Van Helmont
(1579-1644)

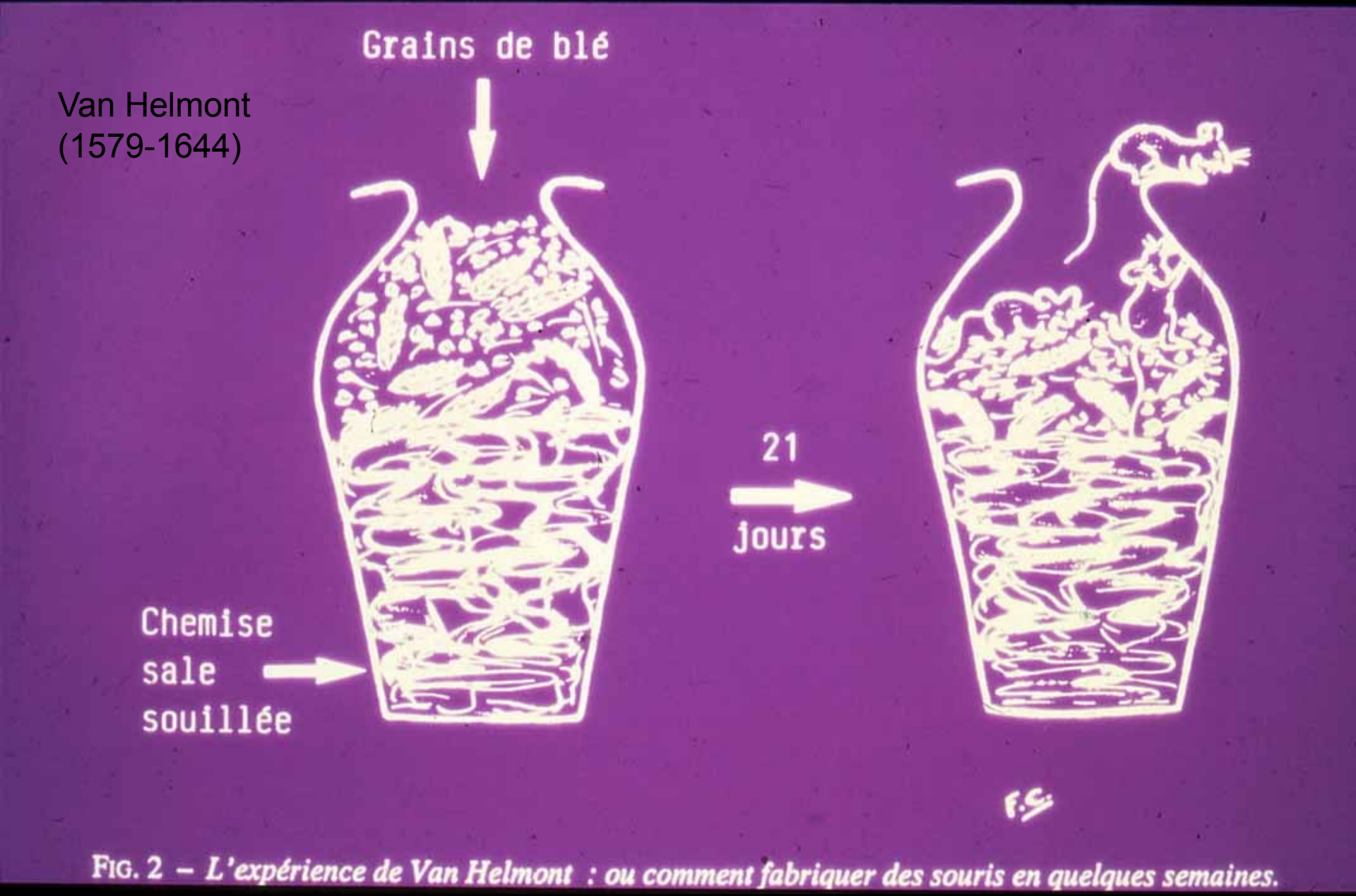


FIG. 2 – *L'expérience de Van Helmont : ou comment fabriquer des souris en quelques semaines.*

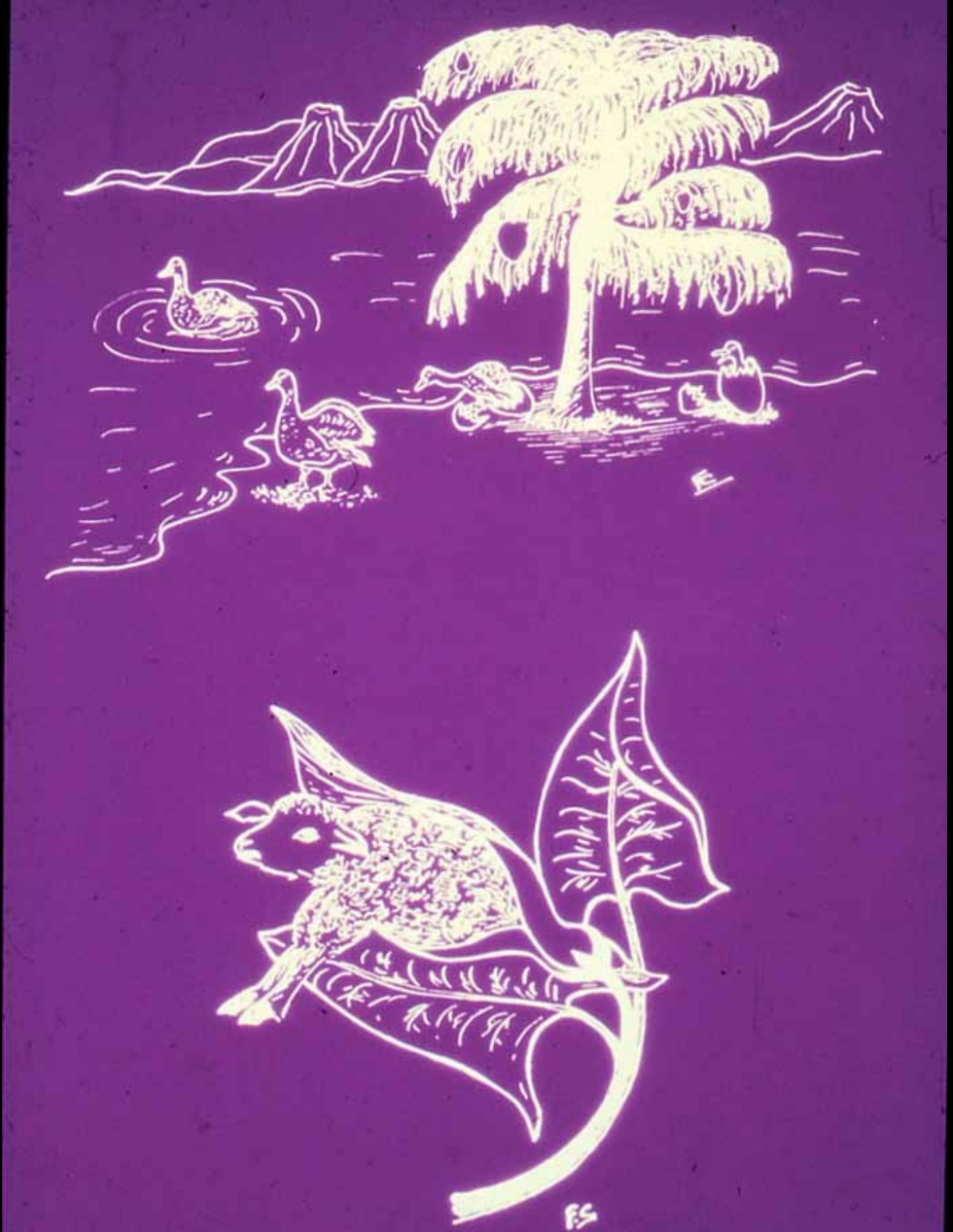
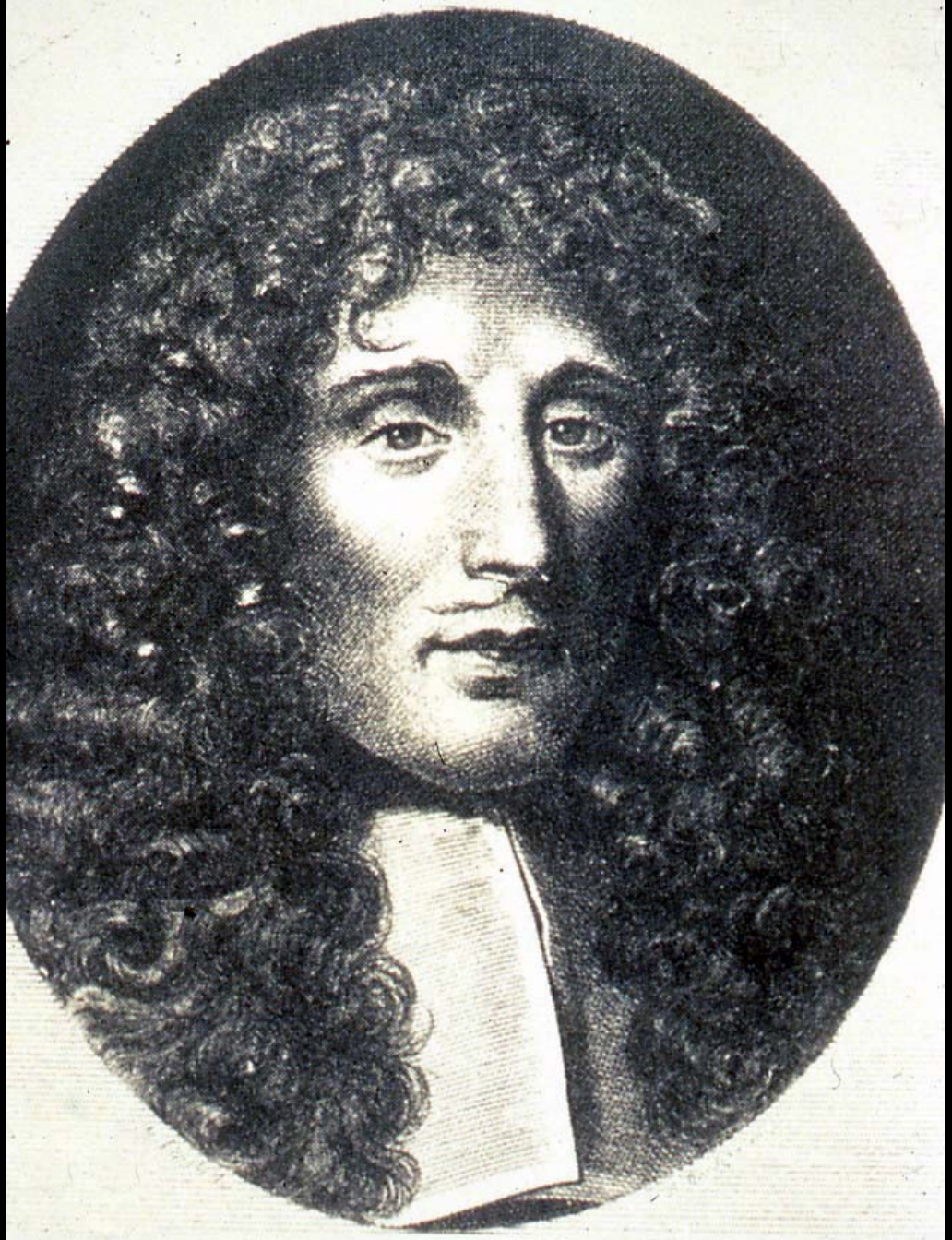


FIG. 1 – *Arbre à oie et agneau végétal.*
Des preuves de la génération spontanée rapportées par des voyageurs du Moyen Âge...

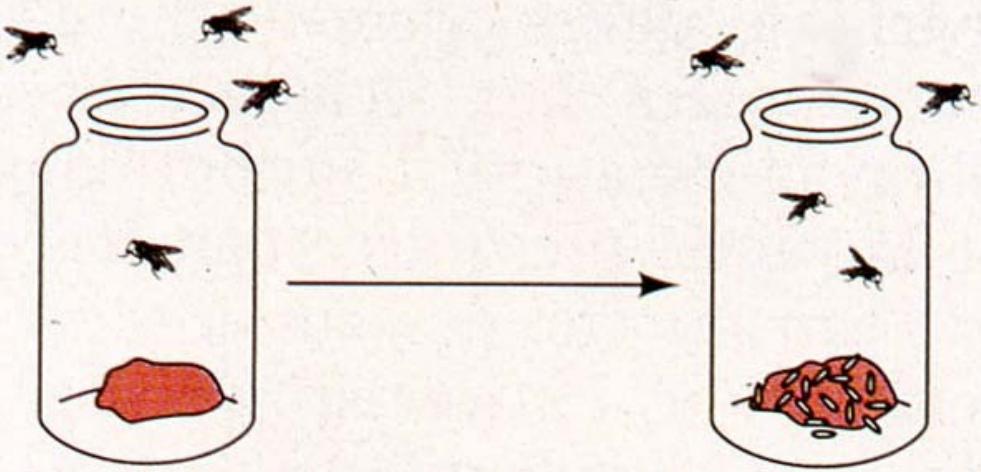
de génération spontanée. Il a aussi développé une analyse conceptuelle de ce phéno-
mène et a établi une véritable théorie qui a pu résister à l'épreuve du temps. Elle va

