

LA CHIMICA SUPRAMOLECOLARE

INTERVISTA A JEAN-MARIE LEHN*

a cura di Paolo Musso

Le sue ricerche hanno definito un nuovo campo della chimica, quello delle entità complesse che risultano dall'associazione di due o più specie chimiche basata su interazioni molecolari non covalenti (soft-bond). Una rivoluzione concettuale che ha aperto la porta alla comprensione di processi di riconoscimento e di auto-organizzazione caratteristici delle molecole biologiche.

Anzitutto ci dica che cos'è la chimica «supramolecolare» e in che modo l'ha scoperta.

È la chimica che studia come le molecole si uniscono e come interagiscono. E come la chimica molecolare è la costruzione delle molecole a partire dagli atomi, così la chimica supramolecolare è costruire oggetti più complicati partendo dalle molecole che interagiscono le une con le altre. Abbiamo cominciato cercando di capire come le molecole possono legarsi insieme specificamente, che significa riconoscersi le une con le altre. La base del processo di riconoscimento è l'interazione tra le molecole, processo più generale del riconoscimento: il riconoscimento infatti è l'espressione delle interazioni intermolecolari non covalenti. La chimica supramolecolare nasce dall'i-

dea che ci sia un campo più generale, che ha a che fare con tutte le entità che si possono generare sulla base delle interazioni intermolecolari non covalenti. Questa dunque è stata la sua origine: il riconoscimento molecolare, o, meglio, la selettività nelle interazioni molecolari, che conduce poi al riconoscimento molecolare. Se si generalizza il riconoscimento molecolare guardando i processi fondamentali che conducono al riconoscimento, allora si giunge alla chimica supramolecolare.

Qual è la ragione principale per cui la chimica supramolecolare è così importante?

È un altro passo avanti nella scienza. Senza la chimica molecolare non si avrebbe la chimica supramolecolare. Così io penso che sia stato un nuovo passo, e che ci

*Chimico francese. Nato a Rosheim, in Alsazia nel 1939, dopo la laurea lavora per un anno alla Harvard University dove partecipa alla sintesi della vitamina B12; dopo un periodo all'Università di Strasburgo, in cui lavora sui cripteni e sulle interazioni molecolari, dal 1979 ricopre la cattedra di Chimica delle Interazioni Molecolari al *Collège de France* a Parigi; nel 1987 vince, insieme a Donald J. Cram e Charles J. Pedersen il premio Nobel per la Chimica per i «contributi allo sviluppo e all'uso di molecole con interazioni strutturali specifiche ad alta selettività».



saranno altri passi in futuro. È importante riconoscere quanto sia necessario comprendere e fare uso del modo in cui le molecole interagiscono le une con le altre per generare i processi di riconoscimento, per capire il riconoscimento biologico, quindi anche per produrre medicine (cosa che si può fare anche indipendentemente, ma ha la stessa base). Così la chimica supramolecolare è un passo avanti, necessario per capire come si verificano questi complessi fenomeni, che esistono specialmente in biologia.

Secondo lei qual è il più importante problema ancora aperto in questo campo?

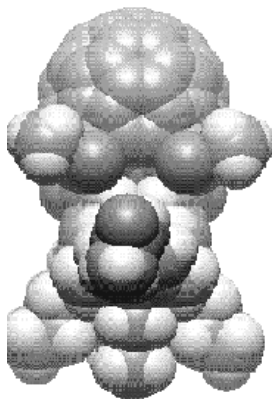
Le caratteristiche fondamentali sono più o meno note. Ora viene un periodo in cui bisognerà usarle per generare riconoscimenti specifici. Il prossimo problema che vedrei è quello di usare queste interazioni non covalenti per generare la formazione di strutture attraverso l'auto-organizzazione. Questo è dunque il prossimo passo, su cui si sta già lavorando, ma che sarà probabilmente per lungo tempo un problema molto importante da studiare: l'auto-organizzazione.

A proposito dell'auto-organizzazione, esistono diversi modi di intenderla. Per esempio, Stephen Jay Gould sosteneva che se si

«riavvolgesse il nastro» dell'evoluzione facendola ripartire da capo non si otterrebbe mai lo stesso risultato. Altri invece ritengono che non si otterrebbe lo stesso risultato in tutti i particolari, ma si avrebbe comunque più o meno lo stesso andamento generale. Qual è la sua opinione in merito?

