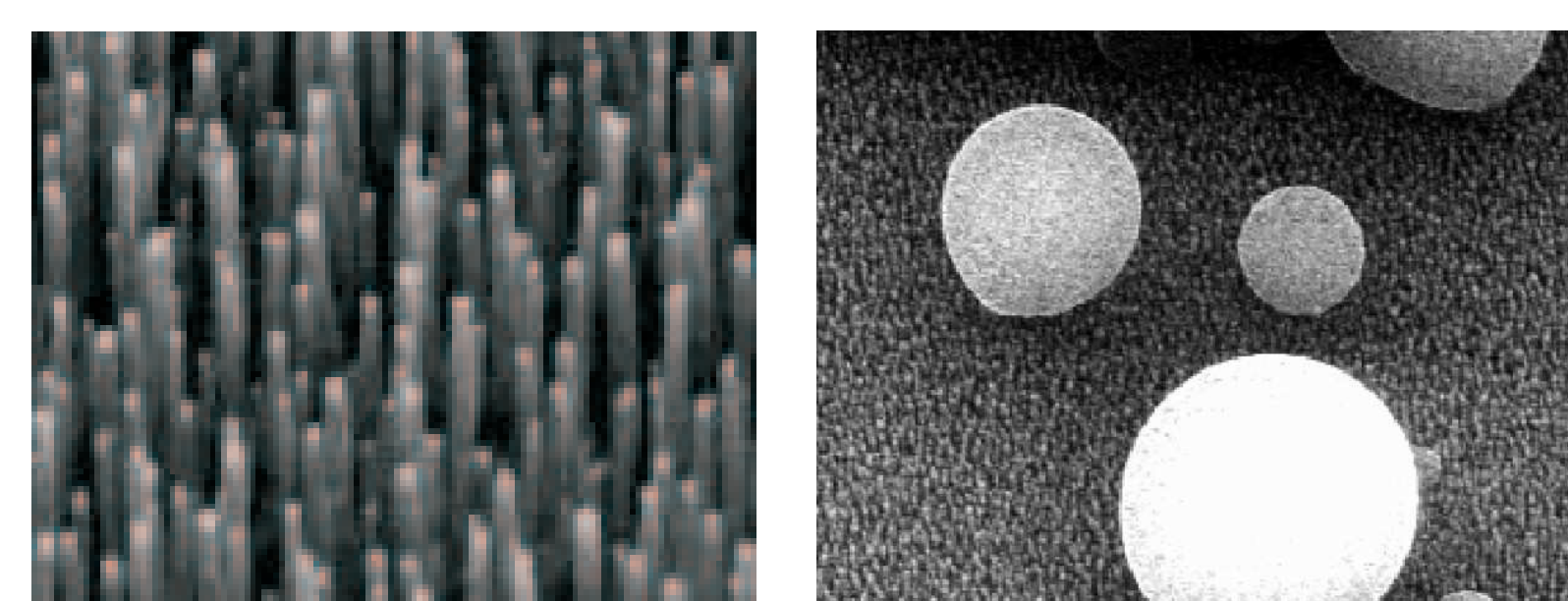


Superfici idrorepellenti: a lezione dalla biologia

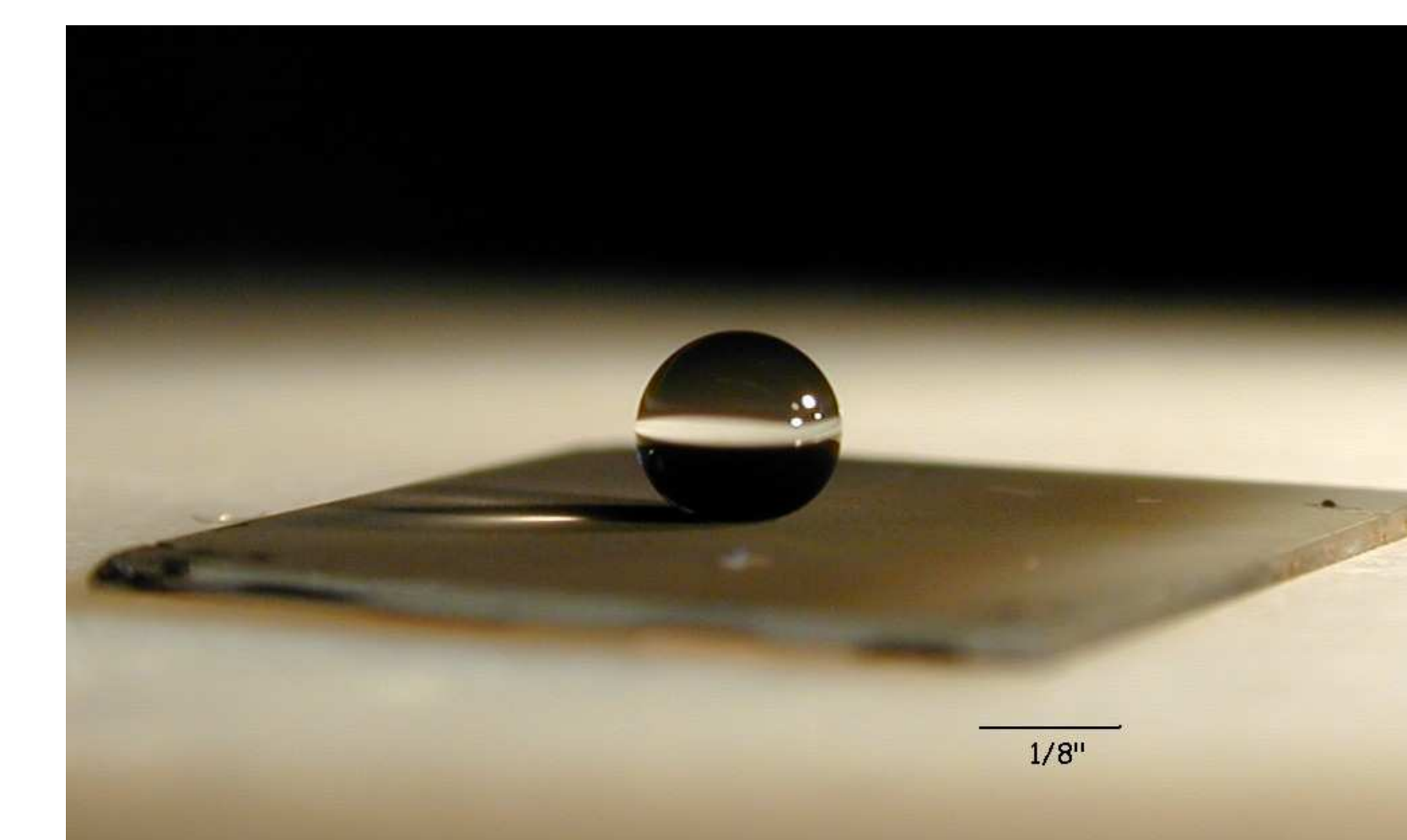
Antonio DeSimone, Gruppo di Matematica Applicata della SISSA di Trieste, desimone@sissa.it



In natura, le superfici idrorepellenti sono di solito rugose (su scala microscopica). Le foglie di alcune piante, ad esempio quelle della *Nelumbo Lucifera* (fior di loto) sono dotate di microasperità dell'altezza di alcuni micron. Le gocce di pioggia entrano in contatto solo con la sommità delle microasperità e non bagnano le foglie. Queste *gocce fahiro* tendono a rotolare invece che aderire o scivolare sulla superficie delle foglie. Una conseguenza della idrorepellenza è che le foglie del fior di loto sono ben protette dall'attacco di liquidi contaminanti.



