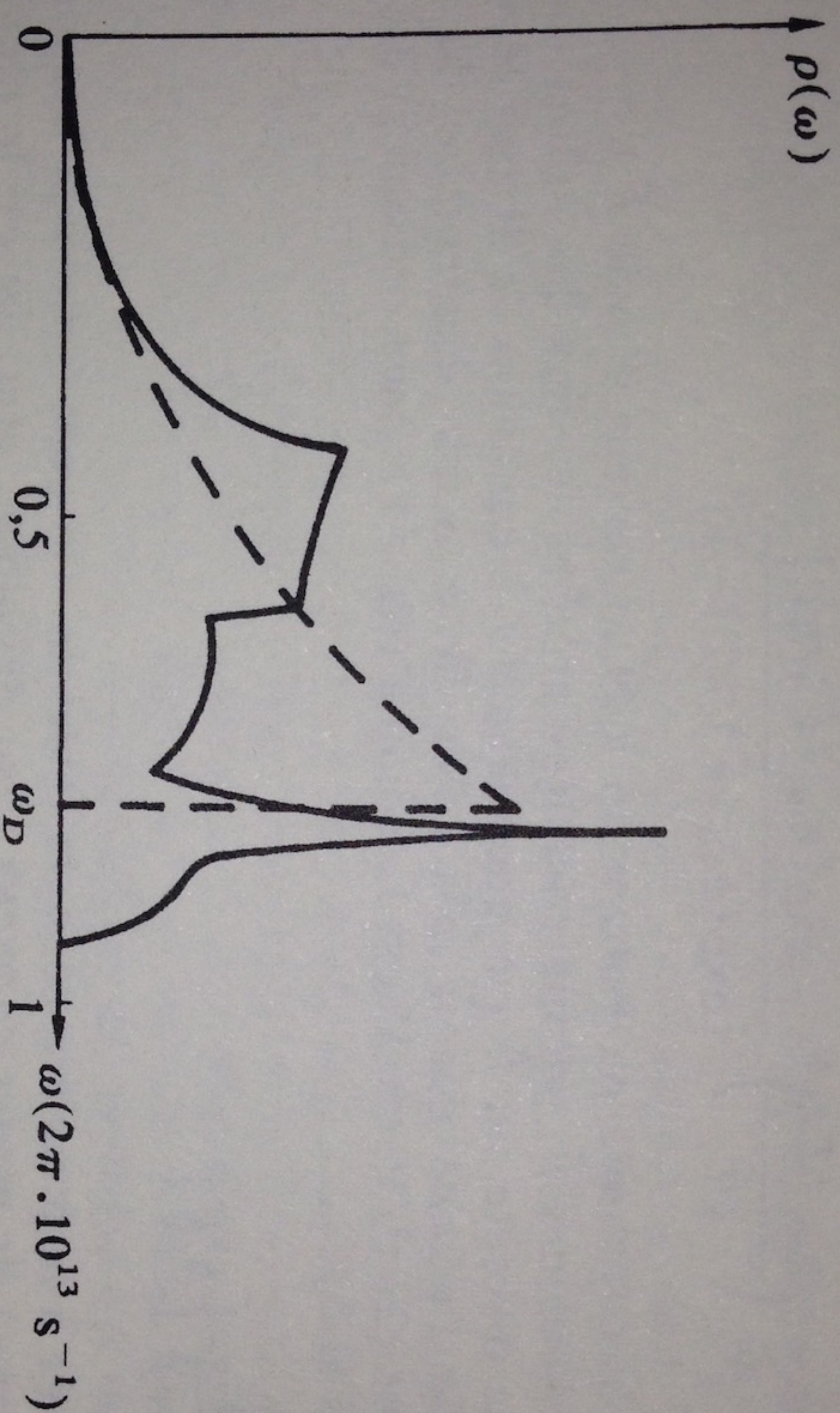


FIGURE 4

Densité de modes normaux dans un cristal tel que l'aluminium. La courbe en trait plein schématise la densité déterminée expérimentalement, la courbe pointillée correspond à l'approximation de Debye (§ 2).

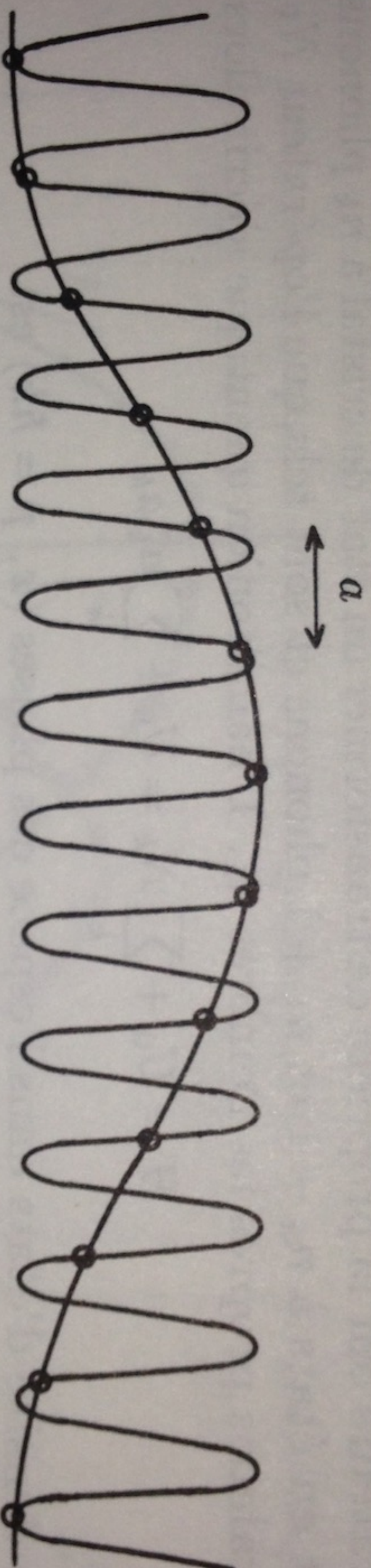


Figure 8.10 Représentation des déplacements des atomes par deux ondes sinusoïdales : $k = \pi/6a$ ($\lambda = 12a$) et $k = \pi/6a + 2\pi/a$ ($\lambda = 12a/13$). L'onde choisie vérifie $|k| < \pi/a$.

Phonons

A l'échelle atomique, les systèmes doivent être traités en mécanique quantique ce qui a pour effet de quantifier l'énergie. Pour un oscillateur harmonique de pulsation propre ω , l'énergie s'écrit

$$\epsilon = \left(n + \frac{1}{2}\right) \hbar \omega, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$