

# TP7 : Du gène à la protéine : le langage génétique

Vous avez reçu un message de F. Jacob et J. Monod :

« Nous avons caché un trésor dans la salle D4. Pour le trouver vous devrez percer le mystère du code génétique. »

## Indice n°1 :

Le message contenu dans la molécule d'ARN sert d'intermédiaire entre l'ADN et les protéines.

Alors que l'ARN est constitué d'un enchaînement ordonné de nucléotides parmi 4 possibles (A,C,G,U), une protéine est constituée d'un enchaînement ordonné d'acides aminés parmi 20 possibles.

On peut alors formuler l'hypothèse suivante :

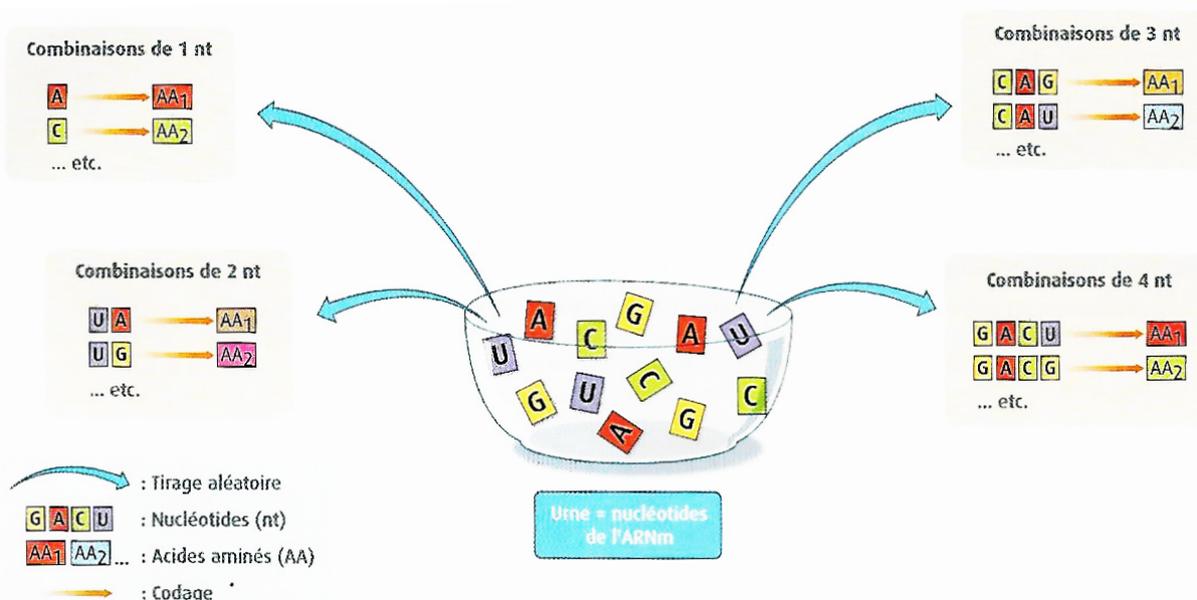
« Il existe une correspondance, ou code, entre la séquence en nucléotide de l'ARN et la séquence en acides aminés de la protéine, tel que :

**un acide aminé est codé/désigné par X ribonucléotide (avec X= nombre entier) »**

**Pour accéder à l'indice suivant vous devez trouver la plus petite valeur de X nucléotides qui permet de coder l'ensemble des 20 acides aminés.**

*Quand vous pensez avoir trouvé la bonne réponse appeler le professeur pour avoir la grille de QRcode à scanner*

Une grille de QR code avec les chiffres 1 à 20 qui envoie vers des enveloppes cachées dans la salle  
X= 3 → enveloppe avec indice 2 + un codex + un papier avec un chiffre (code cadenas)  
X= autre que 3 → doc de secours : différentes possibilités de codage de l'ARNm



**1** **Différentes possibilités de codage de l'ARNm.** Un ARNm est constitué d'un enchaînement ordonné de nucléotides parmi 4 possibles (A, U, G, C). Une protéine est constituée d'un enchaînement ordonné d'acides aminés parmi 20 possibles. Il doit donc exister une correspondance, ou code, entre une séquence de nucléotides et une séquence d'acides aminés. Plusieurs possibilités de codage sont envisageables suivant que l'on considère des combinaisons de 1 à 4 nucléotides de l'ARNm pour un acide aminé de la protéine.