XVII^{ème} siècle



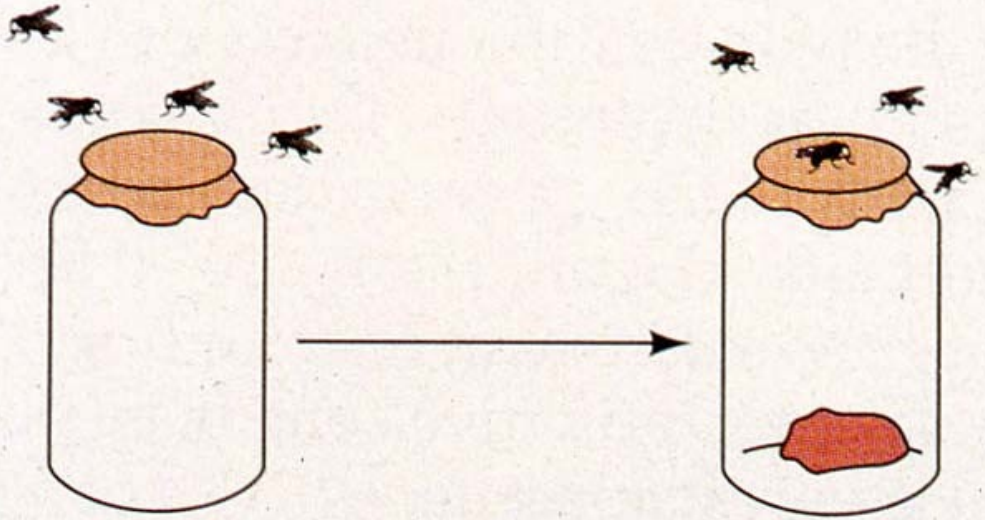
Francesco Redi

(*a*) **Expérience de Redi**



Bocal ouvert

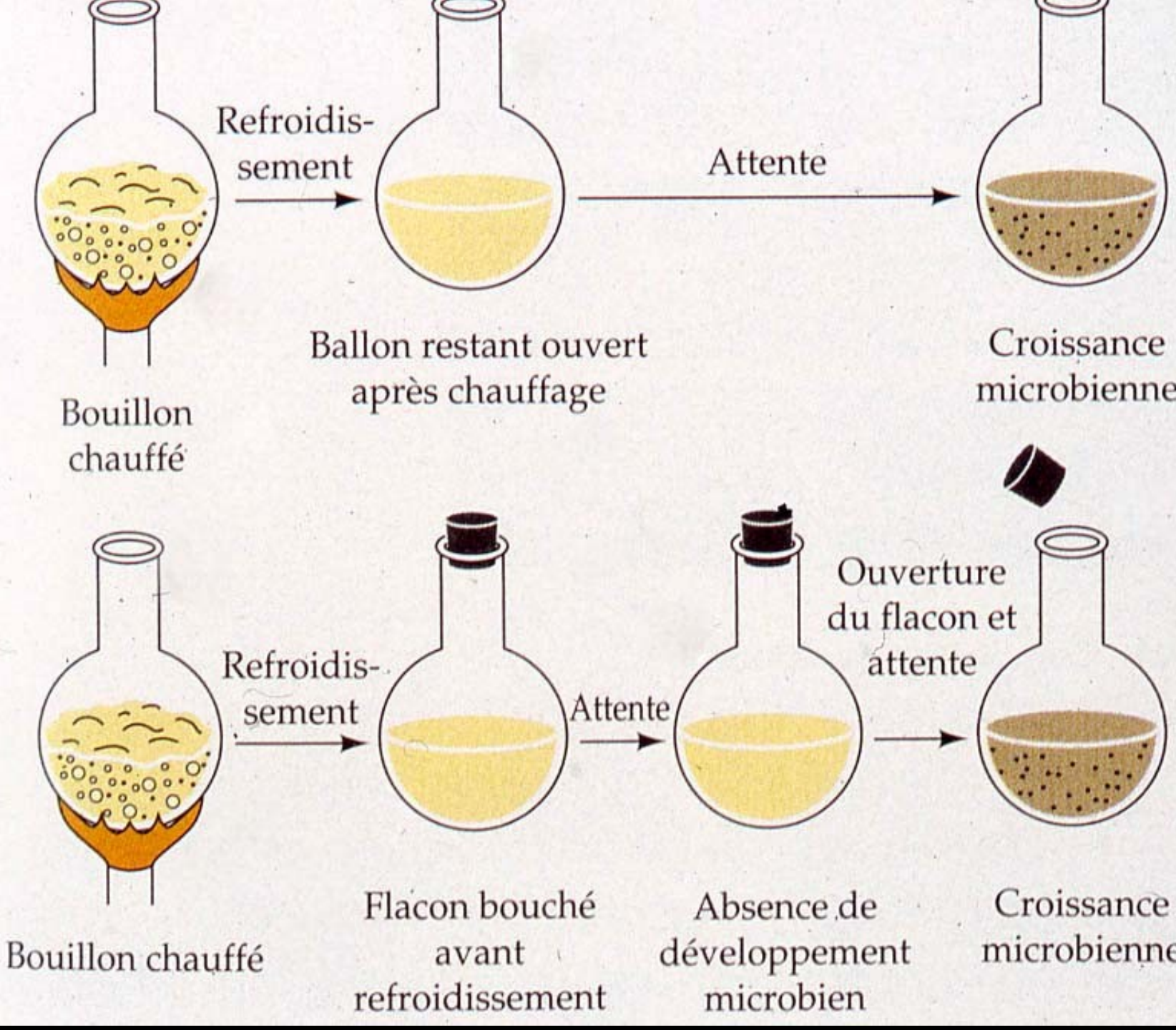
Viande grouillant d'asticots

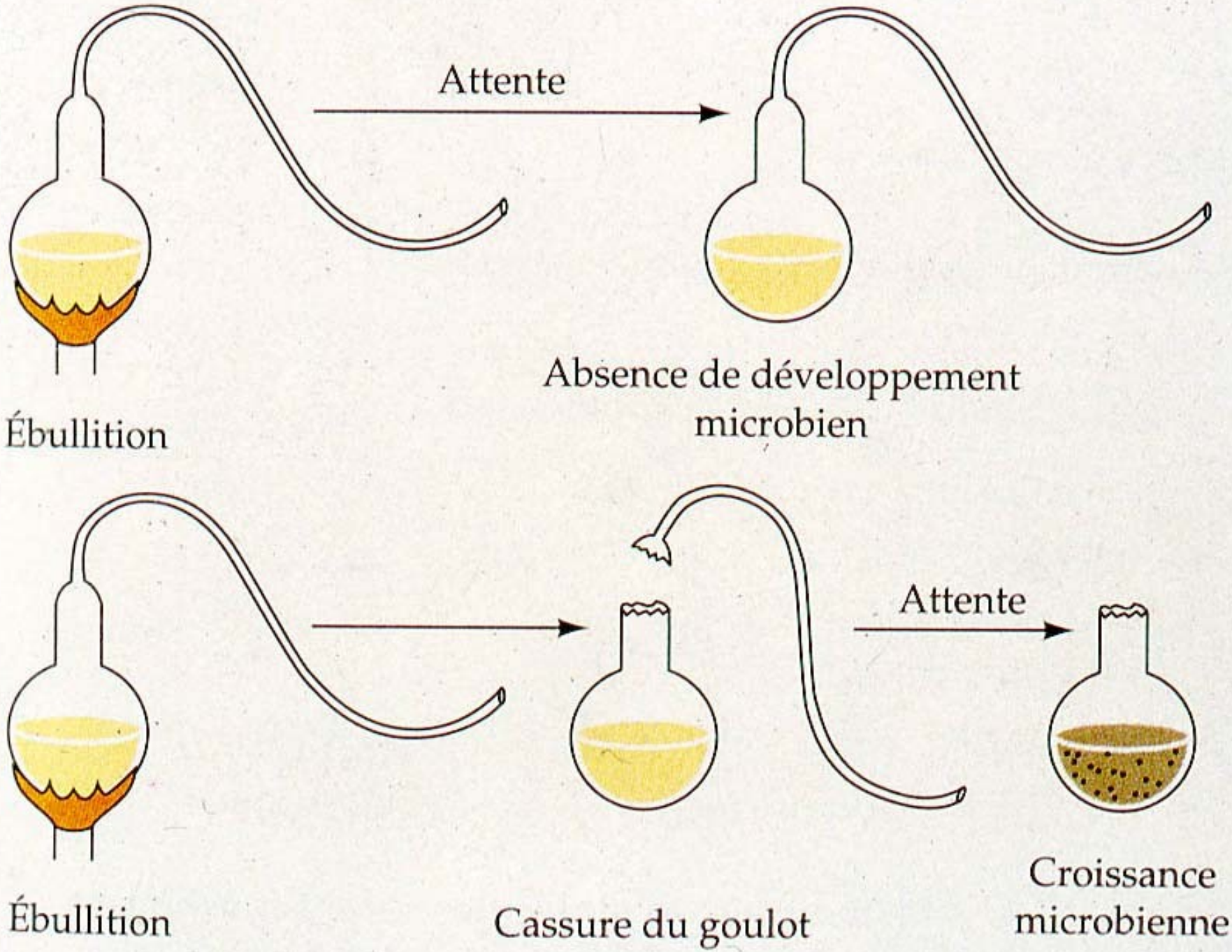


Bocal recouvert d'une gaze fine

Absence d'asticots sur la viande

XVIII^{ème} siècle


Refroidis-
sement
Attente
Bouillon
chauffé
Ballon restant ouvert
après chauffage
Croissance
microbienne
Refroidis-
sement
Attente
Ouverture
du flacon et
attente
Bouillon chauffé
Flacon bouché
avant
refroidissement
Absence de
développement
microbien
Croissance
microbienne


Attente
Absence de développement microbien
Ébullition
Attente
Ébullition
Cassure du goulot
Croissance microbienne

DOMAINE BIOLOGIQUE

Sociétés
Pluricellulaires
Unicellulaires
Bactéries

MATIERE VIVANTE

EVOLUTION

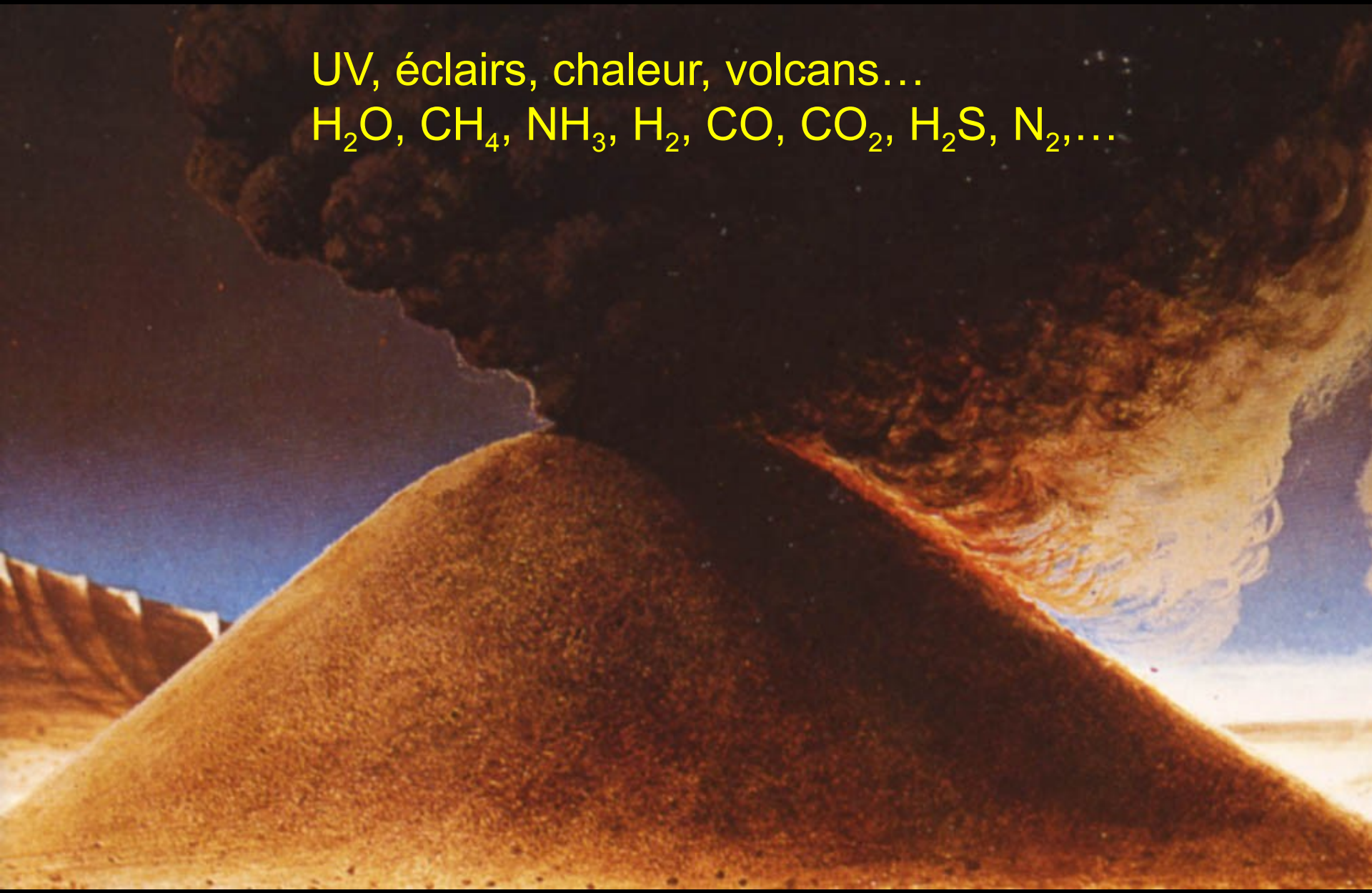
Stade prébiologique
Protoorganisme

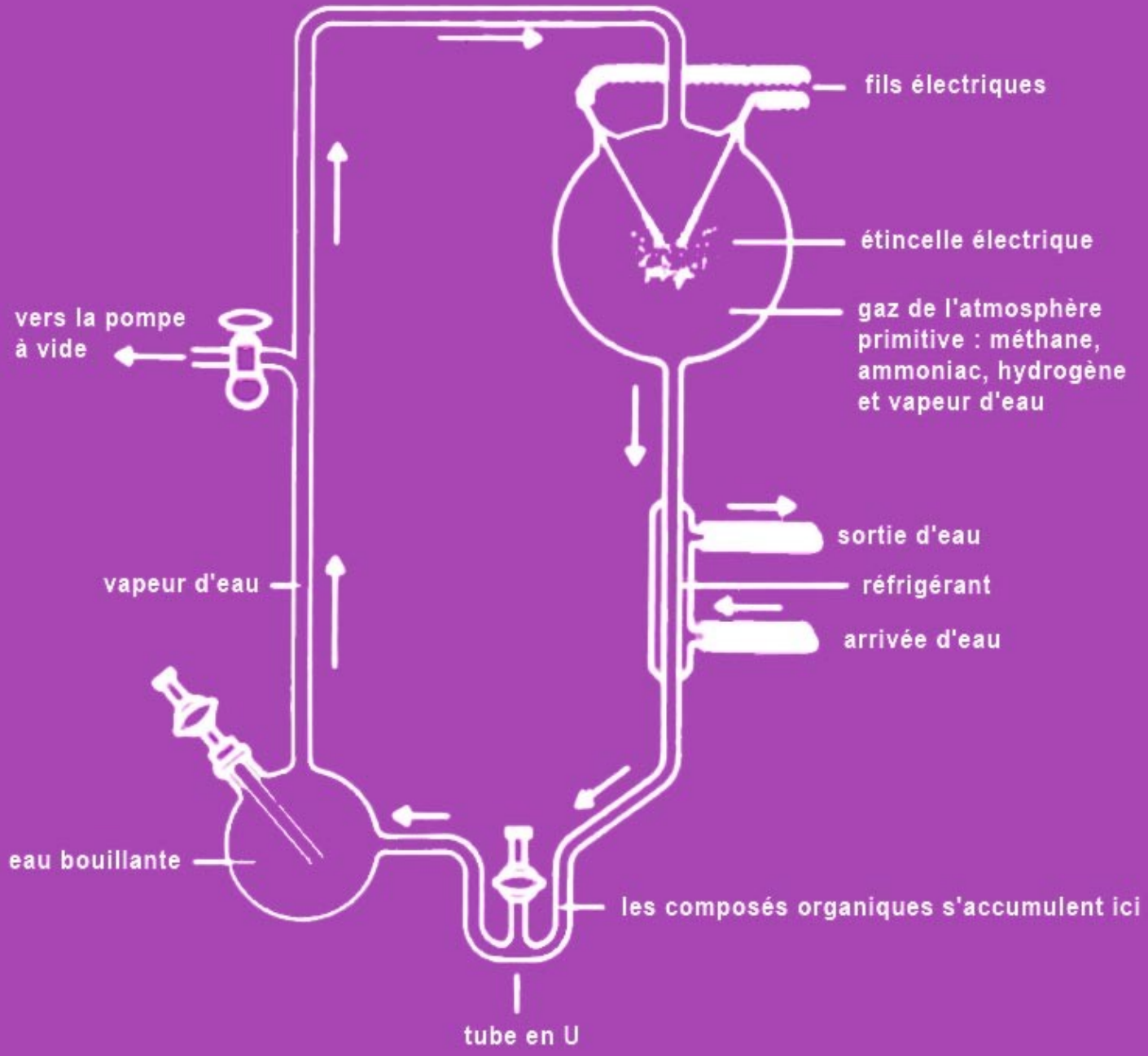
DOMAINE PHYSIQUE ET CHIMIQUE

Macromolécules (ADN,…)
Molécules simples
Atomes
Particules élémentaires

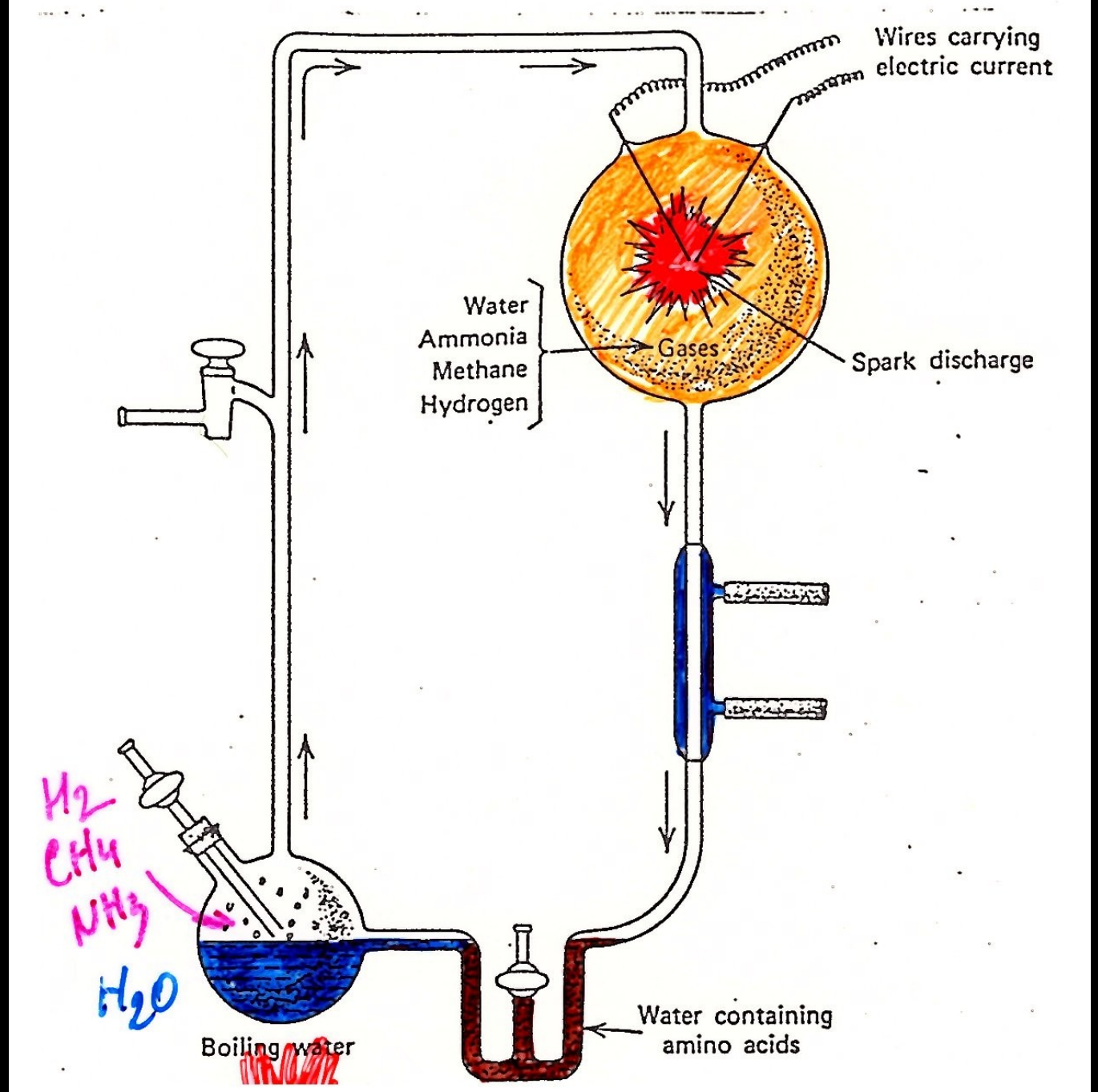
MATIERE INERTE

COMPLEXIFICATION


UV, éclairs, chaleur, volcans…
H_2O, CH_4, NH_3, H_2, CO, CO_2, H_2S, N_2,…

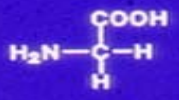


L'expérience de Miller (Astronomie, Éditions Larousse)

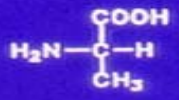

Wires carrying electric current
Water
Ammonia
Methane
Hydrogen
Gases
Spark discharge
H_2
CH_4
NH_3
H_2O
Boiling water
Water containing amino acids

Les protéines résultent de l'enchaînement de vingt acides aminés différents, de formule générale :

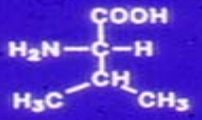
Les vingt acides aminés trouvés dans les protéines