L'osservazione delle proprietà delle foglie del fior di loto ha suggerito l'applicazione dello stesso principio per la realizzazione di *superfici artificiali super-idrorepellenti*. Data una superficie idrofoba, se ne esaltano le proprietà di idrorepellenza rendendola rugosa su scala microscopica. Esistono in commercio vernici che, usando questo principio, rendono resistenti allo sporco le facciate degli edifici. Una sfida tecnologica di grande attualità è la fabbricazione di materiali allo stesso tempo trasparenti e super-idrorepellenti, per realizzare ad esempio *lenti che non si appannano*. Nell'ambito di questa linea di ricerca, grazie ad una collaborazione tra MIT e Università di Cambridge, sono stati recentemente fabbricati dei 'prati' di nanotubi di carbonio, allineati verticalmente, e ricoperti di Teflon. Gocce d'acqua su queste superfici artificiali mostrano angoli di contatto prossimi a 180 gradi, come se fossero biglie di vetro. Anche la dinamica delle gocce su queste superfici è sorprendente: *gocce d'acqua rotolano e rimbalzano su di esse, comportandosi come se fossero dei solidi deformabili invece che dei liquidi*.



La super-idrorepellenza in formule: modello macroscopico per il caso statico

La forma di equilibrio di una goccia di volume fissato può essere ottenuta minimizzando l'energia totale di interfaccia tra fasi solida (S), liquida (L) e vapore (V):

$$E = \sigma_{SL}|\Sigma_{SL}| + \sigma_{SV}|\Sigma_{SV}| + \sigma_{LV}|\Sigma_{LV}|$$

dove Σ_{AB} è l'interfaccia tra le fasi A and B , $|\Sigma_{AB}|$ la sua area e σ_{AB} la corrispondente tensione superficiale. Per configurazioni di energia minima, l'angolo di contatto θ è fornito dalla legge di Young

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{SV} - \sigma_{SL}}{\sigma_{LV}}$$

Nel caso la superficie del solido sia rugosa (ad esempio, pensiamo ad una superficie periodica con asperità di altezza ϵ), occorre minimizzare il funzionale

$$E^\epsilon = \sigma_{SL}|\Sigma_{SL}^\epsilon| + \sigma_{SV}|\Sigma_{SV}^\epsilon| + \sigma_{LV}|\Sigma_{LV}|$$