*D'après le livre SVT 1S, doc. 1 p52, BELIN*

**Calculer le nombre de combinaisons possibles en fonction du nombre de nucléotides associés pour désigner un acide aminé**

## Indice n°2 :

Une séquence de 3 nucléotides appelée **codon** code pour un acide aminé.

Il existe donc 64 codons différents qui constituent le code génétique

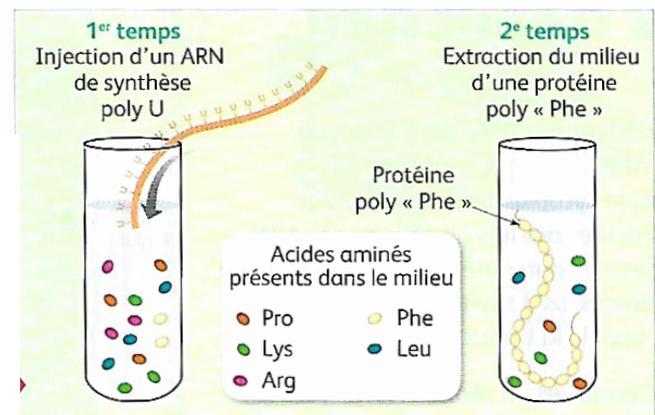
Les correspondances codon- acide aminé ont été découvertes par Nirenberg et Matthaei en 1961.

### Utiliser les documents pour compléter le code génétique qui vous est fourni.

▶ Au cours de la même année 1961, Nirenberg et ses collaborateurs mettent au point un protocole permettant d'élucider le code génétique.

▶ Ils préparent tout d'abord des extraits de cytoplasme dépourvus d'ARN mais contenant les 20 acides aminés et tous les éléments nécessaires à la synthèse des protéines. Ils ajoutent ensuite à cette préparation des ARN messager de synthèse dont la séquence est connue puis analysent la séquence des protéines obtenues.

▶ En essayant plusieurs combinaisons de nucléotides, les scientifiques ont, en l'espace de deux ans, décrypté l'intégralité du code génétique. Ces travaux ont de plus confirmé ce qu'avait prévu l'équipe de Crick : chaque acide aminé est codé par un triplet de nucléotides appelé codon ; il en existe 64 différents.

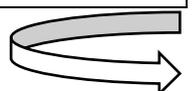


Protocole suivi par l'équipe de Nirenberg afin d'élucider le code génétique ▶

*D'après le livre SVT 1S, doc.2 p43, NATHAN*

Quelques résultats des expériences de Nirenberg et Matthaei :

ARN messager de synthèse	Séquence protéique obtenue
<b>Poly U :</b> ...UUUUUUUUUUUUU...	...-Phe-Phe-Phe-Phe-...
<b>Poly A :</b> ...AAAAAAAAAAAAA...	...-Lys-Lys-Lys-Lys-...
<b>Poly G :</b> ...GGGGGGGGGGG...	...-Gly-Gly-Gly-Gly-...
<b>Poly C :</b> ...CCCCCCCCCCC...	...-Pro-Pro-Pro-Pro-...
<b>Poly UC :</b> ...UCUCUCUCUCUC...	...-Ser-Leu-Ser-Leu-...
<b>Poly UG :</b> ...UGUGUGUGUGUG...	...-Cys-Val-Cys-Val-...
<b>Poly UA :</b> ...UAUAUAUAUAUA...	...-Tyr-Ile-Tyr-Ile-...
<b>Poly AG :</b> ...AGAGAGAGAGAG...	...-Arg-Glu-Arg-Glu-...
<b>Poly AC :</b> ...ACACACACACAC...	...-Thr-His-Thr-His-...
<b>Poly GC :</b> ...GCGCGCGCGCGC...	...-Ala-Arg-Ala-Arg-...
<b>Poly UAUC :</b> ...UAUCUAUCUAUC...	...-Tyr-Leu-Ser-Ile-...
<b>Poly UACG :</b> ...UACGUACGUACG...	...-Tyr-Val-Arg-Thr-...