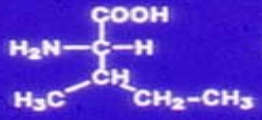
glycine



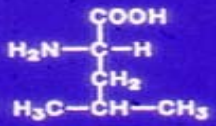
alanine



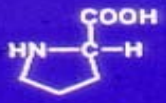
valine



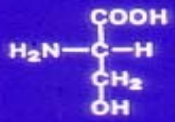
isoleucine



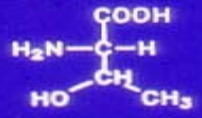
leucine



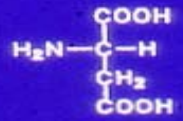
proline



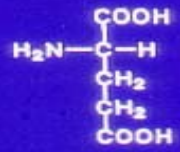
sérine



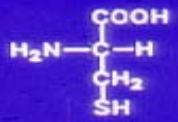
thréonine



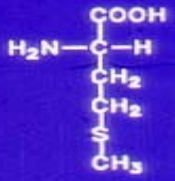
acide aspartique



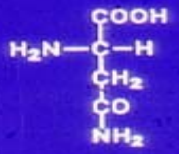
acide glutamique



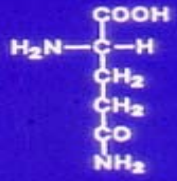
cystéine



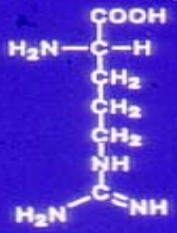
méthionine



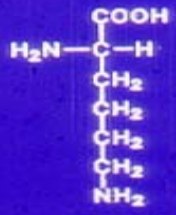
asparagine



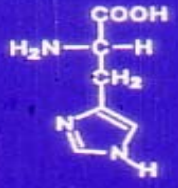
glutamine



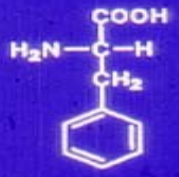
arginine



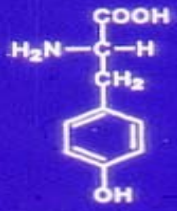
lysine



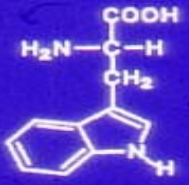
histidine



phénylalanine

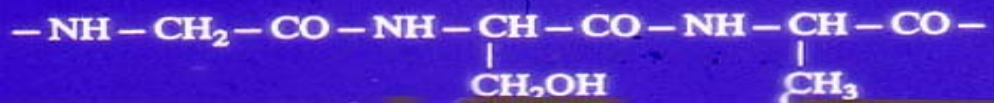


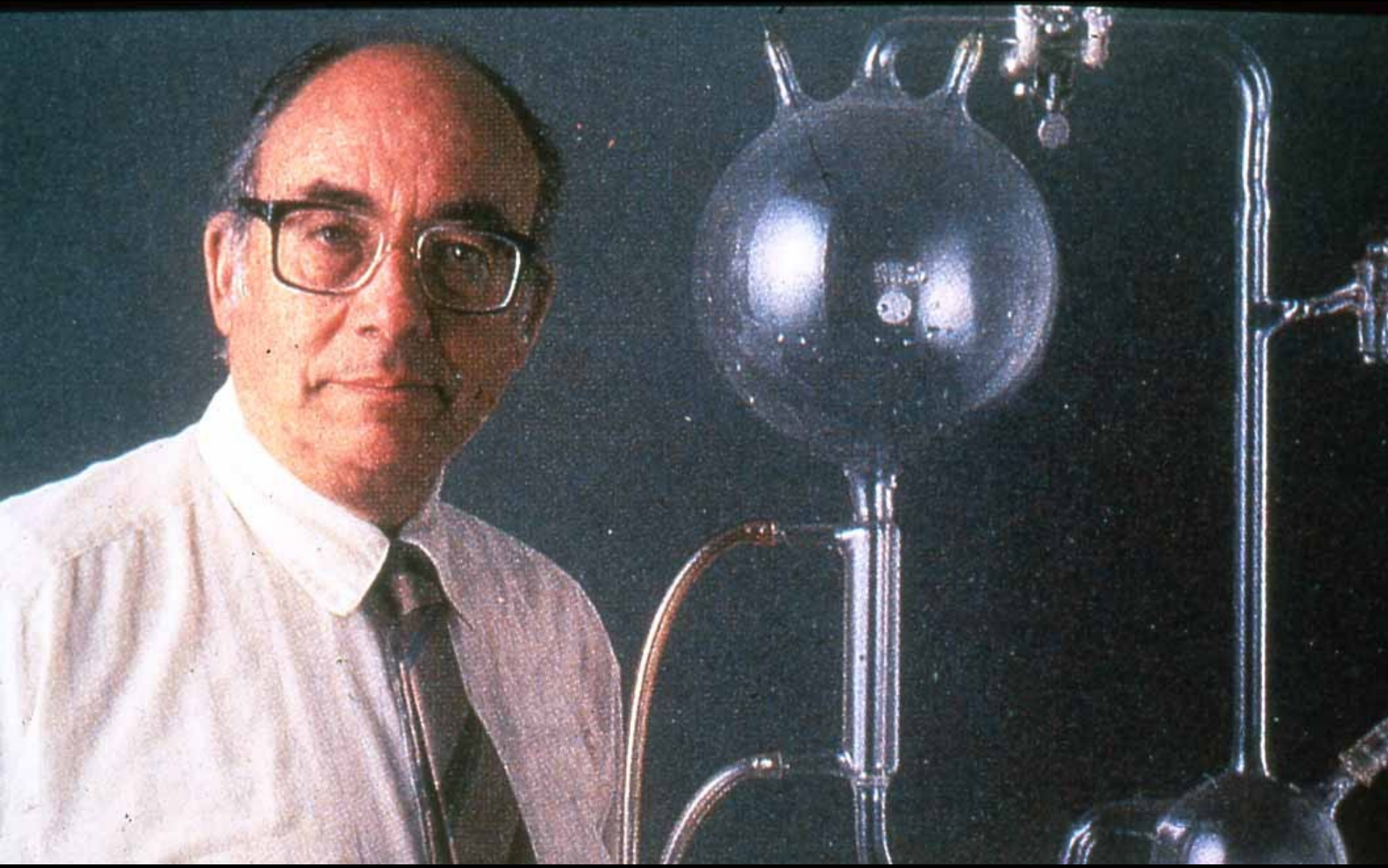
tyrosine

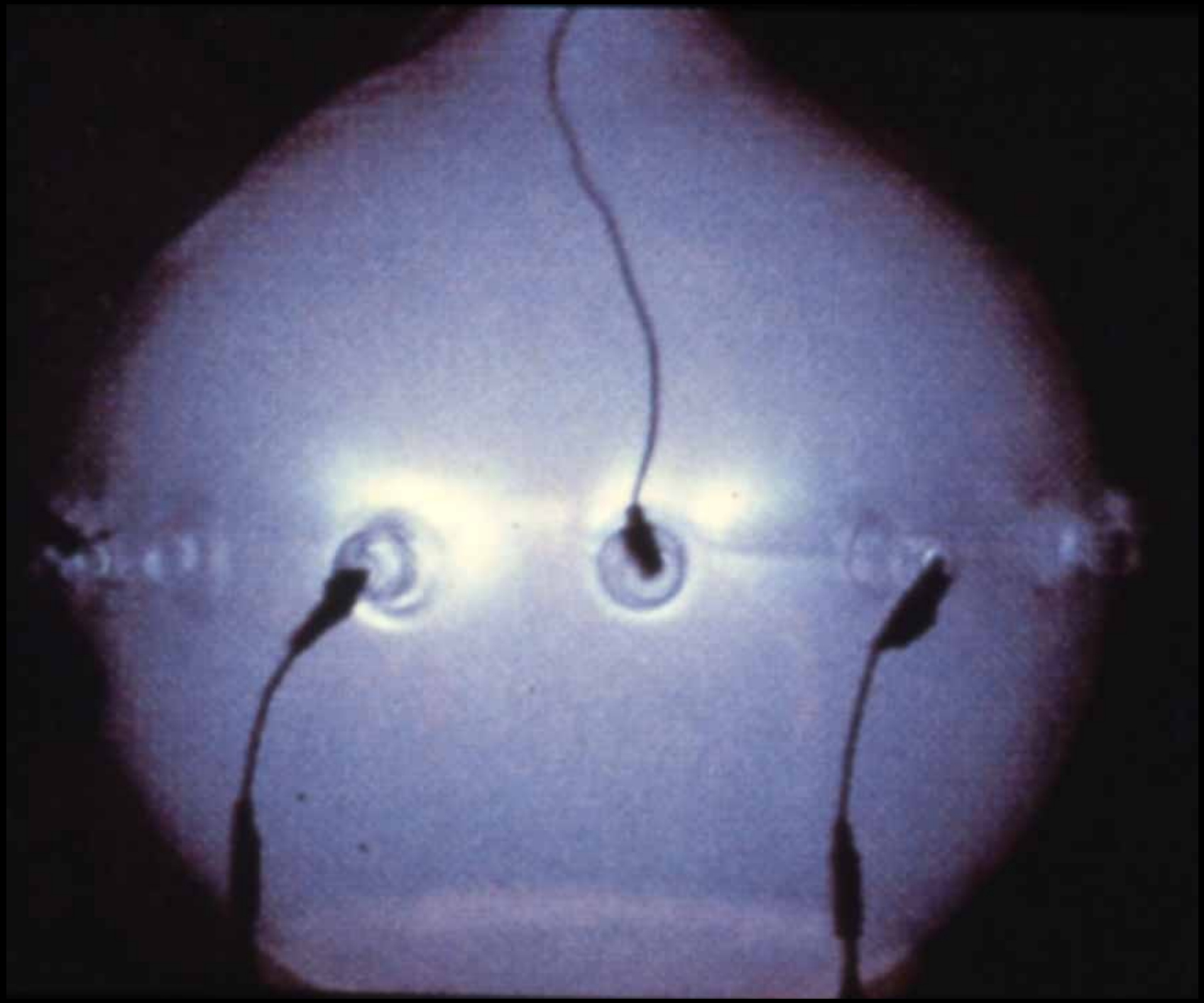


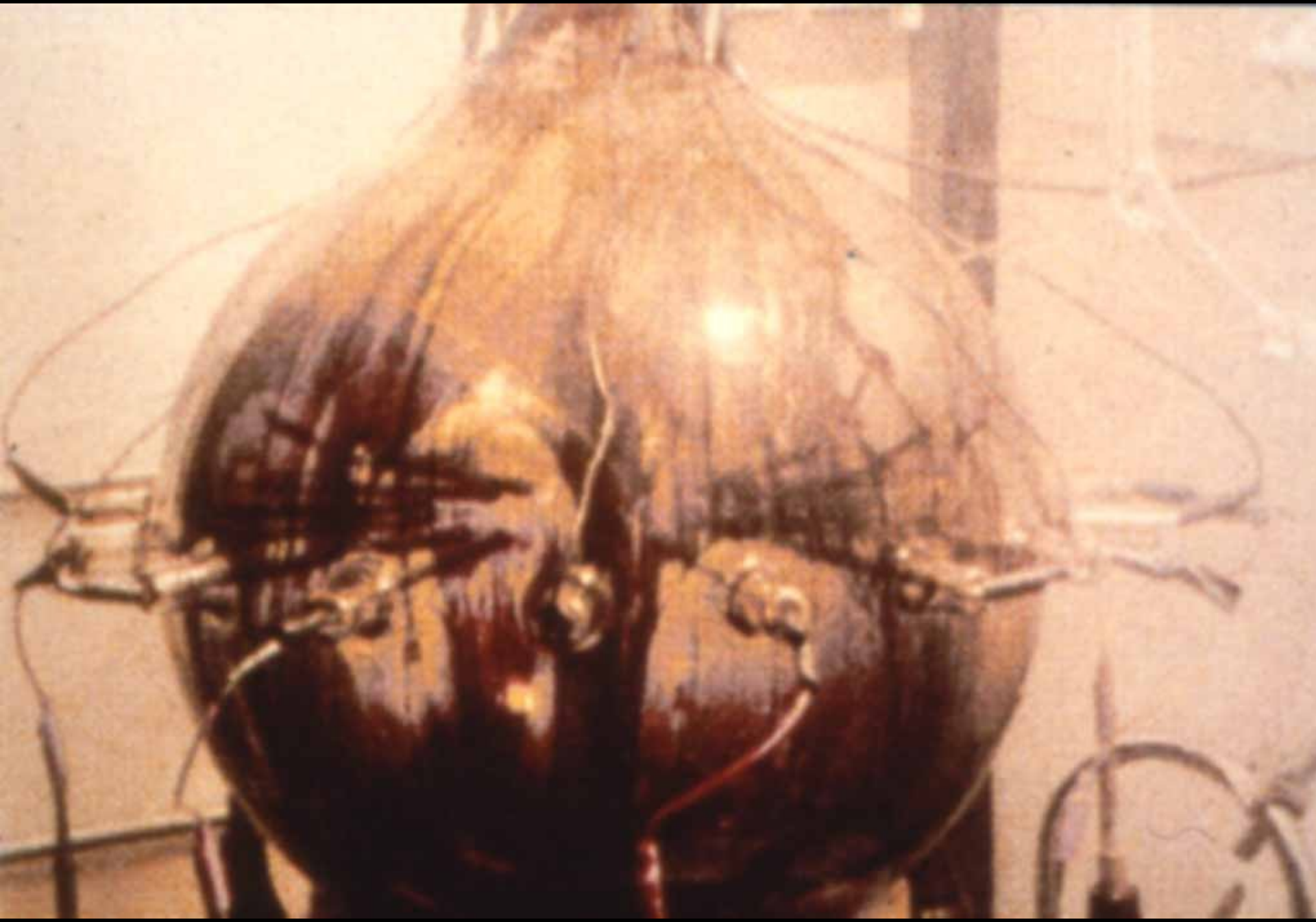
tryptophane

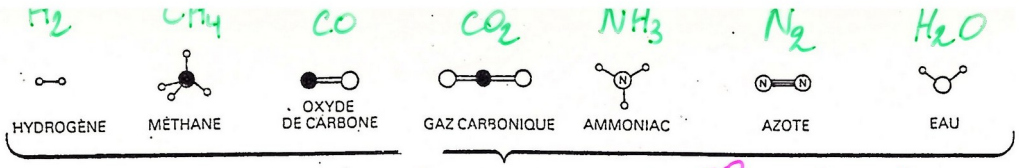
Exemple de séquence protéique :

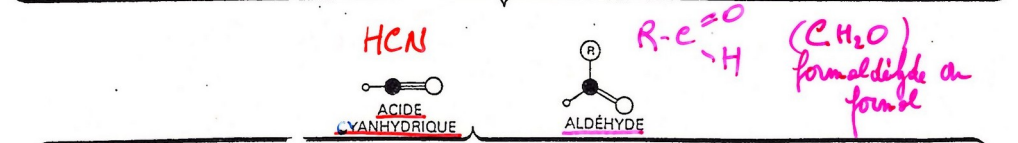


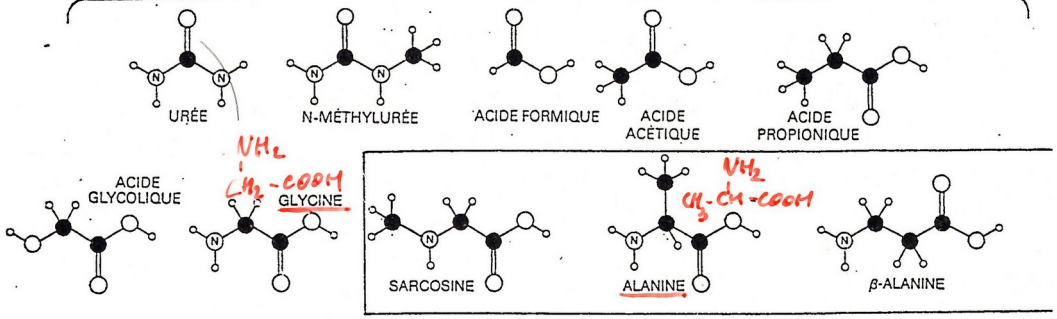


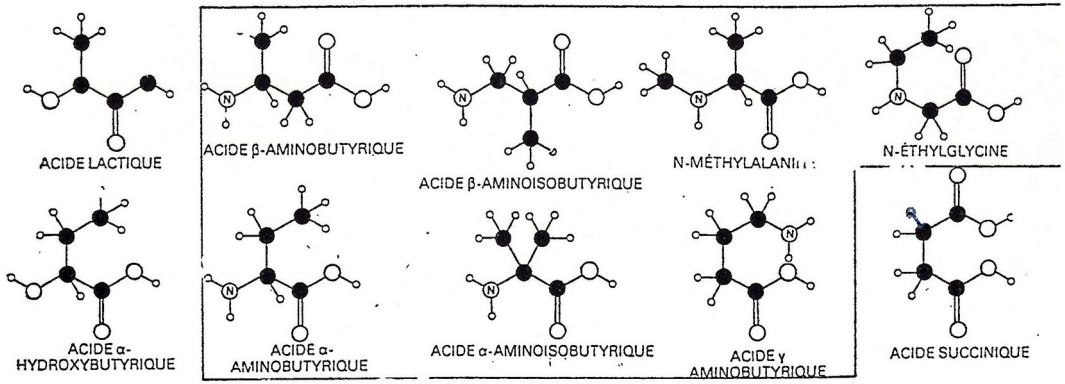


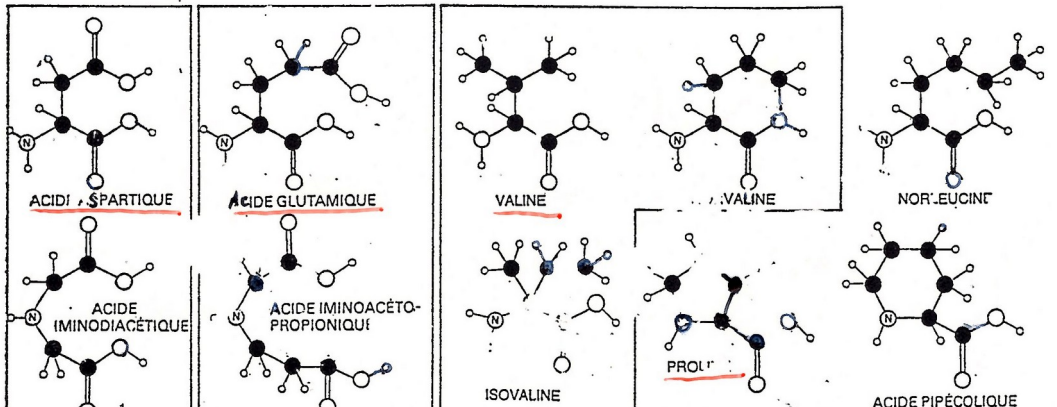



H_2
CH_4
CO
CO_2
NH_3
N_2
H_2O
HYDROGÈNE
MÉTHANE
OXYDE DE CARBONE
GAZ CARBONIQUE
AMMONIAC
AZOTE
EAU

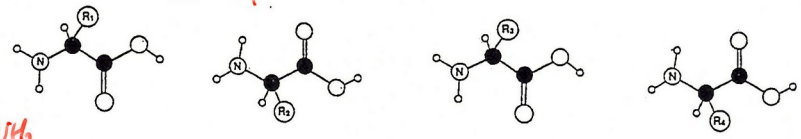

HCN
ACIDE CYANHYDRIQUE
ALDÉHYDE
$R-C(=O)-H$
(CH_2O) formaldéhyde ou formol


URÉE
N-MÉTHYLURÉE
ACIDE FORMIQUE
ACIDE ACÉTIQUE
ACIDE PROPIONIQUE
ACIDE GLYCOLIQUE
NH_2
CH_2-COOH
GLYCINE
SARCOSINE
NH_2
$CH_3-CH-COOH$
ALANINE
β-ALANINE

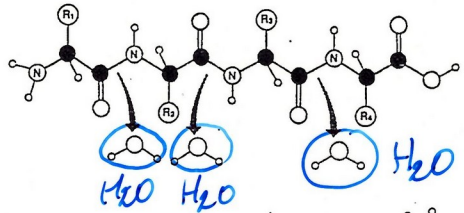

ACIDE LACTIQUE
ACIDE β-AMINOBUTYRIQUE
ACIDE β-AMINOISOBUTYRIQUE
N-MÉTHYLALANINE
N-ÉTHYLGLYCINE
ACIDE α-HYDROXYBUTYRIQUE
ACIDE α-AMINOBUTYRIQUE
ACIDE α-AMINOISOBUTYRIQUE
ACIDE γ AMINOBUTYRIQUE
ACIDE SUCCINIQUE


ACIDE ASPARTIQUE
ACIDE GLUTAMIQUE
VALINE
VALINE
NORLEUCINE
ACIDE IMINODIACÉTIQUE
ACIDE IMINOACÉTO-PROPIONIQUE
ISOVALINE
PROLINE
ACIDE PIPÉCOLIQUE

