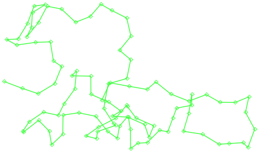
Les protéines

Timothée Lionnet et Vincent Croquette
http://pimprenelle.lps.ens.fr/biolps/

1er avril 2010

Outline

Les monomères peuvent tourner les uns par rapport aux autres d'un angle ψ. Souvent autour d'une liaison C-C (protéine). En réalité, la rotation peut se faire sur un cône ($\theta = 109.5\,^{\circ}$), et la rotation n'est pas complètement libre . Si U(ψ) ne présente pas de forts minimum la rotation est activée thermiquement. Dès que le polymère est long, le nombre de configuration est gigantesque.



Chaîne librement jointe :N maillons de longueur a
Configuration moyenne : Marche aléatoire à 1D $\sqrt{R^2} = a/\sqrt{N}$
à 3D $|\vec{R}|$ avec $\vec{R} = \Sigma_{i=1}^{N} \vec{a_i} ou R_x = \Sigma_{i=1}^{N} a_{ix} < a_{ix}^2 >=$
$\frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} (a.cos\theta)^2 sin\theta.d\theta = \frac{a^2}{3}\; R_x^2 = N.a^2/3, < R^2 >= Na^2,$

$$P(N,\vec{R})d_3R = [\frac{3}{2\pi Na^2}]^{3/2} exp^{-(\frac{3R^2}{2Na^2})} d_3R$$

Le modèle de la chaîne librement jointe

Mesure de l'élasticité d'un polymère dans le cas ou les maillons sont complètement libre. On applique une force $\vec{f}$ aux deux extrémités et on mesure l'allongement de la chaîne $< R_x >$.

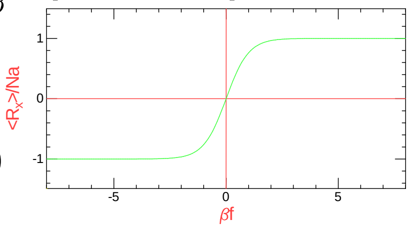
$f = 0$, $< R_x >= 0$, $f \rightarrow \infty$, $< R_x >= Na$. Analogie avec un paramagnétique : $\vec{f} \rightarrow \vec{H}, < R_x > \rightarrow M$ (aimantation)

$$\text{A 1D} : Z = Z_0^N = [e^{-\beta f.a} + e^{\beta f.a}]^N$$

$$F = -k_B T log(Z) = -\frac{N}{\beta} log[e^{-\beta f.a} + e^{\beta f.a}]$$

$$< R_x >= -\frac{\partial F}{\partial f}$$

$$= N.a \frac{e^{\beta f.a} - e^{-\beta f.a}}{e^{\beta f.a} + e^{-\beta f.a}} = N.ath(\beta a.f)$$



f petit : $\frac{< R_x >}{Na} = \frac{af}{k_B T}$

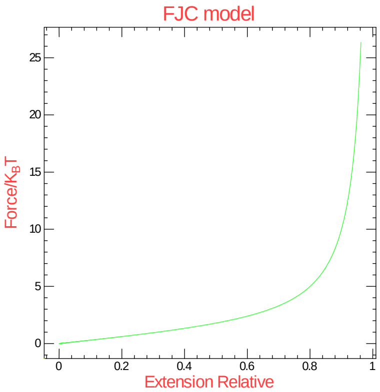
Le modèle de la chaîne à trois dimensions

$$Z = \left[\int_0^{2\pi} d\phi \int_0^{\pi} d\theta . \sin\theta . e^{-\beta a.f.\cos\theta} \right]^N$$

$$Z = \left[\frac{2\pi k_B T}{f.a} \sinh \frac{f.a}{k_B T} \right]^N$$

$$l = \frac{< R_x >}{Na} =$$

$$-\frac{\partial F}{\partial f} = Na \left[\coth \frac{f.a}{k_B T} - \frac{k_B T}{f.a} \right]$$



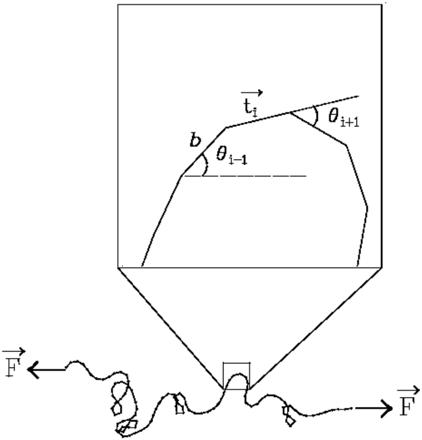
Le modèle de la chaîne à longuer de persistence

- Kratky-Porod model

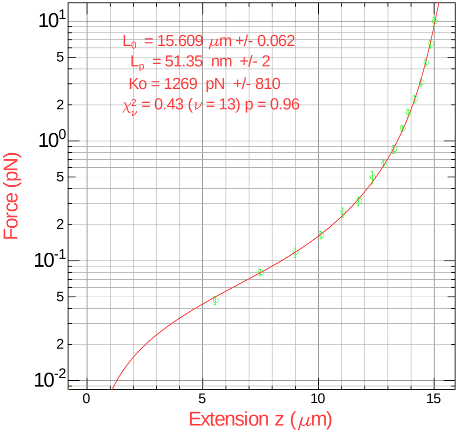
$$E_{KP} = -\frac{B}{b}\Sigma_{i=2}^{N}\vec{t}_i.\vec{t}_{i-1} = -\frac{B}{b}\Sigma_{i=2}^{N}cos\theta_i$$

$$< \vec{t}_i.\vec{t}_{i-1} >= e^{-b|i-i|/\xi}$$

$$< R^2 >= \left[b.\Sigma_{i=1}^{N}\vec{t}_i\right]^2 = 2N.b\xi = 2l_0\xi$$



Le modèle du ver (Worm Like Chain)



$$F = \frac{k_B T}{\xi_T} \times \left[x - \frac{1}{4} + \frac{1}{4(1-x)^2} + \sum_{i=2}^{i<8} a_i x^i\right]$$

where $x = l/l_0$ with

$a_2 = -0.5164228,\ a_3 = -2.737418,$
$a_4 = 16.07497,\ a_5 = -38.87607,$
$a_6 = 39.49944,\ a_7 = -14.17718.$

C. Bustamante, J.F. Marko, E.D. Siggia and S. Smith. 1994. "Entropic elasticity of λ-phage DNA." *Science*, 265 : 1599–1600.

C. Bouchiat, M.D. Wang, S. M. Block, J.-F. Allemand, T.R. Strick and V.Croquette. "Estimating the persitence length of a worm-like chain molecule from force-extension measurements." *Biophys. J.*, 76 :409–413, 1999.