Penso che si avrebbe lo stesso andamento generale, perché le forze dei legami pongono dei vincoli: il legame carbonio-carbonio ha una data energia, il legame carbonio-idrogeno ha una data energia, se su un pianeta c'è l'acqua si possono costruire certi tipi di molecole, eccetera. Tenderei piuttosto a pensare che gli organismi viventi potrebbero essere differenti in termini dei loro specifici adattamenti. La biodiversità è enorme, dai batteri agli elefanti e a tutte le altre specie: uccelli, insetti, pesci, serpenti, chiocciole, eccetera. Tutti molto differenti, ma tutti basati sulle stesse molecole. Perché? Probabilmente perché nelle condizioni di temperatura e pressione del nostro pianeta il processo evolutivo può avvenire. E questo infatti è anche un problema per cosmologi e astrofisici. Essi sanno che se le costanti fondamentali del nostro universo cambiassero appena un po' non ci sarebbe la vita. Talvolta chiamano questo

Il complesso fra il C60 fullerene e il calix[4]arene la cui forma ricorda la *football cup*



«principio antropico», intendendo che se si dice «la vita esiste», ciò significa che la costante di Hubble deve avere un valore dato e che se questo cambia non c'è più la vita. Così questo significa che, fintanto che gli elementi sono quelli che sono, come vediamo nella tavola di Mendeleev, i legami carbonio-carbonio avranno una forza data.

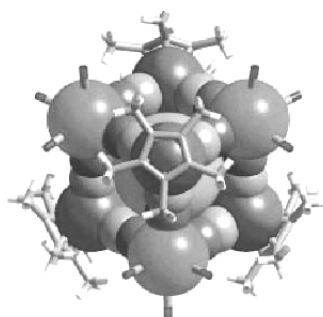
Forse è possibile che su un pianeta molto più vecchio o più freddo della Terra si possa formare un organismo con altri atomi. Perché no? Su uno più freddo potreste avere legami silicio-carbonio e non carbonio-carbonio. Su un pianeta più vecchio, invece, legami silicio-ossigeno, che sono molto forti. Potrebbe essere. In questo caso, ovviamente, l'evoluzione potrebbe condurre a differenti tipi di organismi, basati su differenti tipi di molecole. Ma un legame carbonio-carbonio ha la stessa forza qui sulla Terra come a miliardi di anni-luce di distanza.

Lei ha detto che la chimica ha a che fare con la bellezza. In che modo precisamente?

Questa non è una domanda facile, ma cerco di spiegarmi. Dunque ... Una molecola ha una forma e, anche se non la vediamo, è una forma architettonica: e può essere una forma bella o anche no.

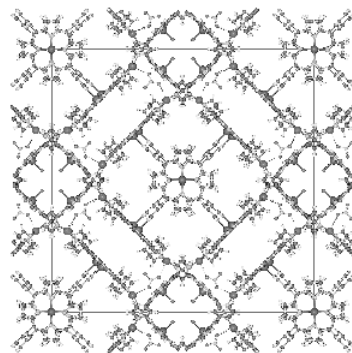
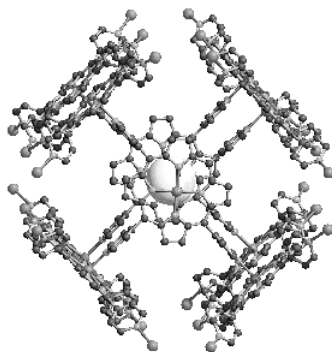
Quando si osserva una provetta che contiene un composto (una polvere o un liquido o altro), questo sembra molto impressionante. Ma questa polvere, questo liquido sono costituiti di molecole, entità che hanno una forma. E se la si osserva a un ingrandimento molto elevato, allora essa può apparire molto bella.