PROTÉINES

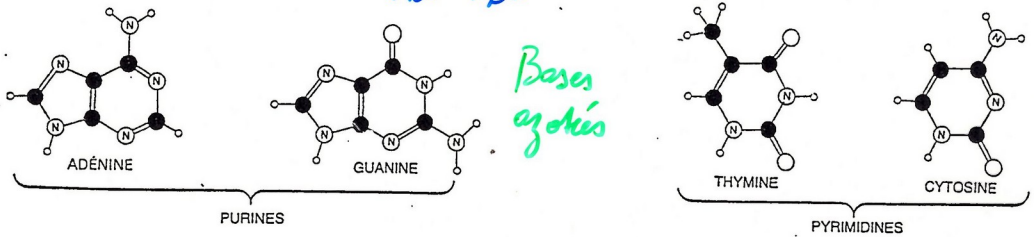


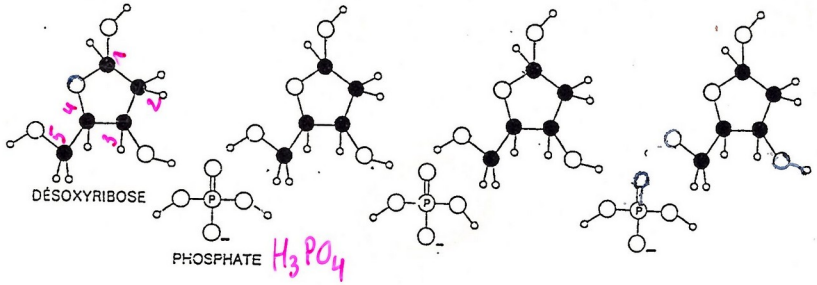
ACIDES AMINÉS

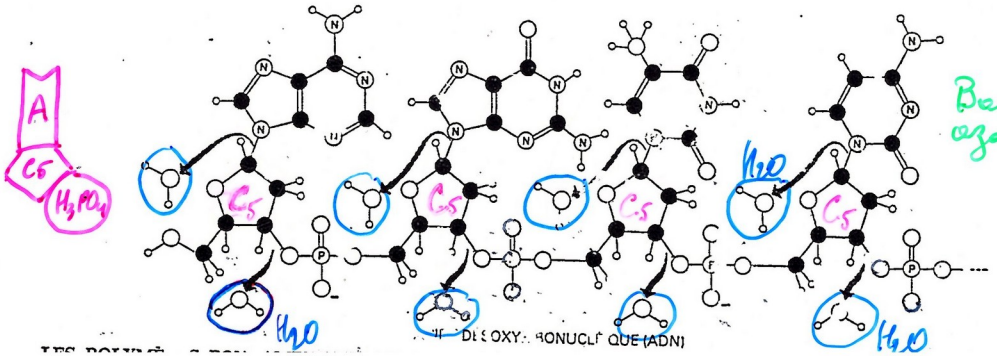


PROTÉINE

ACIDES NUCLÉIQUES



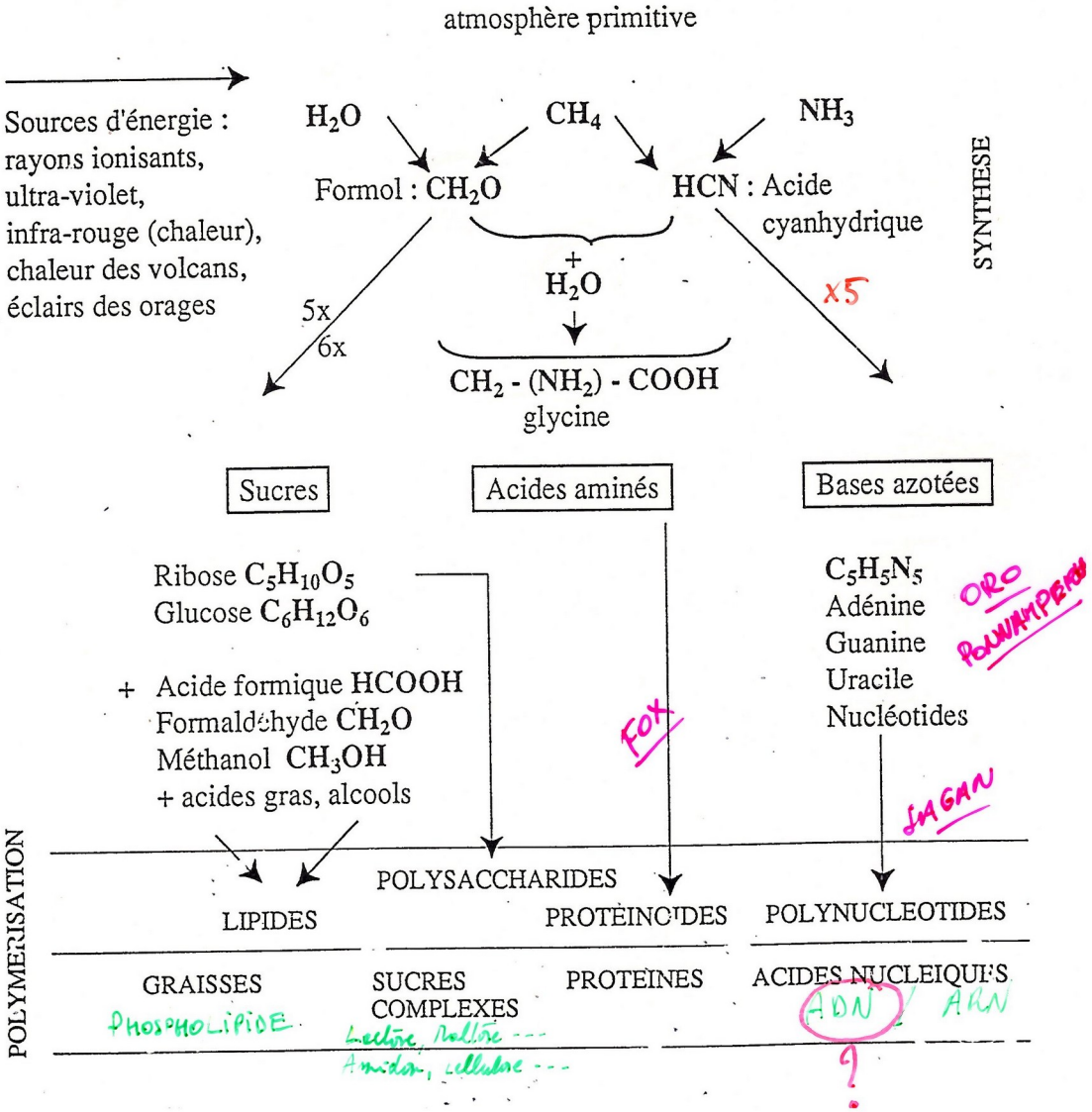




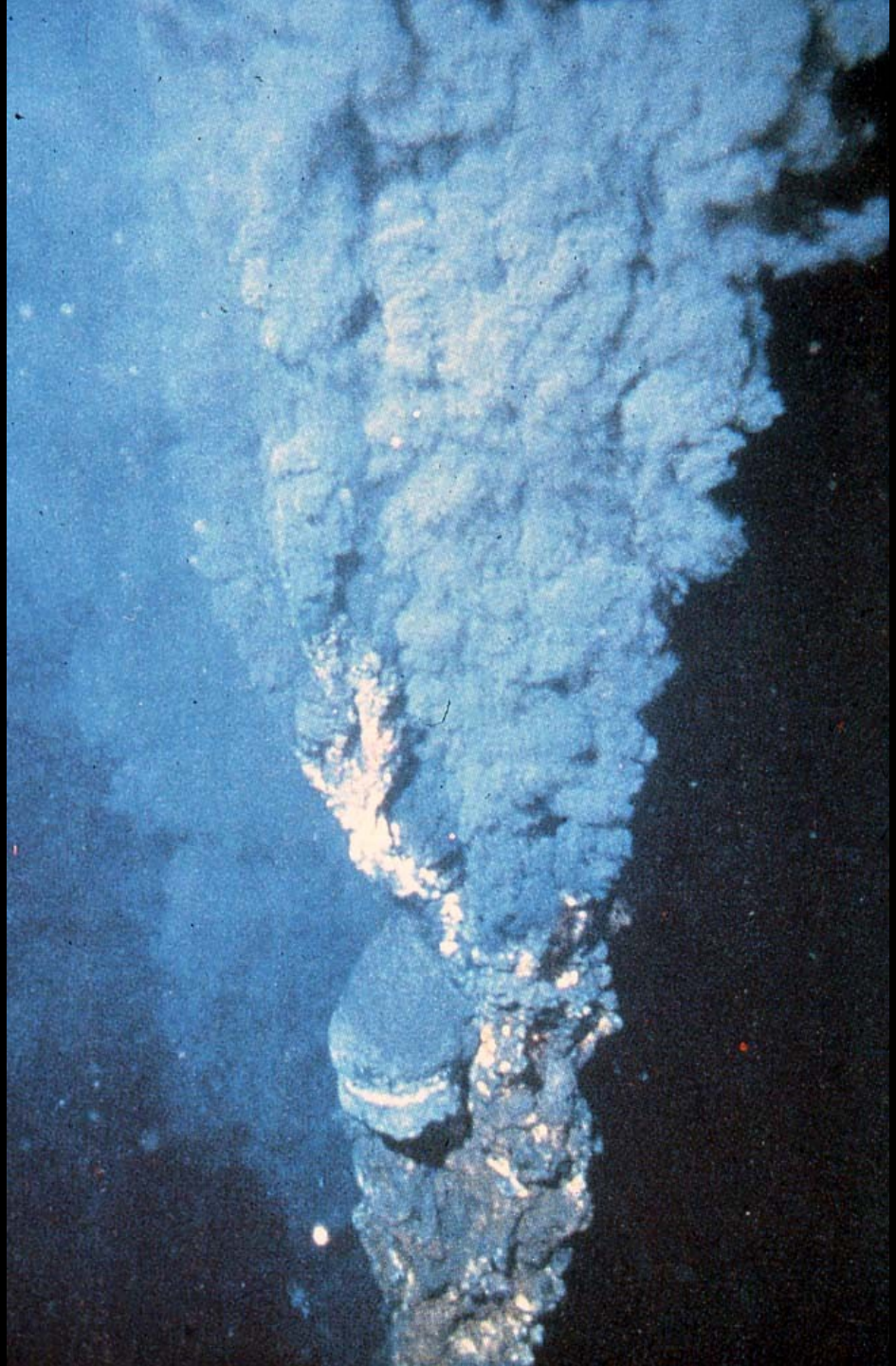
$HCN + H_2O + CH_2O$

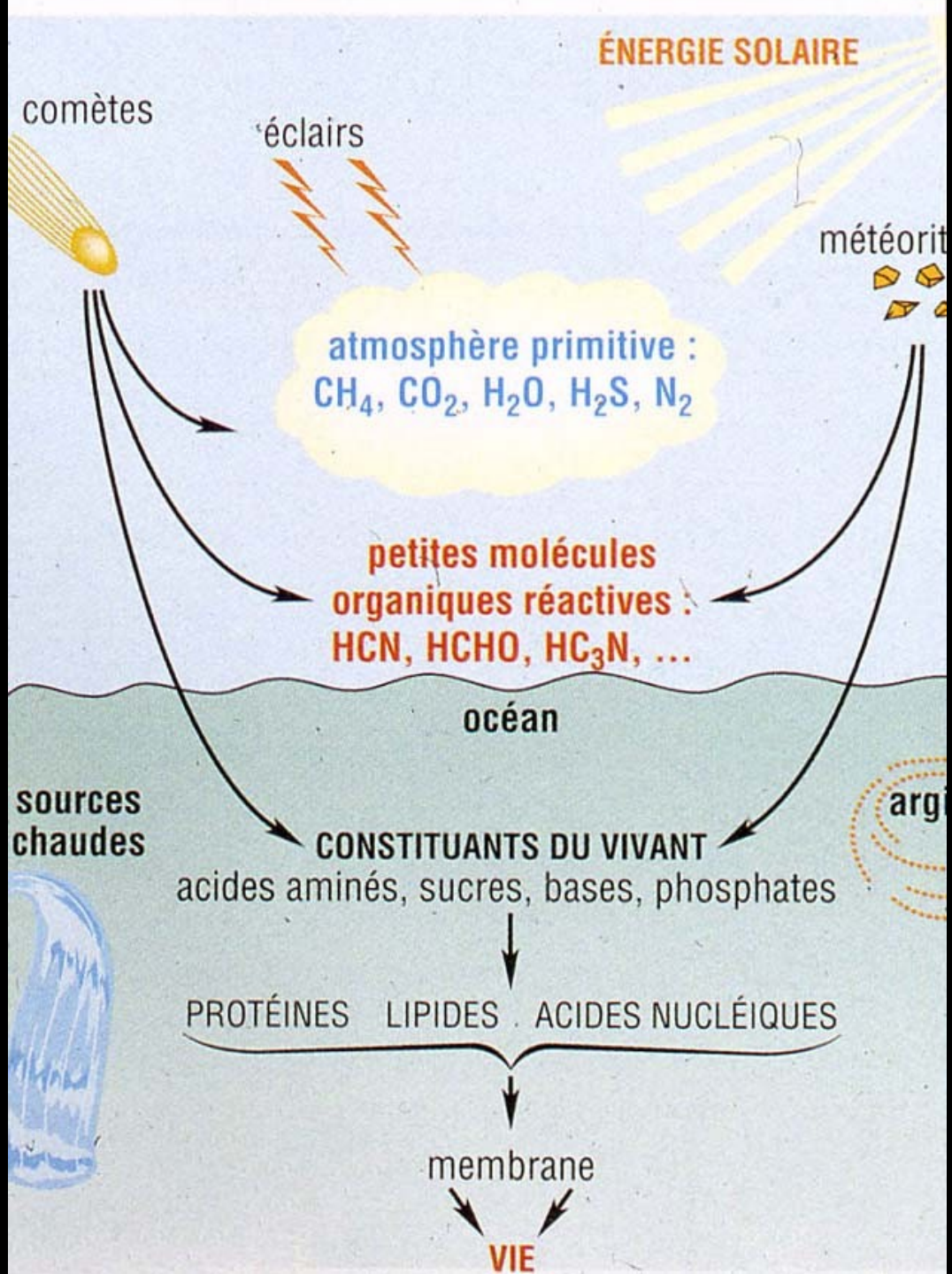
NH_2
$CH_2 - COOH$ A.A. simple (GLYCINE)

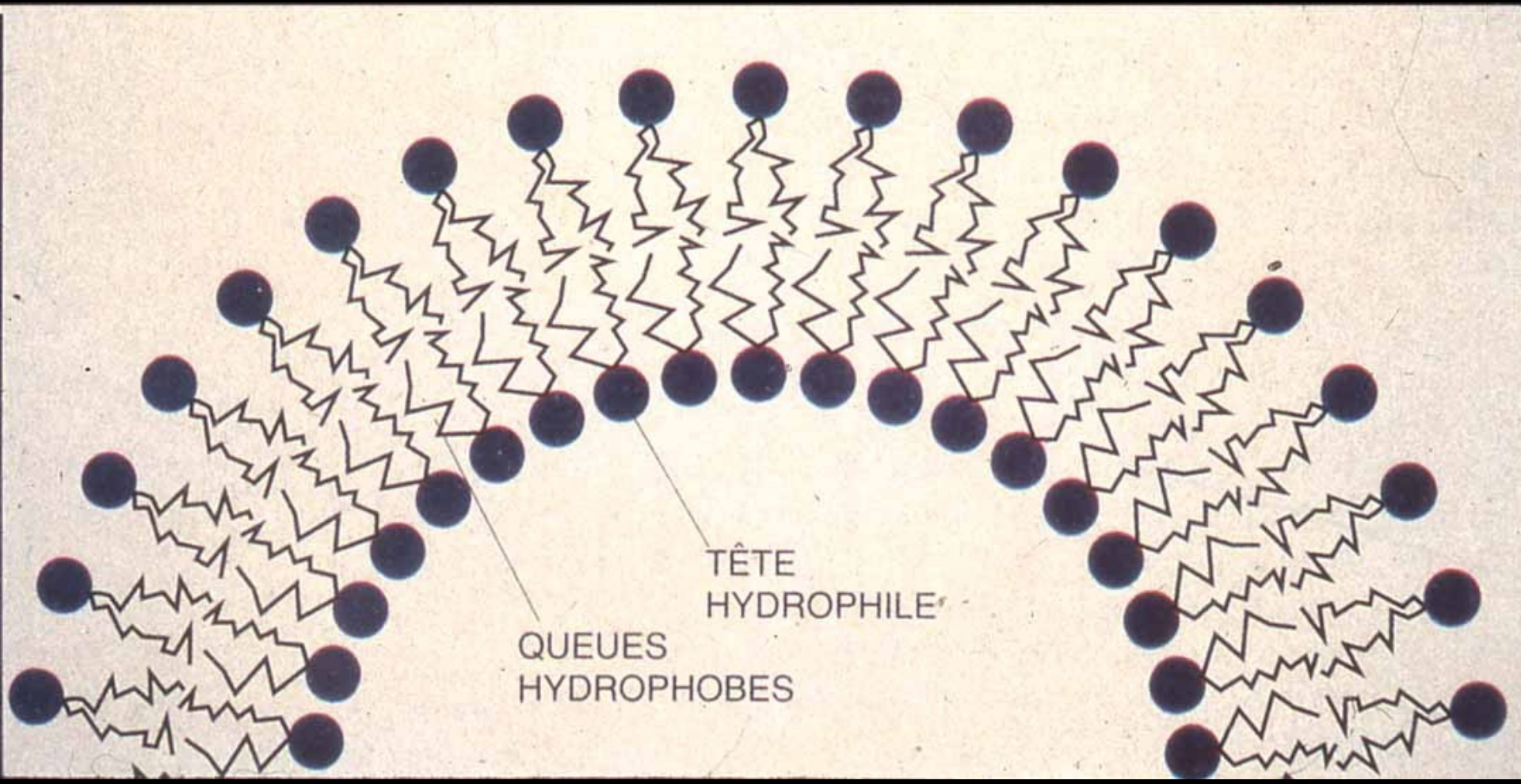
Tableau généalogique des molécules organiques