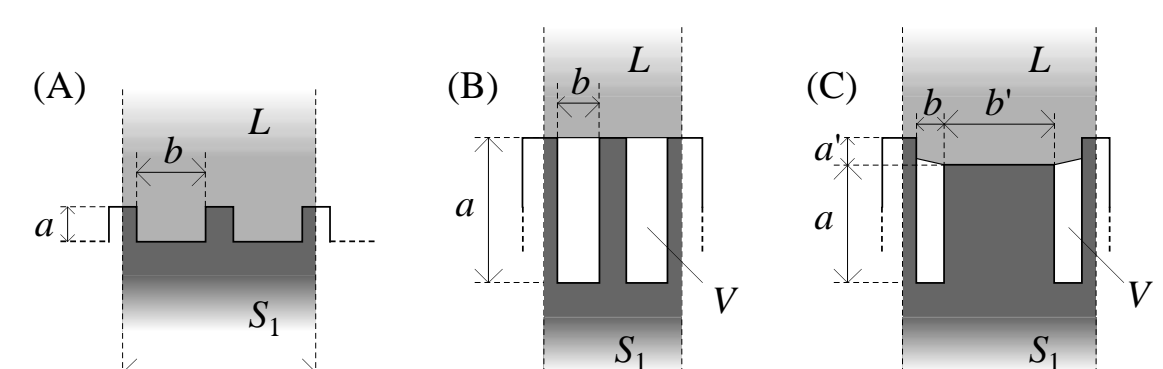
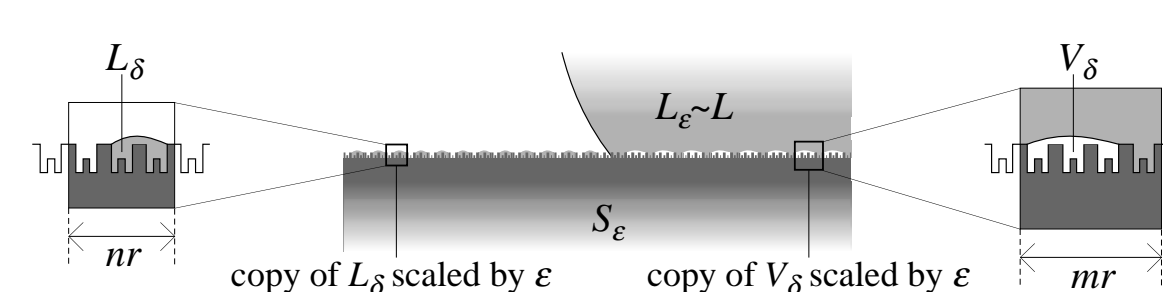
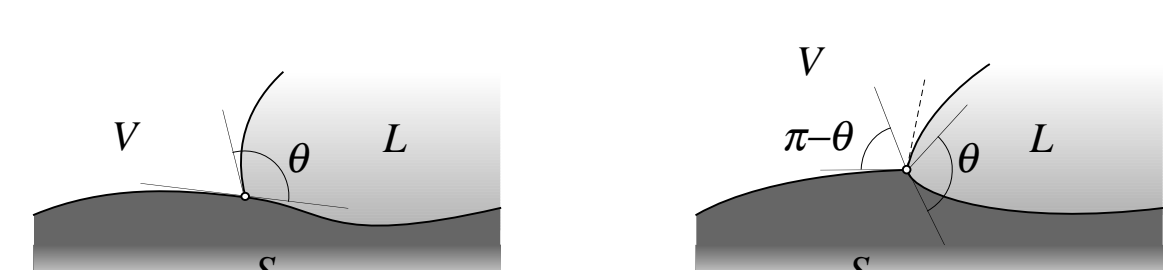
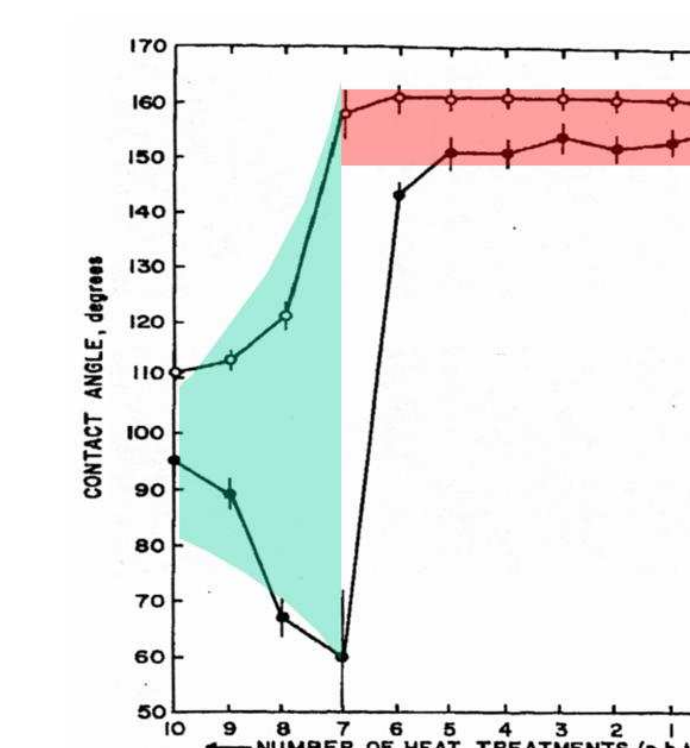
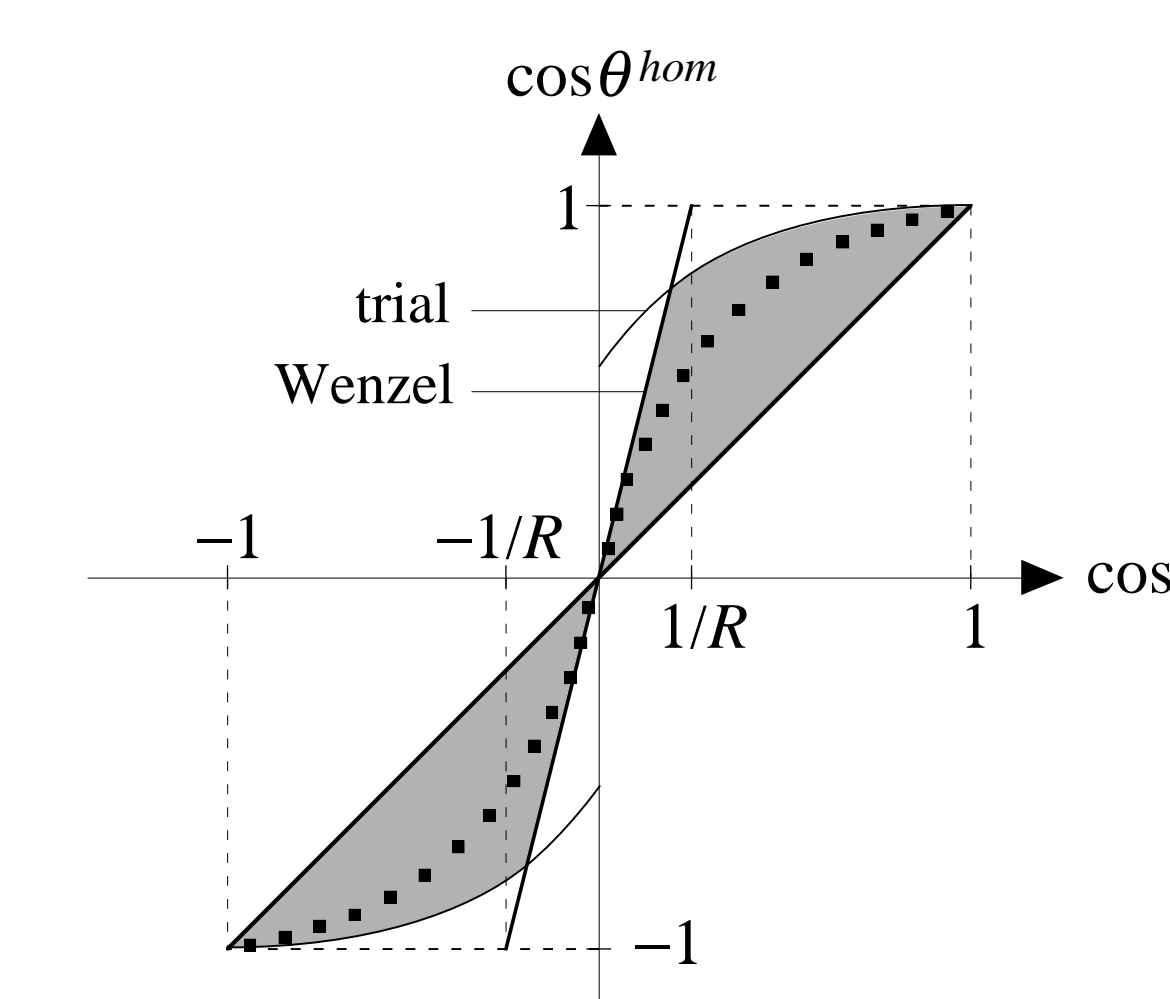
Il modello macroscopico corrisponde al limite $\epsilon \rightarrow 0$. In questo limite, le configurazioni di minimo tendono ai minimi del *funzionale omogeneizzato*

$$E^{hom} = \sigma_{SL}^{hom}|\Sigma_{SL}| + \sigma_{SV}^{hom}|\Sigma_{SV}| + \sigma_{LV}|\Sigma_{LV}|$$

I coefficienti σ_{SV}^{hom} e σ_{SL}^{hom} sono calcolabili risolvendo due *problemi di cella* e rappresentano la minima energia associabile alle transizioni SV e SL in una geometria con $\epsilon = 1$. Essi definiscono l'angolo di contatto macroscopicamente visibile attraverso la formula

$$\cos \theta^{hom} = \frac{\sigma_{SV}^{hom} - \sigma_{SL}^{hom}}{\sigma_{LV}}$$

L'approccio per omogeneizzazione può essere esteso allo studio della *isteresi* dell'angolo di contatto, ed esso spiega la dipendenza non monotona dalla rugosità dell'ampiezza dell'isteresi. Ad un contatto composito, con sacche di vapore tra solido e liquido compete isteresi molto minore che ad un contatto uniforme.



L'effetto della rugosità microscopica è dunque quello di *rinormalizzare* le energie di interfaccia con la fase solida, in conseguenza del fatto che l'area di contatto effettiva è in genere diversa di quella apparente a livello macroscopico.

Per saperne di più: