

## **À propos de génération moléculaire spontanée**

**Ernesto Di Mauro,**

Dipartimento di Biologia e Biotecnologie "Charles Darwin", Università di Roma "Sapienza", Italie.

La vie consiste en l'interaction intime entre métabolisme et génétique, tous deux organisés autour des éléments les plus répandus dans l'Univers (hydrogène, oxygène, azote, carbone).

L'interaction transmissible de cycles métaboliques et génétiques aboutit aux hypercycles de organisation et désorganisation de l'information chimique, du vivant et du non-vivant. La recherche de l'origine de la vie a longtemps souffert des attitudes divergentes présentées par les aphorismes «génétique-d'abord» ou «métabolisme-d'abord». Devançant l'opposition entre ces approches par un cadre théorique et expérimental unitaire, et considérant les aspects énergétiques, évolutifs, proto-métaboliques et proto-environnementaux nous proposons une voie simple qui amène à un système réactif prébiotique complet. En particulier, nous avons étudié les réactions synthétiques qui produisent, en partant des composés d'un atome de carbone HCN acide cyanhydrique et de sa forme hydrolysée  $\text{NH}_2\text{COH}$  formamide, et en présence de catalyseurs, les composés prébiotiquement plus importants. Nous avons observé, en présence de dizaines de catalyseurs d'origine terrestre et de 12 météorites, la formation de toutes les bases nucléiques présentes dans l'ARN et l'ADN, d'acides aminés, d'acides carboxyliques, et d'agents de condensation.

Dans le même cadre chimique on observe aussi la formation de nucléotides cycliques et leur polymérisation spontanée en oligonucléotides, leur liaison terminale fournissant des polymères plus étendus, une activité ribozymique qui permet le déplacement terminal de nucléotides entre oligomères générés abiotiquement. Les oligonucleotides à génération spontanée sont donc capables de produire, spontanément aussi, l'augmentation de l'information chimique du système.

Ces résultats entraînent la génération première de systèmes proto-métaboliques et proto-génétiques. Cela n'exigea pas une complexité excessive, étant plutôt le résultat de l'interaction entre le hasard combinatoire et la nécessité thermodynamique des atomes les plus abondants.

### **About spontaneous molecular generation.**

Life is made of the intimate interaction of metabolism and genetics, both built around the chemistry of the most common elements of the Universe (hydrogen, oxygen, nitrogen, carbon). The transmissible interaction of metabolic and genetic cycles results in hypercycles of organization and de-organization of chemical information, of living and non-living. The origin-of-life quest has long been split in several attitudes exemplified by the aphorisms "genetics-first" or "metabolism-first". Overstepping the opposition between these approaches by a unitary theoretical and experimental

frame and taking into account energetic, evolutionary, proto-metabolic and ur-environmental aspects, we propose a simple pathway leading to a complete prebiotic reactive system. Specifically, we analyze the synthetic reactions leading from the one-carbon atom compounds HCN and its hydrolyzed form  $\text{NH}_2\text{COH}$  formamide to prebiotically relevant compounds in the presence of catalysts. We observe the formation of all the extant biological nucleic bases, of carboxylic acids, of aminoacids and of condensing agents in the presence of tens of catalysts of terrestrial origin and of 12 meteorites. We also observe in the same chemical frame the formation of cyclic nucleotides and their spontaneous polymerization to oligonucleotides, their terminal ligation yielding longer polymers, a ribozyme activity causing the terminal transfer of nucleotides between in vitro abiotically generated oligomers. In vitro generated oligonucleotides thus automatically increase the chemical information of the system.

These results entail that the spontaneous generation of proto-metabolic and proto-genetic systems did not require exceeding complexity. Rather, it was probably the result of the interplay between combinatorial casuality and thermodynamic necessity of the existing most abundant atoms.