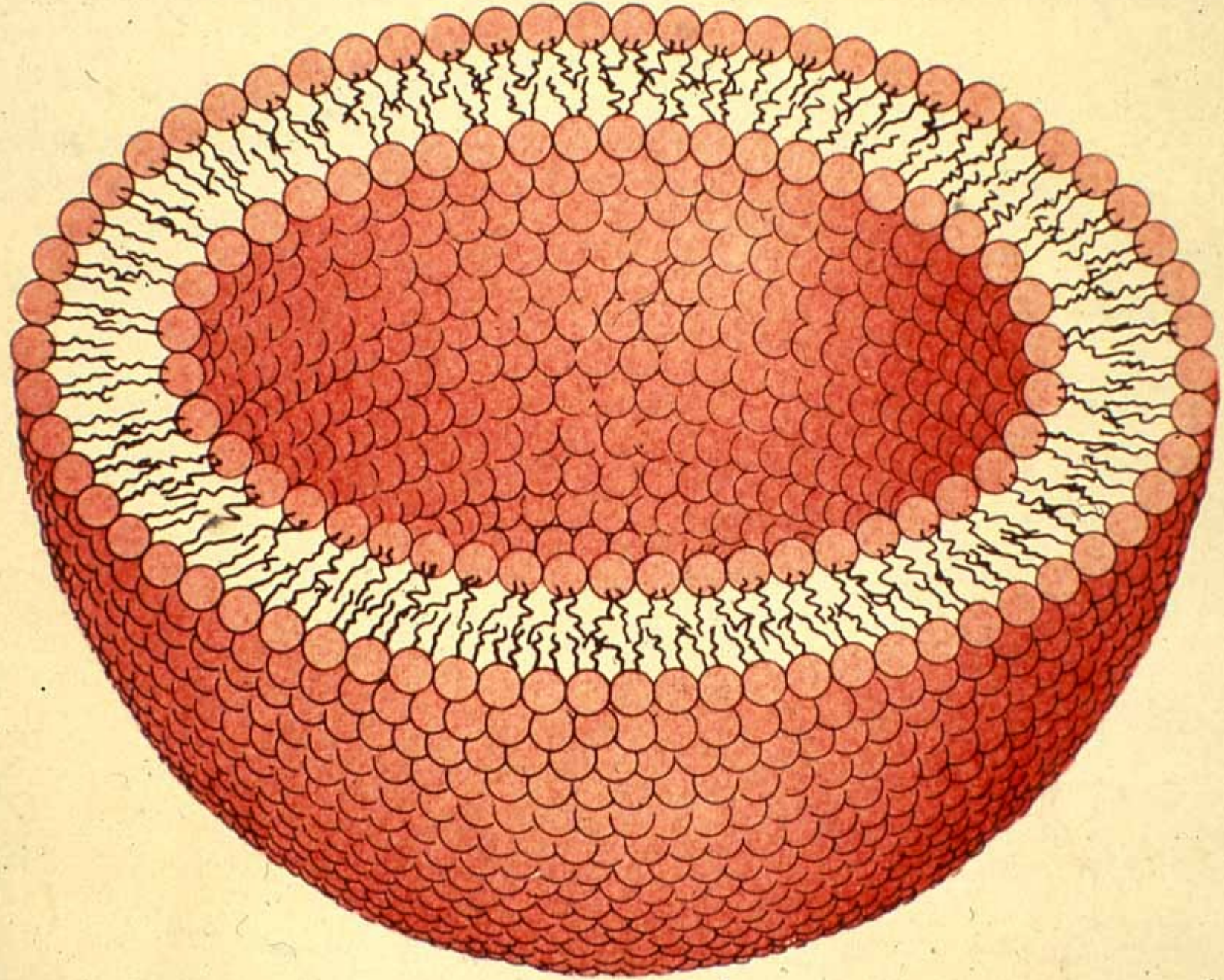


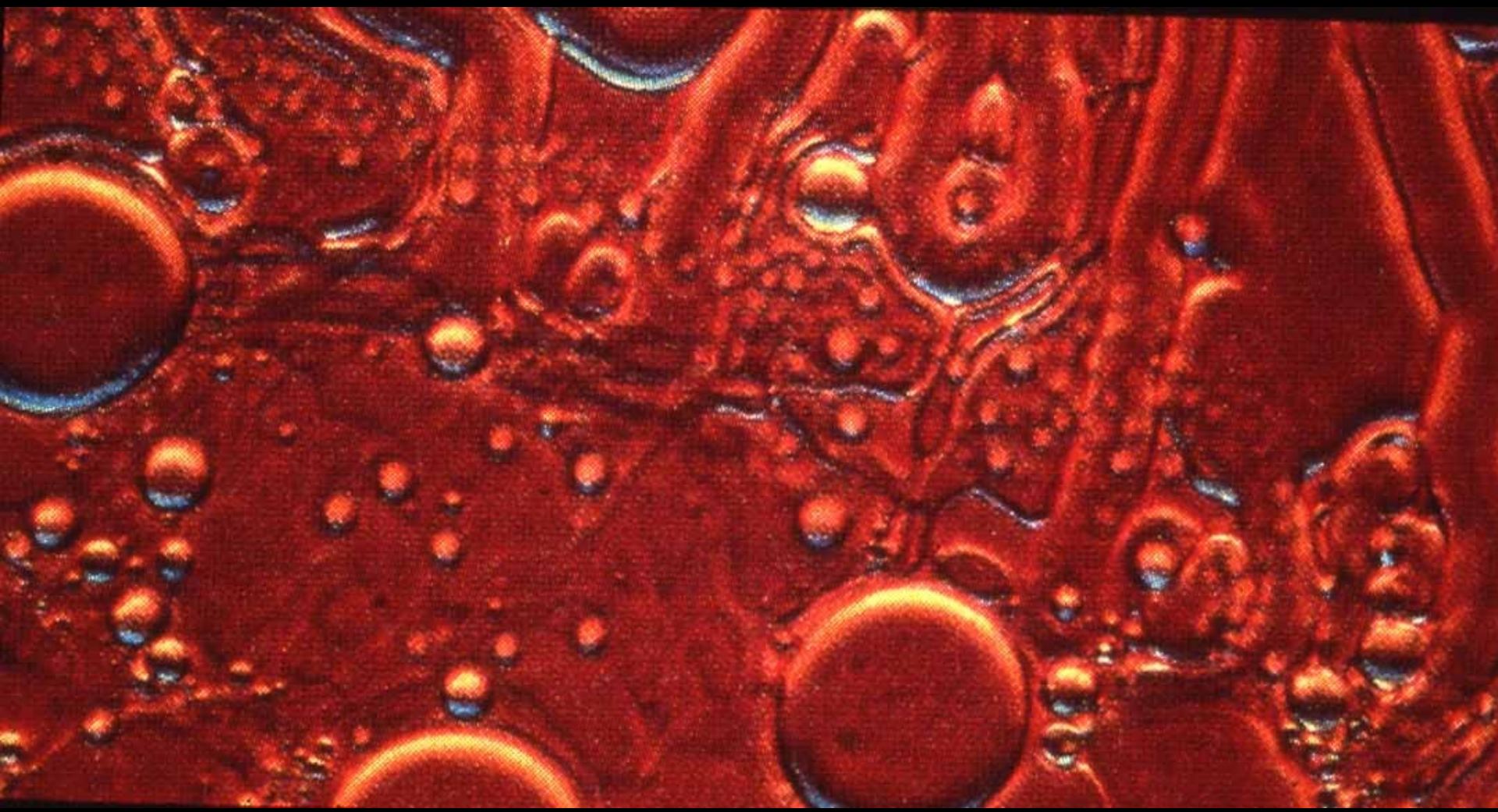
ACIDE AMINE	MÉTÉORITE MURCHISON	EXPÉRIENCE DE DÉCHARGE
GLYCINE	• • • •	• • • •
ALANINE	• • • •	• • • •
ACIDE α-AMINO-*N*-BUTYRIQUE	• • •	• • • •
ACIDE α-AMINO-ISOBUTYRIQUE	• • • •	• •
VALINE	• • •	• •
NORVALINE	• • •	• • •
ISOVALINE	• •	• •
PROLINE	• • •	•
ACIDE PIPÉCOLIQUE	•	•
ACIDE ASPARTIQUE	• • •	• • •
ACIDE GLUTAMIQUE	• • •	• •
-ALANINE	• •	• •
ACIDE β-AMINO-*N*-BUTYRIQUE	•	•
ACIDE β-AMINO-ISOBUTYRIQUE	•	•
ACIDE γ-AMINOBUTYRIQUE	•	• •
ARCOSINE	• •	• • •
-ÉTHYLGLYCINE	• •	• • •
-MÉTHYLALANINE	• •	• •

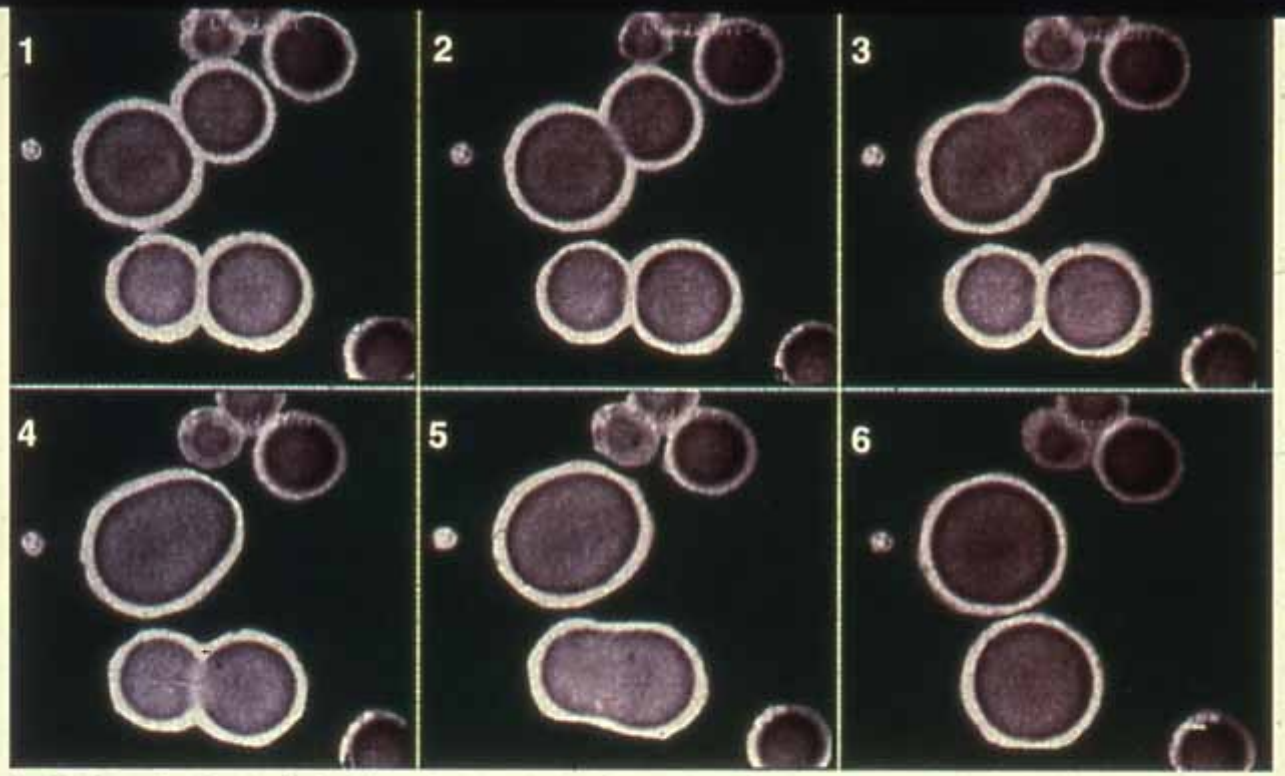



ÉNERGIE SOLAIRE
comètes
éclairs
météorit
atmosphère primitive :
CH_4, CO_2, H_2O, H_2S, N_2
petites molécules
organiques réactives :
HCN, HCHO, HC_3N, ...
océan
sources
chaudes
CONSTITUANTS DU VIVANT
acides aminés, sucres, bases, phosphates
PROTÉINES LIPIDES ACIDES NUCLÉIQUES
membrane
VIE


TÊTE
HYDROPHILE
QUEUES
HYDROPHOBES

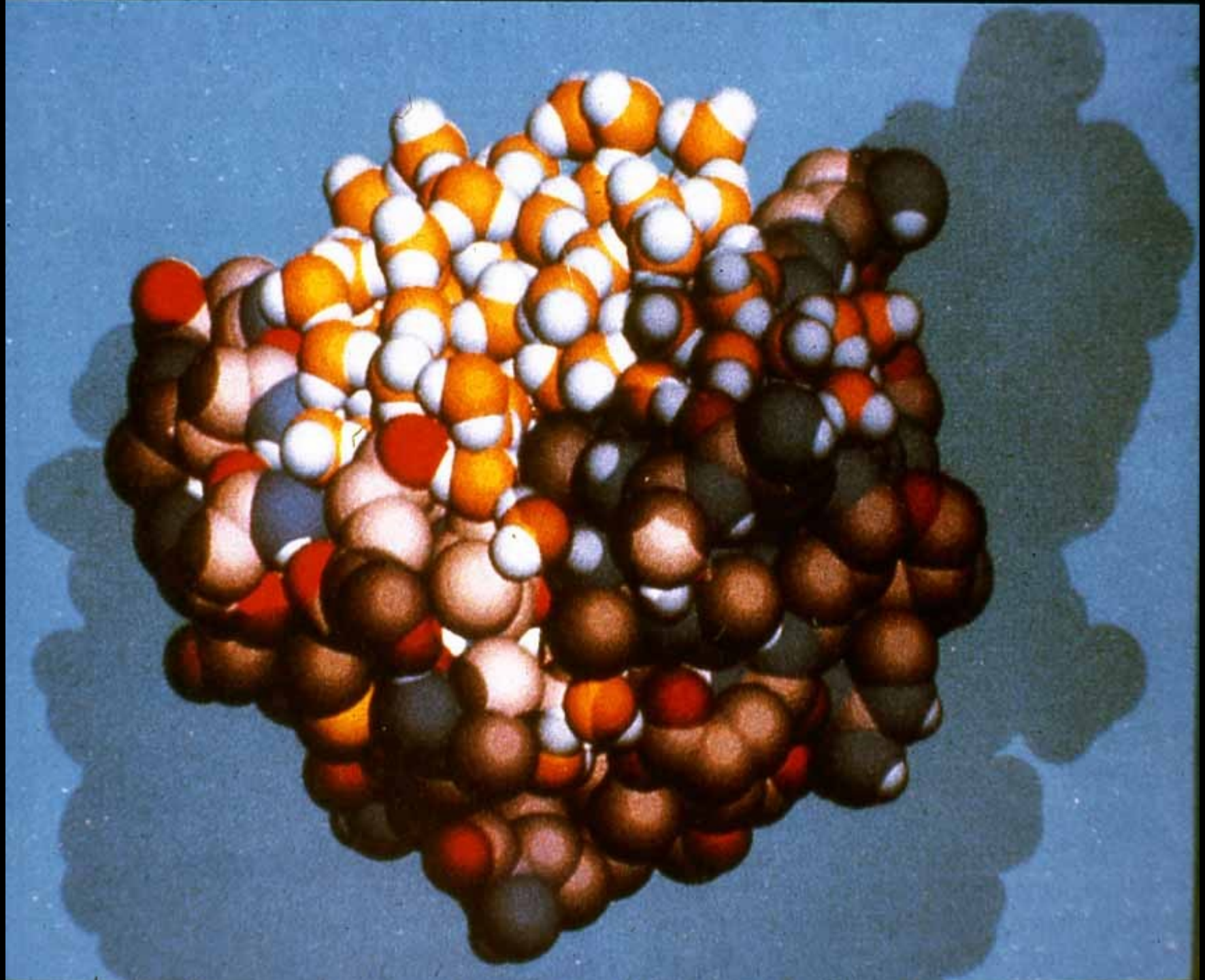


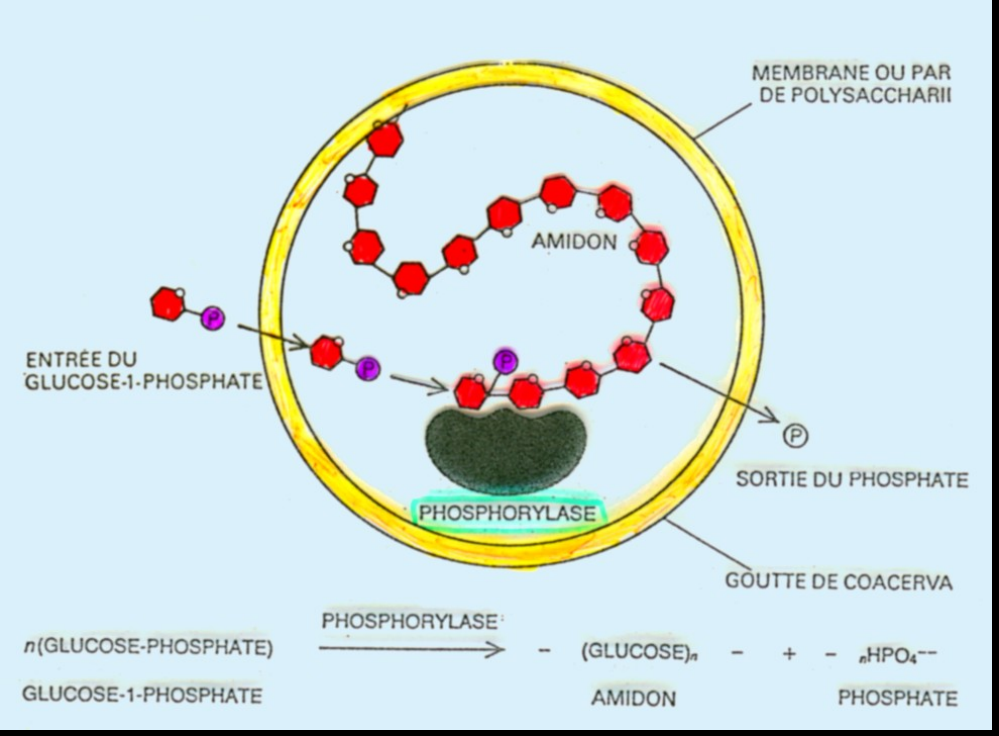


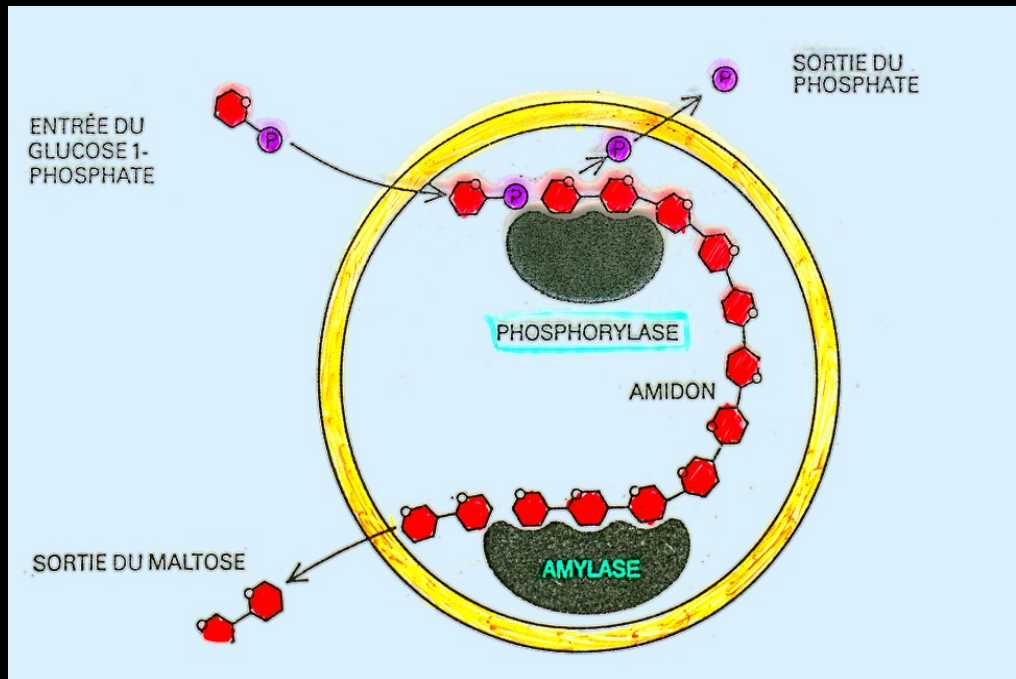


1. Fusion de deux vésicules géantes (diamètre égal à quelques dizaines de micromètres). Le phénomène, déclenché par l'ajout d'acétate de sodium à la solution contenant les vésicules, s'effectue en quelques secondes.