Da un altro punto di vista, i sistemi molecolari sono usati in arte: un pittore usa i colori, e i colori sono sistemi molecolari. C'è chi produce cristalli liquidi. Questo è un tipo di sistema che può cambiare colore con la temperatura: può essere rosso, verde, blu, e forse si può fare un quadro a cristalli liquidi, con colori attivi. Così penso che ci sia un aspetto macroscopico del fatto che le molecole hanno una forma data. C'è poi l'aspetto materiale, per cui una data materia può essere attraente in termini del suo colore, o magari della sua fibra, o magari ancora di qualche altra proprietà, come la sua forza e così via.



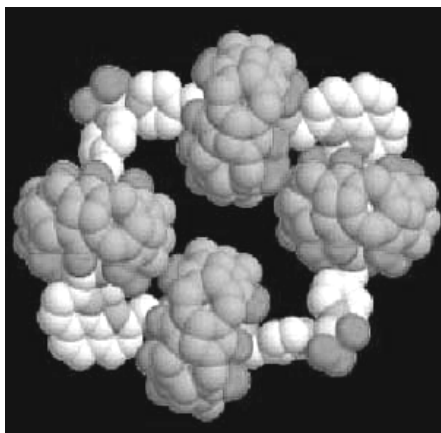
Architettura cubica assemblata utilizzando *corner* metallici di rodio e molibdeno e come lati leganti nitrilici; nella cavità del cubo viene ospitato il catione K^+

Un *network* nanoporoso 3D (a destra) ottenuto dal *self-assembly* della tetrapirridil porfirina e $Ag(I)$; a sinistra è evidenziata una singola cavità



Che cosa pensa dell'attuale modo di insegnare la chimica, specialmente nei licei?

Questa è una domanda molto importante. Infatti spesso alla fine di una conferenza la gente mi viene intorno e dice: «Odiavo la chimica quando ero al liceo, è un campo terribile, non ci ho mai capito nulla, non volevo saperne niente», e così via. Questo spesso accade perché l'insegnamento non è adeguato. Ma l'insegnamento della chimica non è facile. D'accordo, tutte le scienze sono difficili, perché richiedono anzitutto un lavoro duro: è evidente che se non si lavora seriamente



Esempio di *necklace* (collana) ottenuto dal *self-assembly* fra il cucurbiturile, il Cu(II) e un legante piridilico

- ognuno nel proprio campo - non si può fare né matematica né fisica né chimica né biologia.

Anche la matematica è astratta, ma la chimica in aggiunta richiede di imparare le regole fondamentali: carbonio, idrogeno, azoto, ossigeno e tutti i loro modi di combinarsi. Questo è piuttosto semplice, molto più semplice della matematica, ma solo quando si sono comprese le regole fondamentali si può «fare chimica». Inoltre, nei licei si dovrebbe anche attuare un insegnamento di taglio sperimentale, in cui sia importante il laboratorio, dando agli studenti la

possibilità di svolgere esperimenti. Penso che sia molto attraente (per me è stato molto importante) «fare» una reazione, mostrare ai giovani che in chimica si può agire sulla materia, si possono realmente mescolare dei componenti per produrre sostanze nuove. Usare dei reagenti colorati è un buon modo di mostrare questo. Un altro modo è quello di costruire polimeri, come per esempio il nylon. Ci sono esperimenti in cui si può vedere il nylon che si forma attraverso l'unione delle stringhe di polimeri. Questa è una cosa eccitante, ma in tutte le scienze, in generale, bisognerebbe interessare le persone stimolando la loro curiosità: renderle curiose, fare in modo che possano sperimentare in prima persona, così che si pongano domande.

Negli Stati Uniti ci sono dei progetti chiamati *hands on* e anche in Francia c'è qualcosa di simile. Tuttavia, penso che si dovrebbero proporre e utilizzare con qualche cautela; infatti, non si può ridurre a questo la trasmissione della scienza, perché nella scienza non ci sono solo aspetti pratici, ma sono fondamentali anche i momenti teorici.

Anche se, spesso, la manipolazione è un buon modo di catturare l'interesse dei giovani, tuttavia è sempre necessario sottolineare l'importanza della matematica per fondare le basi teoriche di qualsiasi attività sperimentale.

v

Intervista rilasciata il 28 agosto 2003 in occasione della conferenza *Dalla materia alla vita* tenuta al XXIV Meeting per l'amicizia tra i popoli.