2. Endocytose d'une vésicule par une vésicule géante limitée par une membrane à deux couches de phospholipides. L'ensemble du phénomène, déclenché par l'ajout d'acide dipi-



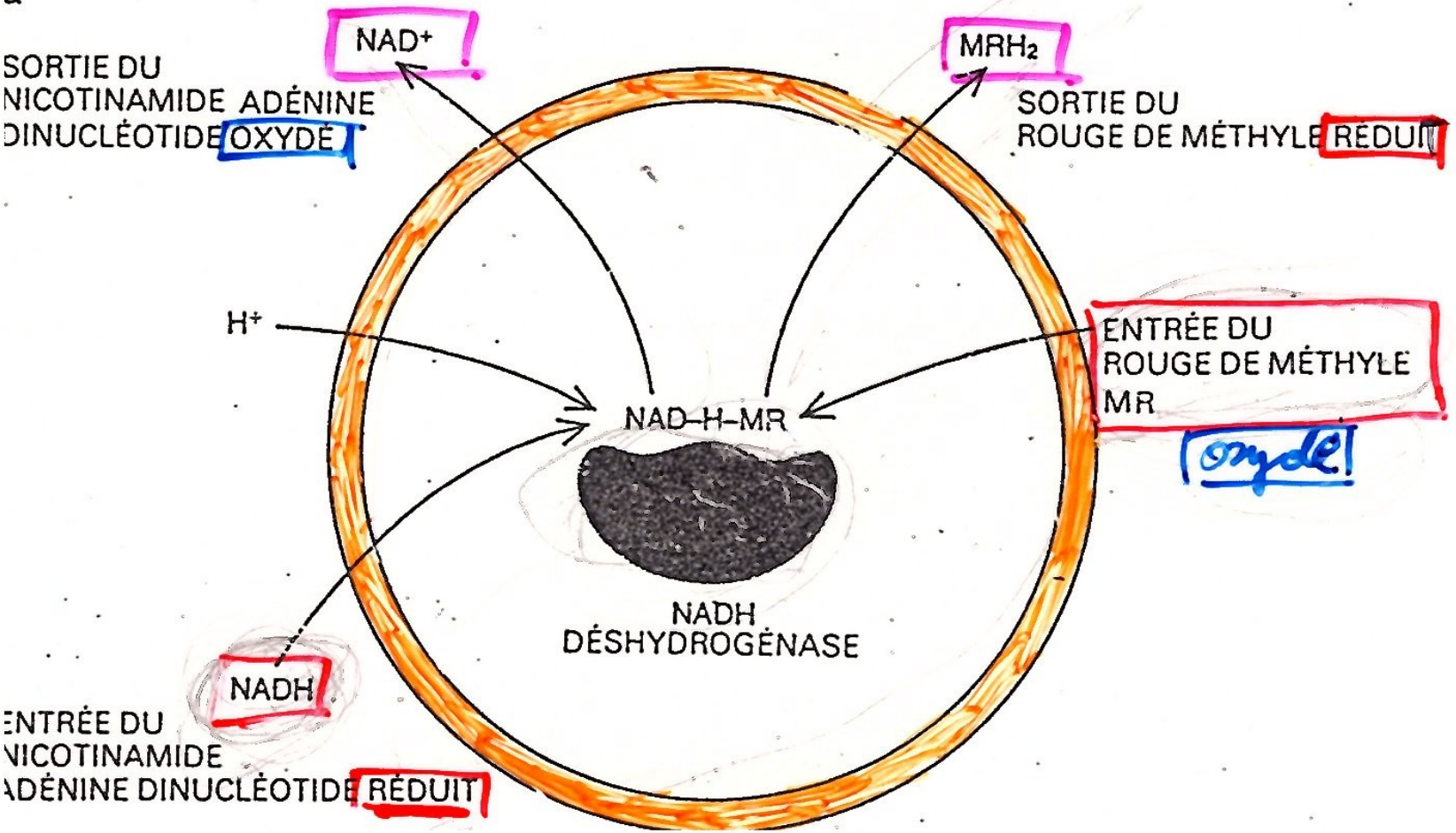

MEMBRANE OU PAR
DE POLYSACCHARII
AMIDON
ENTRÉE DU
GLUCOSE-1-PHOSPHATE
SORTIE DU PHOSPHATE
PHOSPHORYLASE
GOUTTE DE COACERVA
PHOSPHORYLASE
n(GLUCOSE-PHOSPHATE) → – (GLUCOSE)n – + – nHPO4--
GLUCOSE-1-PHOSPHATE
AMIDON
PHOSPHATE

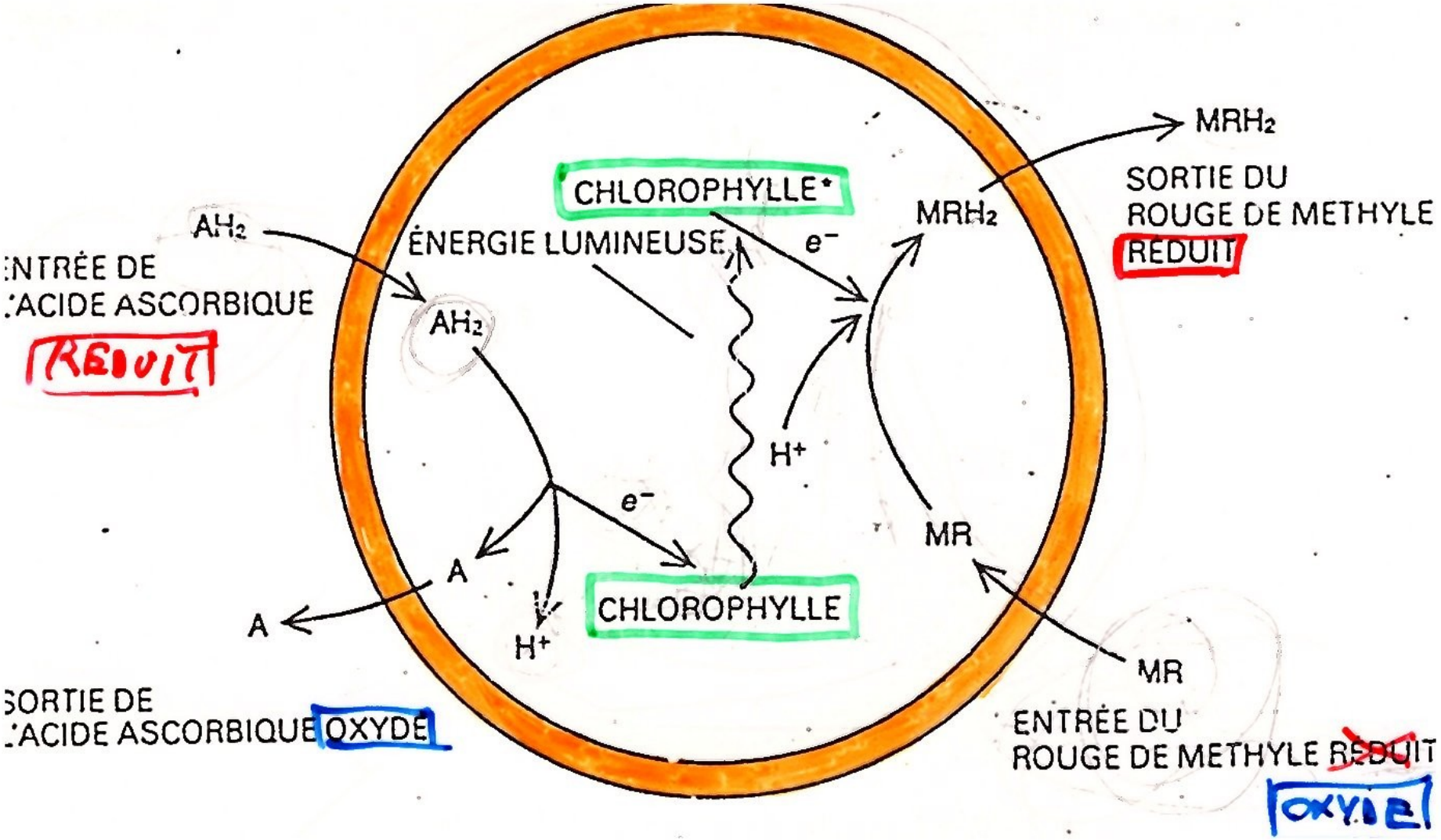

SORTIE DU
PHOSPHATE
ENTRÉE DU
GLUCOSE 1-
PHOSPHATE
PHOSPHORYLASE
AMIDON
SORTIE DU MALTOSE
AMYLASE

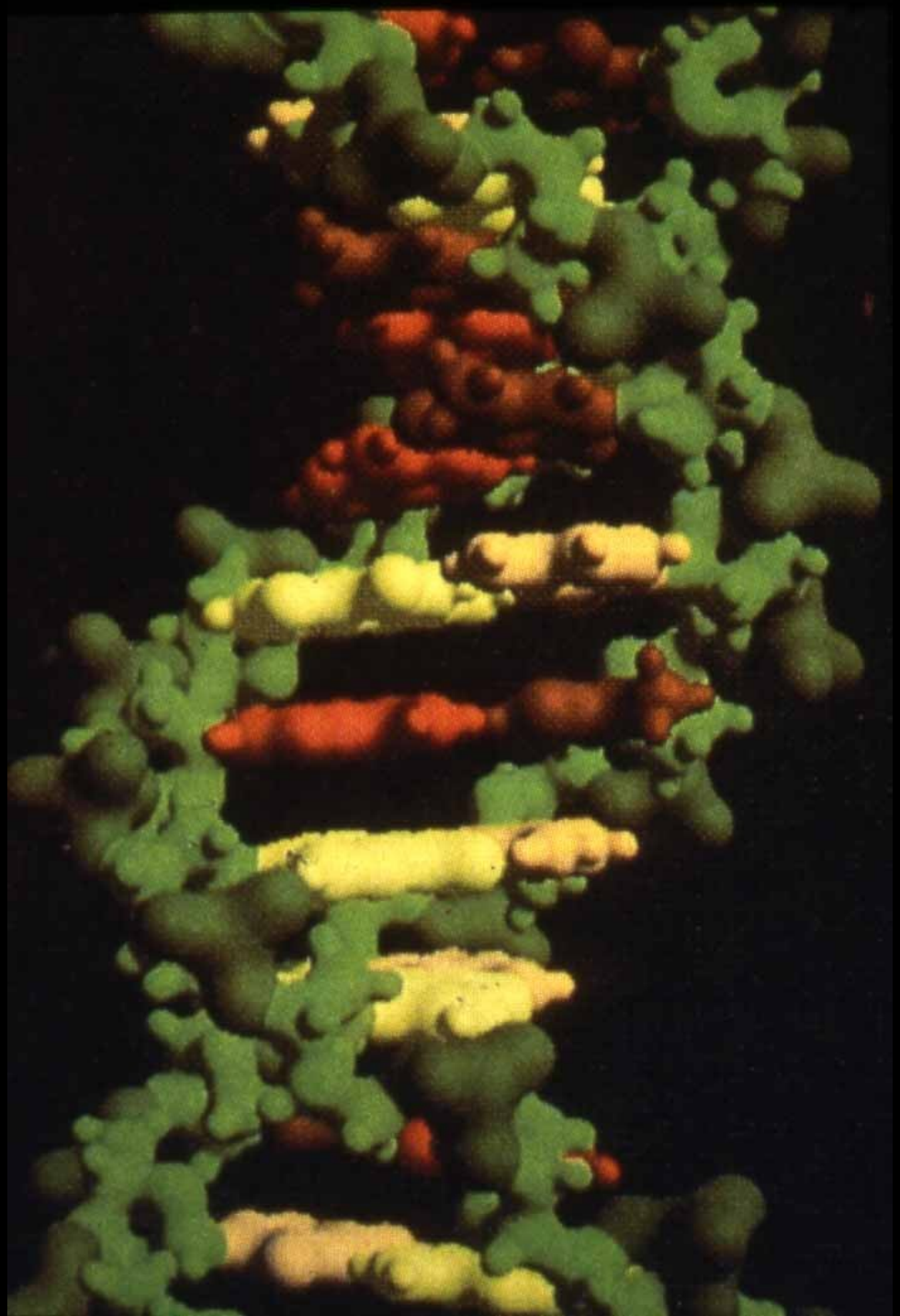
$$RH_2 + O \rightarrow R + H_2O + E$$

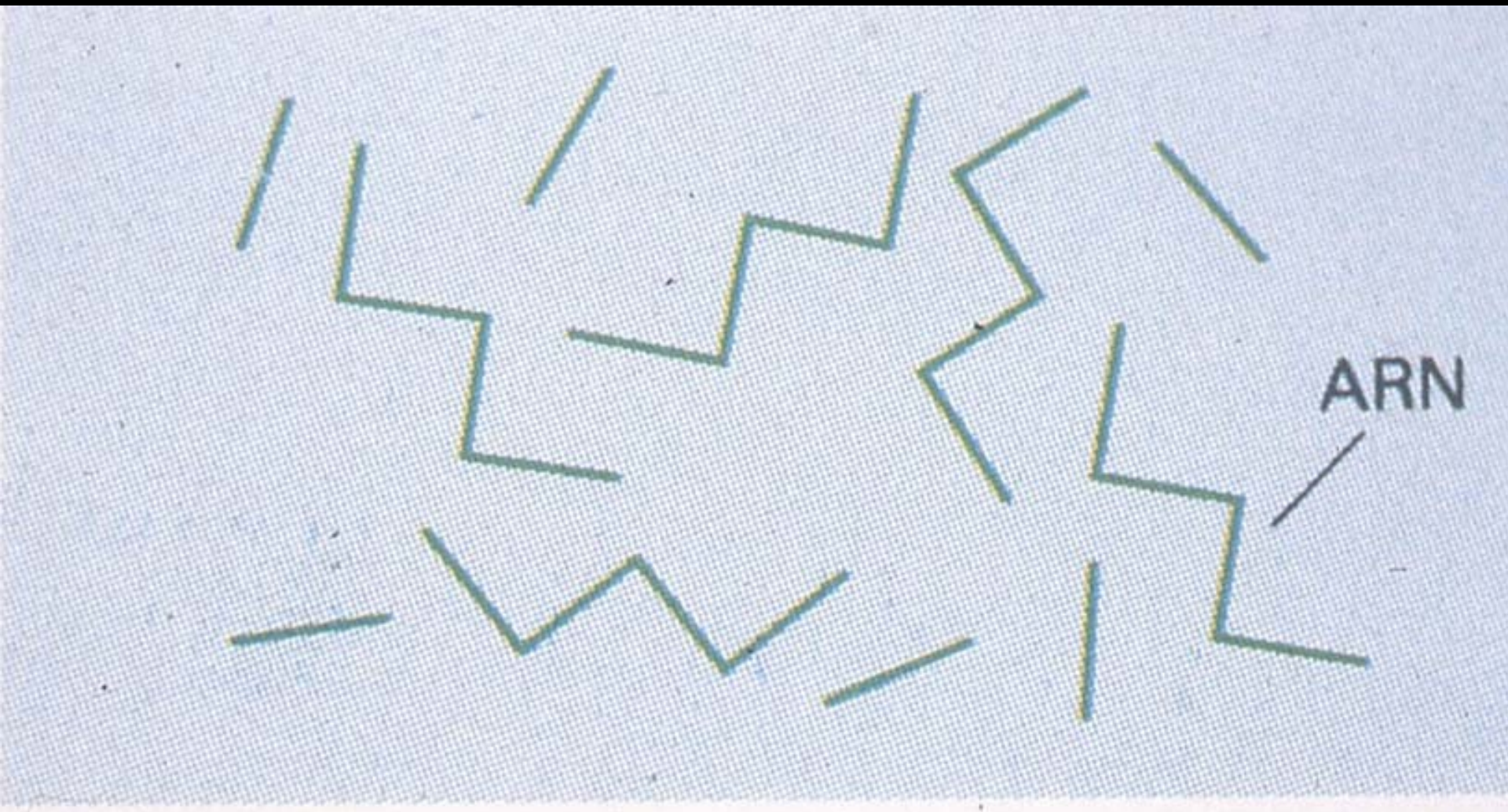
réducteur — oxydant — oxydé — réduit

a

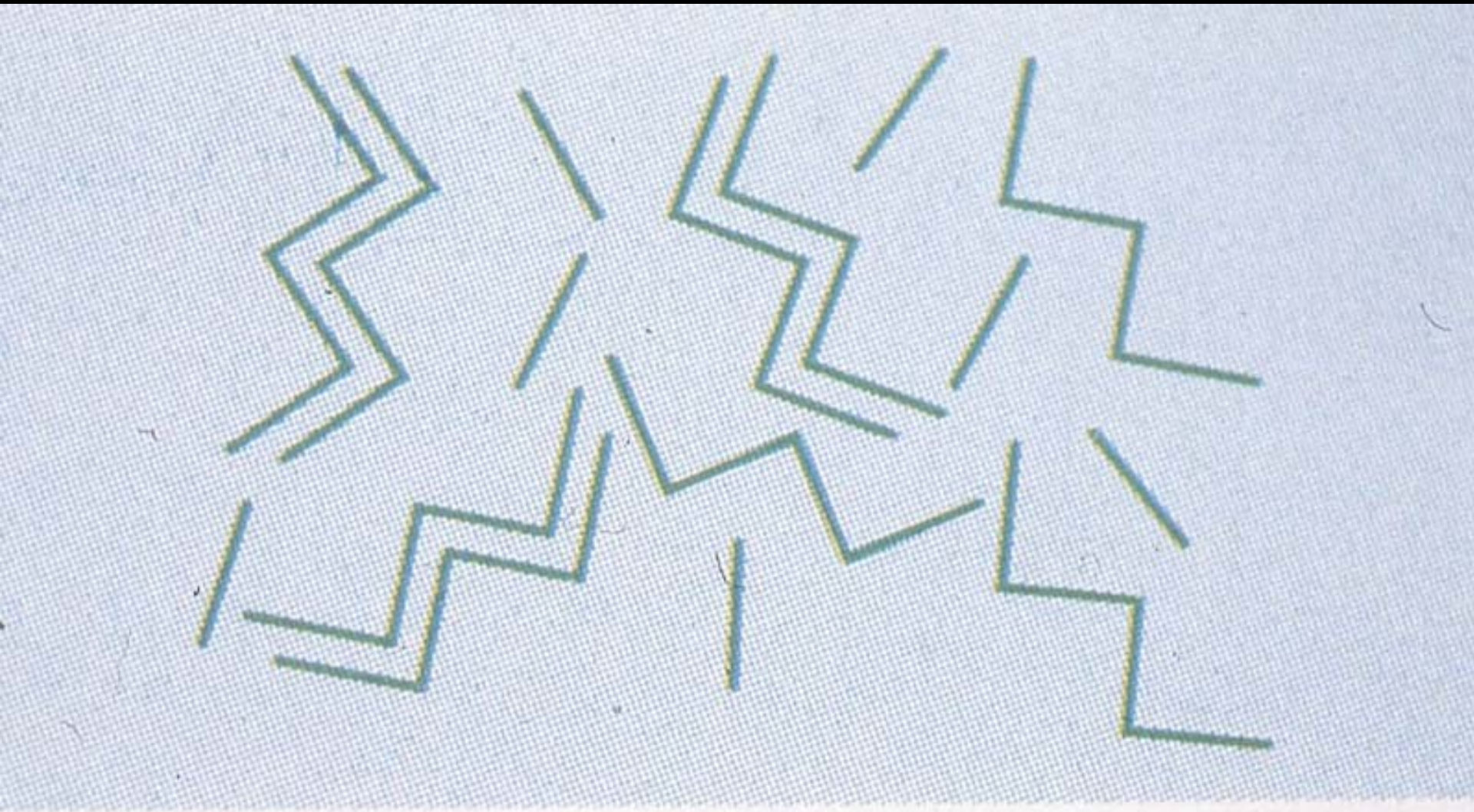



MRH_2
SORTIE DU
ROUGE DE METHYLE
REDUIT
CHLOROPHYLLE*
MRH_2
AH_2
ÉNERGIE LUMINEUSE
e^-
ENTRÉE DE
L'ACIDE ASCORBIQUE
REDUIT
AH_2
H^+
e^-
MR
A
A
CHLOROPHYLLE
H^+
MR
SORTIE DE
L'ACIDE ASCORBIQUE OXYDE
ENTRÉE DU
ROUGE DE METHYLE REDUIT
OXYDE

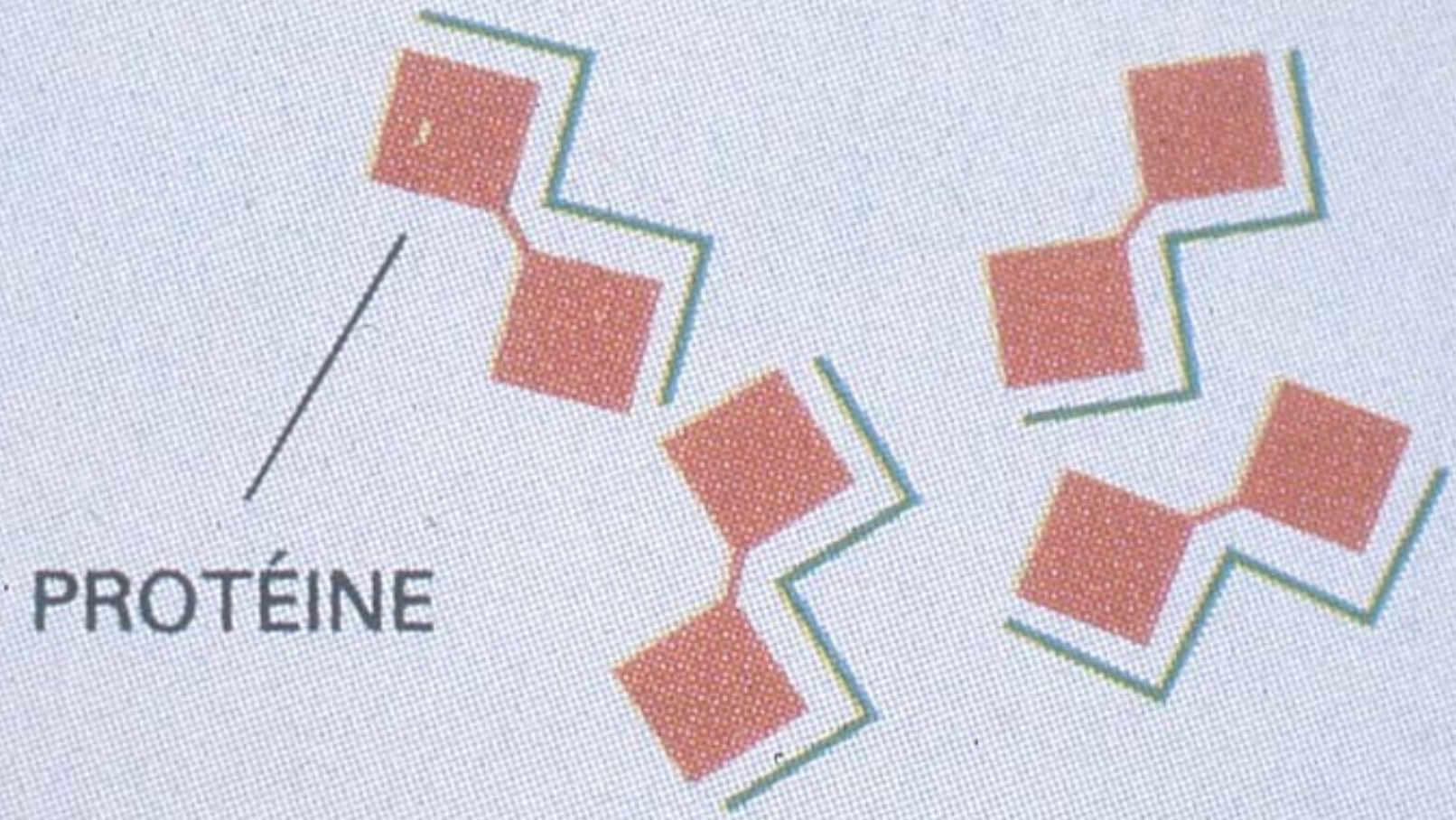




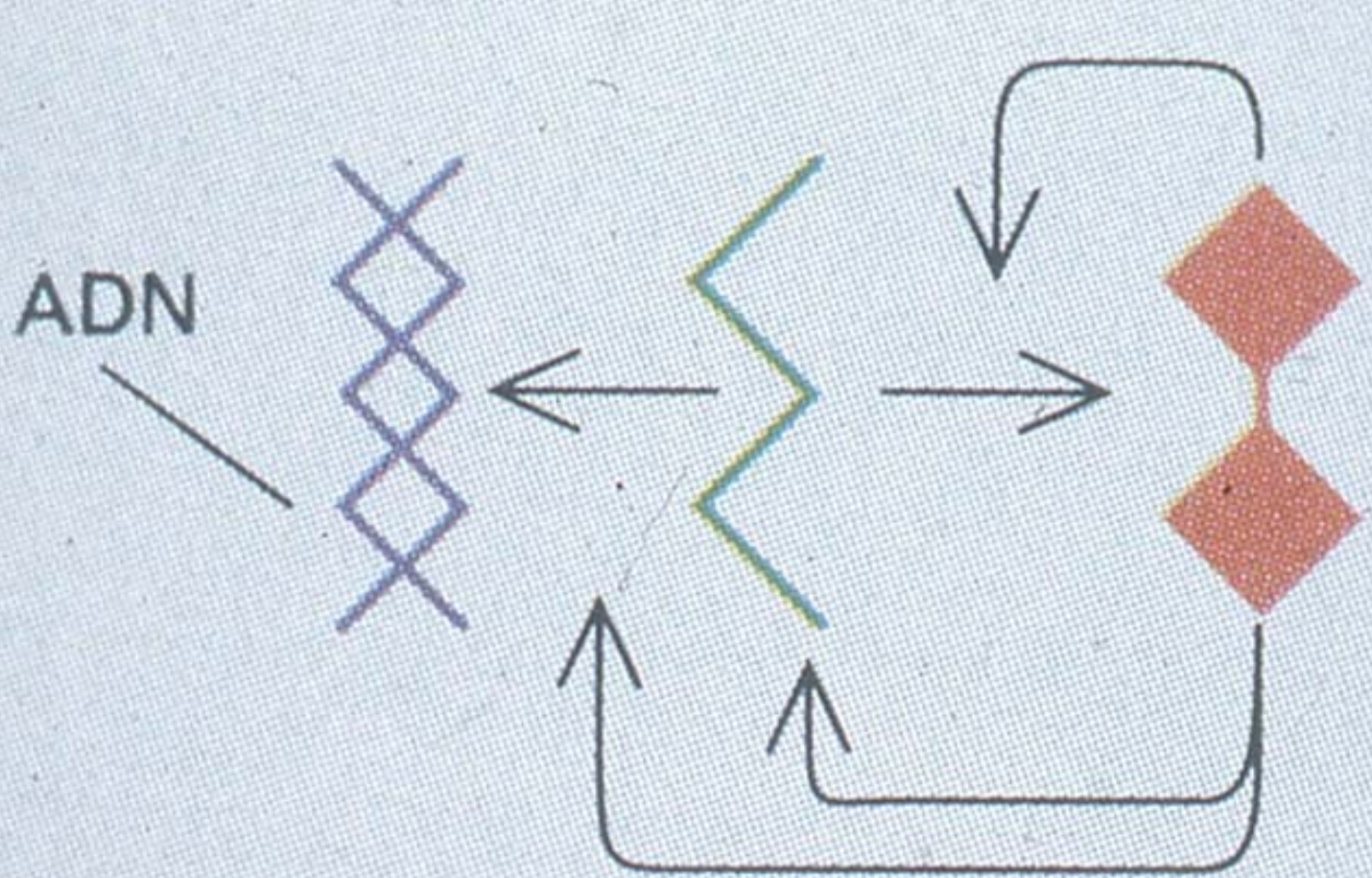
L'ARN se forme à partir du ribose et d'autres molécules organiques.



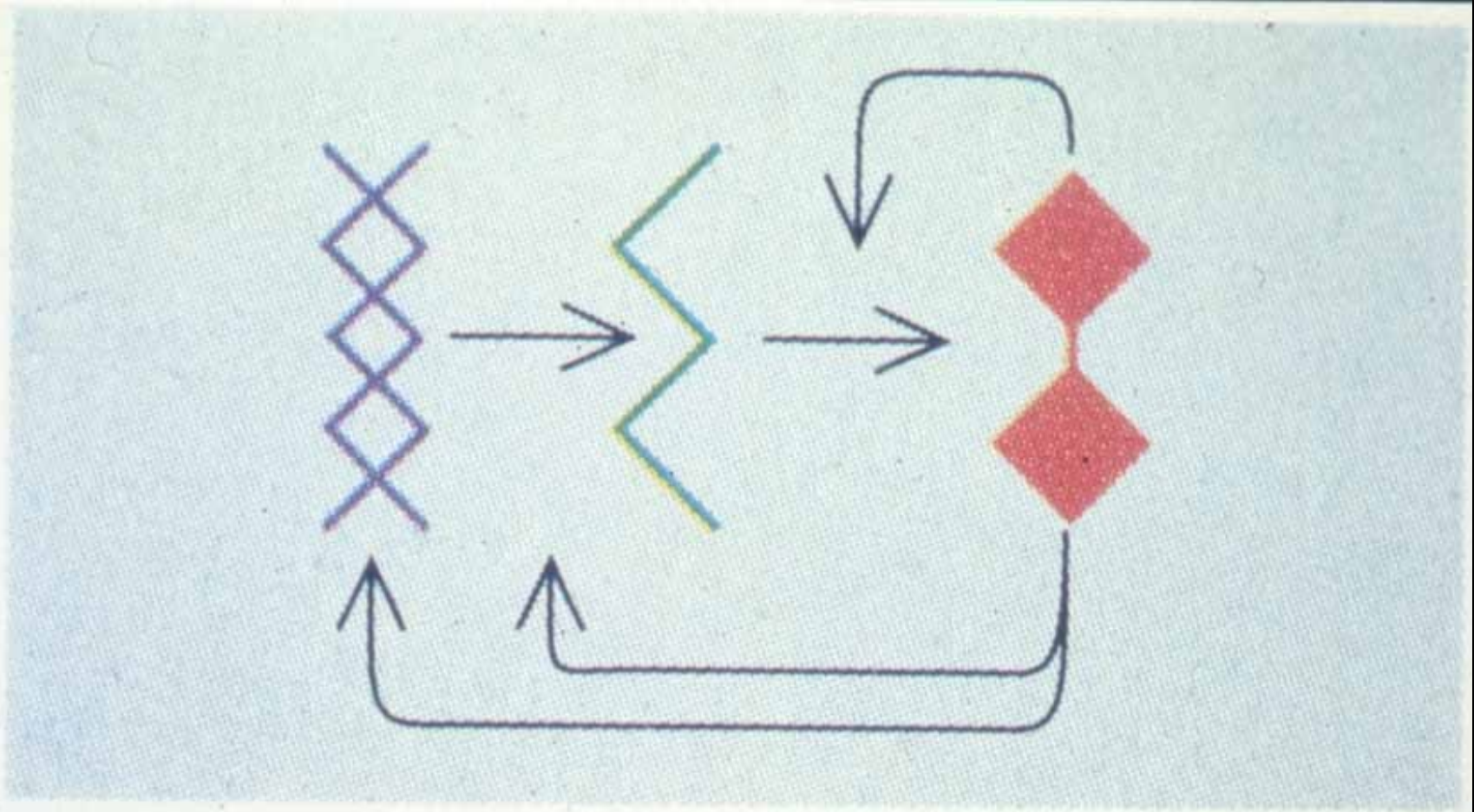
Lors de leur évolution, les molécules d'ARN « apprennent » à se répliquer.



Les molécules d'ARN commencent à synthétiser des protéines qui peuvent servir de catalyseurs.

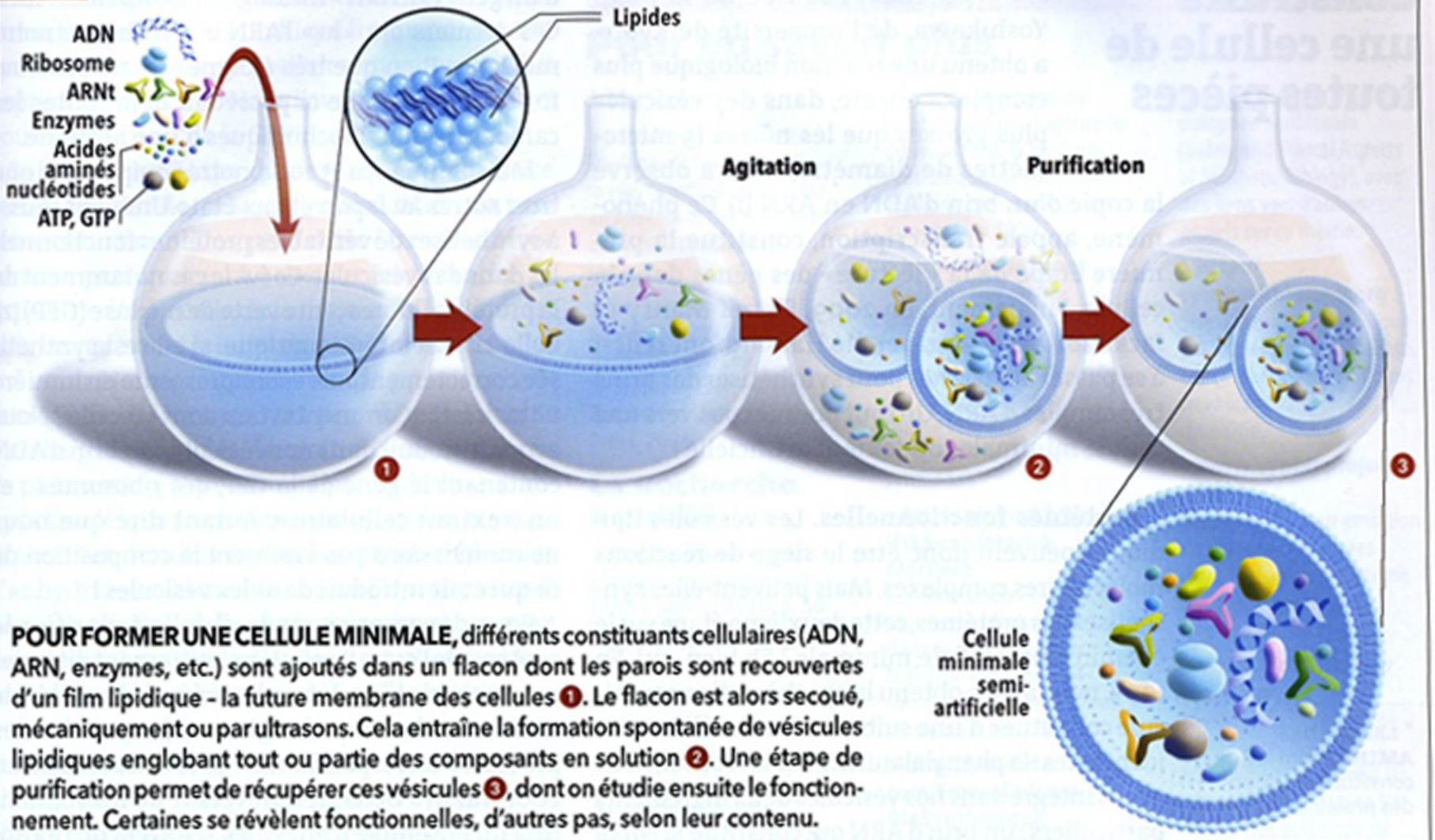


Les protéines aident l'ARN à se répliquer, à synthétiser plus efficacement des protéines et à fabriquer des copies « double-brin » qui évoluent en molécules d'ADN

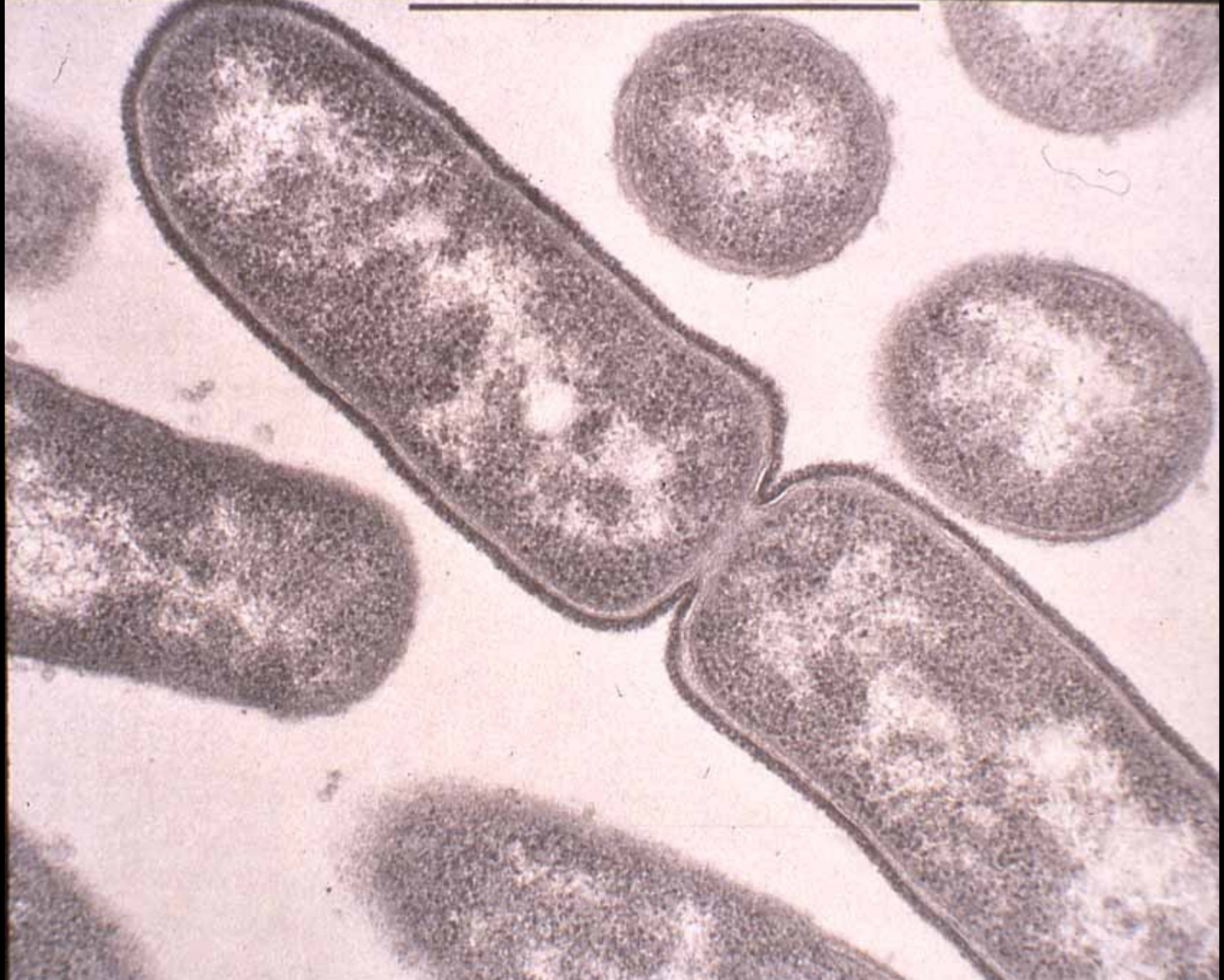


L'ADN prend le dessus : il utilise les molécules d'ARN pour synthétiser des protéines, qui en retour aident l'ADN à s'autorépliquer et à transférer l'information génétique aux molécules d'ARN.

Fig.1 Comment former des cellules minimales

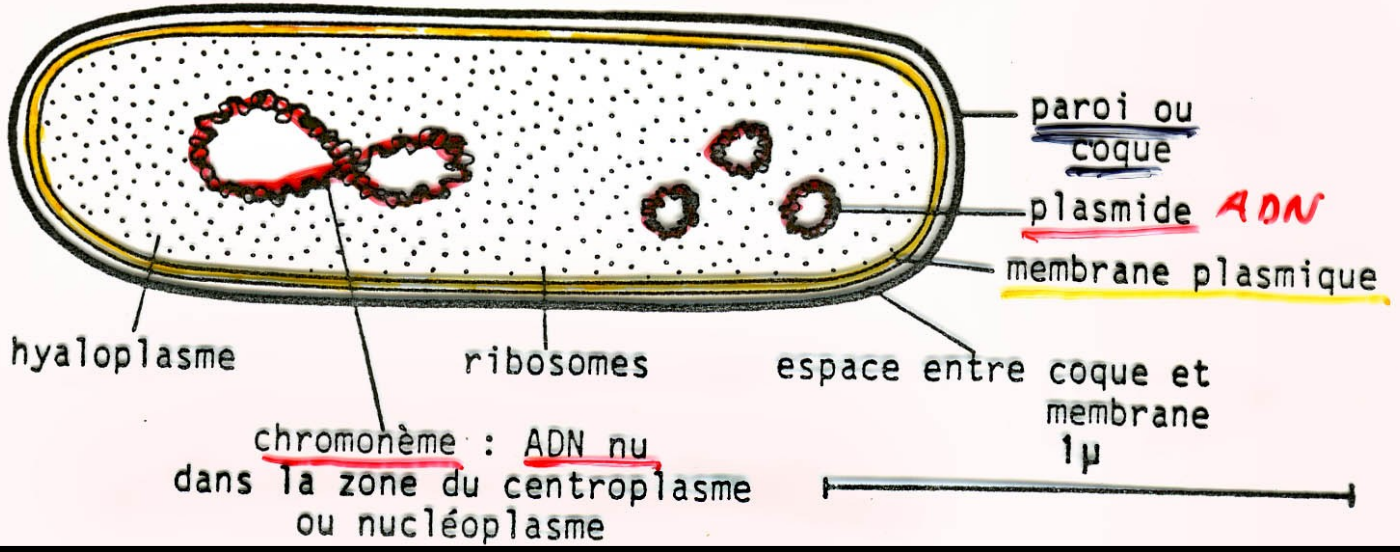


POUR FORMER UNE CELLULE MINIMALE, différents constituants cellulaires (ADN, ARN, enzymes, etc.) sont ajoutés dans un flacon dont les parois sont recouvertes d'un film lipidique - la future membrane des cellules ❶. Le flacon est alors secoué, mécaniquement ou par ultrasons. Cela entraîne la formation spontanée de vésicules lipidiques englobant tout ou partie des composants en solution ❷. Une étape de purification permet de récupérer ces vésicules ❸, dont on étudie ensuite le fonctionnement. Certaines se révèlent fonctionnelles, d'autres pas, selon leur contenu.



A - PROCARYOTES

a.



FERMENTATION

$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{ENZ.}} 2(C_2H_5-CH_2OH) + 2CO_2 + e(3\%)$

Alc. éthylique

$6CO_2 + 12H_2O + EL. \xrightarrow[\text{chlorophylle}]{\text{ENZ.}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$

RESPIRATION

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \xrightarrow{\text{ENZ.}} 6CO_2 + 6H_2O + E(55\%)$

3MA
ENVIRON TROIS MILLIARDS D'ANNÉES

2MA
ENVIRON DEUX MILLIARDS D'ANNÉES

1.5MA
ENVIRON 1,5 MILLIARD D'ANNÉES

PROCARYOTES

BACTÉRIES HÉTÉROTROPHES

BACTÉRIES PHOTOSYNTHÉTIQUES

CYANOBACTÉRIES

EUCARYOTES (ALGUES)

ATMOSPHÈRE ANOXIQUE

ATMOSPHÈRE RICHE EN OXYGÈNE

U.V.

RAYONS ULTRA-VIOLETS SOLAIRE

a

ATMOSPHÈRE

BACTÉRIES PRIMITIVES

MOLÉCULES ORGANIQUES

RANINITE

SÉDIMENTS

b

PHOTOSYNTHÈSE ANAÉROBIE

BACTÉRIES PHOTOSYNTHÉTIQUES

FIXATION D'AZOTE

BACTÉRIES FIXANT L'AZOTE

c

PHOTOSYNTHÈSE AÉROBIE

FIXATION D'AZOTE

CYANO BACTÉRIES

STROMATOLITES

FORMATION DE FER RUBANÉ

d

U.V.

PHOTOSYNTHÈSE AÉROBIE

HÉTÉROCYSTE

PHOTOBACTÉRIES ANAÉROBIES

HÉTÉROTROPHES ANAÉROBIES

e

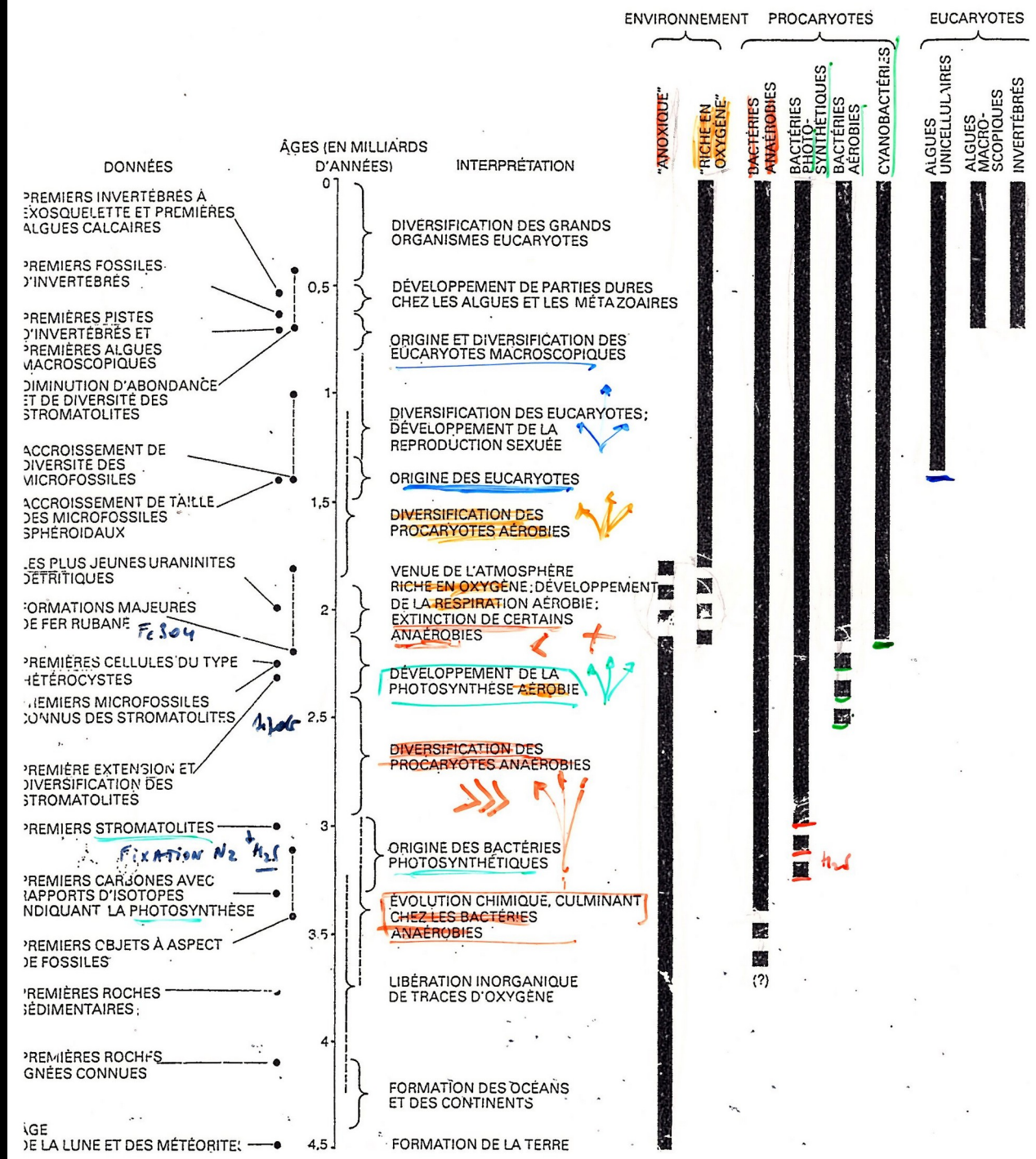
PHOTOSYNTHÈSE AÉROBIE

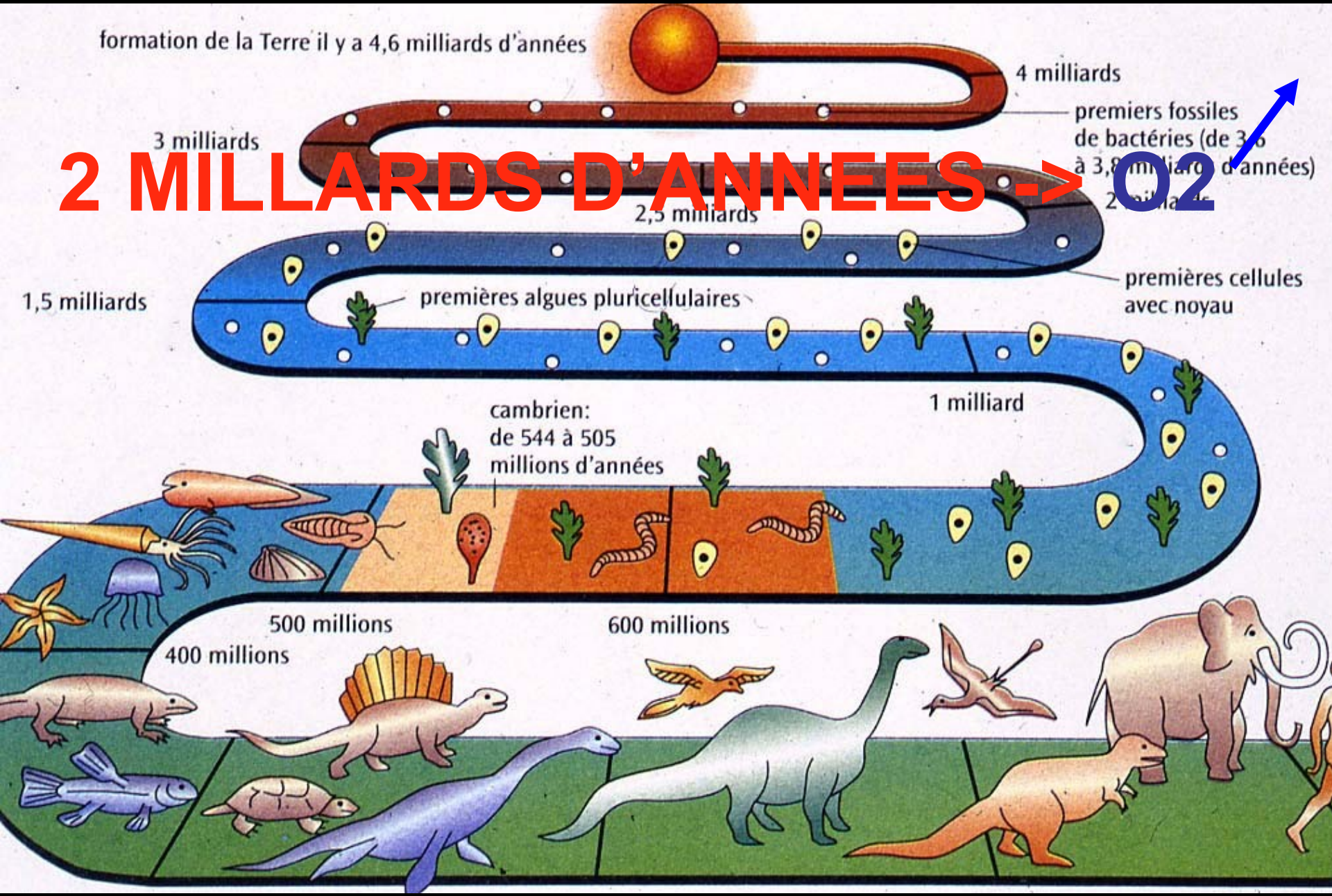
RESPIRATION AÉROBIE

f

CELLULE EUCARYOTE

DIVISION CELLULAIRE PAR MITOSE


ENVIRONNEMENT
PROCARYOTES
EUCARYOTES
"ANOXIQUE"
"RICHE EN OXYGÈNE"
BACTÉRIES ANAÉROBIES
BACTÉRIES PHOTO-SYNTHÉTIQUES
BACTÉRIES AÉROBIES
CYANOBACTÉRIES
ALGUES UNICELLULAIRES
ALGUES MACRO-SCOPIQUES
INVERTÉBRÉS
DONNÉES
ÂGES (EN MILLIARDS D'ANNÉES)
INTERPRÉTATION
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
4,5
PREMIERS INVERTÉBRÉS À EXOSQUELETTE ET PREMIÈRES ALGUES CALCAIRES
PREMIERS FOSSILES D'INVERTÉBRÉS
PREMIÈRES PISTES D'INVERTÉBRÉS ET PREMIÈRES ALGUES MACROSCOPIQUES
DIMINUTION D'ABONDANCE ET DE DIVERSITÉ DES STROMATOLITES
ACCROISSEMENT DE DIVERSITÉ DES MICROFOSSILES
ACCROISSEMENT DE TAILLE DES MICROFOSSILES SPHÉROÏDAUX
LES PLUS JEUNES URANINITES DÉTRITIQUES
FORMATIONS MAJEURES DE FER RUBANÉ
PREMIÈRES CELLULES DU TYPE HÉTÉROCYSTES
PREMIERS MICROFOSSILES CONNUS DES STROMATOLITES
PREMIÈRE EXTENSION ET DIVERSIFICATION DES STROMATOLITES
PREMIERS STROMATOLITES
PREMIERS CARBONES AVEC RAPPORTS D'ISOTOPES INDIQUANT LA PHOTOSYNTHÈSE
PREMIERS OBJETS À ASPECT DE FOSSILES
PREMIÈRES ROCHES SÉDIMENTAIRES
PREMIÈRES ROCHES �IGNÉES CONNUES
ÂGE DE LA LUNE ET DES MÉTÉORITES
DIVERSIFICATION DES GRANDS ORGANISMES EUCARYOTES
DÉVELOPPEMENT DE PARTIES DURES CHEZ LES ALGUES ET LES MÉTAZOAIRES
ORIGINE ET DIVERSIFICATION DES EUCARYOTES MACROSCOPIQUES
DIVERSIFICATION DES EUCARYOTES; DÉVELOPPEMENT DE LA REPRODUCTION SEXUÉE
ORIGINE DES EUCARYOTES
DIVERSIFICATION DES PROCARYOTES AÉROBIES
VENUE DE L'ATMOSPHÈRE RICHE EN OXYGÈNE; DÉVELOPPEMENT DE LA RESPIRATION AÉROBIE; EXTINCTION DE CERTAINS ANAÉROBIES
DÉVELOPPEMENT DE LA PHOTOSYNTHÈSE AÉROBIE
DIVERSIFICATION DES PROCARYOTES ANAÉROBIES
ORIGINE DES BACTÉRIES PHOTOSYNTHÉTIQUES
ÉVOLUTION CHIMIQUE, CULMINANT CHEZ LES BACTÉRIES ANAÉROBIES
LIBÉRATION INORGANIQUE DE TRACES D'OXYGÈNE
FORMATION DES OCÉANS ET DES CONTINENTS
FORMATION DE LA TERRE
(?)


formation de la Terre il y a 4,6 milliards d'années
4 milliards
premiers fossiles
de bactéries (de 3,6
à 3,8 milliards d'années)
3 milliards
2 MILLARDS D'ANNEES -> O2
2,5 milliards
premières cellules
avec noyau
1,5 milliards
premières algues pluricellulaires
1 milliard
cambrien:
de 544 à 505
millions d'années
500 millions
400 millions
600 millions