Il existe des **codons particuliers** permettant à la machinerie cellulaire d'identifier le **début** et la **fin** du message génétique sur chaque molécule **d'ARN**.

On peut les mettre en évidence en analysant des séquences d'ARN et les séquences de protéines correspondantes à l'aide du logiciel Anagène.

Ouvrir le logiciel Anagène :

« **Logiciel SVT** » → « **biologie cellulaire et moléculaire** » → « **Anagène** »

Afin d'afficher les molécules aller dans « **Banque de séquences** » puis sélectionner les molécules d'ARNm suivantes :

- Chaîne alpha de l'hémoglobine : alphacod.arn
- Chaîne bêta de l'hémoglobine : bêtacod.arn

Afin d'afficher les séquences en acides aminés correspondantes, sélectionner les 2 molécules d'ARN puis cliquer sur « **Traiter** » → « **convertir** » → « **séquences** » → « **séquences peptidiques** » → « **traduction simple** ».

Afin de pouvoir comparer ARN et protéine, il faut changer l'échelle de repérage des nucléotides en échelle d'acides aminés

**NB : Echelle de repérage des acides aminés**

- On passe de l'échelle numérotant les nucléotides à celle des acides aminés en cliquant sur l'échelle.



**A vous de comparer ces molécules pour finir de compléter le code génétique.**

*Appeler le professeur pour avoir le dernier indice après vérification.*



**Coup de pouce :**

- \_ Comparer le début les séquences d'ARN et protéine des 3 molécules affichées à l'écran
- \_ Comparer la fin de la séquence d'ARN et de la protéine de la chaîne alpha de l'hémoglobine en vous aidant de l'échelle de repérage des acides aminés

5

8

X

codex

A	B	C	D	E	F	G	H	I
								
J	K	L	M	N	O	P	Q	
								
R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
								

5

8

X

codex

A	B	C	D	E	F	G	H	I
								
J	K	L	M	N	O	P	Q	
								
R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
								

		Deuxième nucléotide								
		U		C		A		G		
Premier nucléotide	U									U
		UUC	Leu	UCC	Ser			UGC	Cys	C
		UUA	Leu	UCA	Ser					A
		UUG	Leu	UCG	Ser	UAG	STOP	UGG	Trp	G
	C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His			U
										C
				CCA	Pro	CAA	Gln	CGA	Arg	A
		CUG	Leu	CCG	Pro	CAG	Gln	CGG	Arg	G
	A	AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U
				ACC	Thr	AAC	Asn	AGC	Ser	C
										A
						AAG	Lys	AGG	Arg	G
	G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U
		GUC	Val	GCC	Ala	GAC	Asp	GGC	Gly	C
				GCA	Ala	GAA	Glu	GGA	Gly	A
										G

Troisième nucléotide

Codon

Acide aminé

Un code génétique par élève à compléter avec l'indice 2

		Deuxième nucléotide								
		U		C		A		G		
Premier nucléotide	U									U
		UUC	Leu	UCC	Ser			UGC	Cys	C
		UUA	Leu	UCA	Ser					A
		UUG	Leu	UCG	Ser	UAG	STOP	UGG	Trp	G
	C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His			U
										C
				CCA	Pro	CAA	Gln	CGA	Arg	A
		CUG	Leu	CCG	Pro	CAG	Gln	CGG	Arg	G
	A	AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U
				ACC	Thr	AAC	Asn	AGC	Ser	C
										A
						AAG	Lys	AGG	Arg	G
	G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U
		GUC	Val	GCC	Ala	GAC	Asp	GGC	Gly	C
				GCA	Ala	GAA	Glu	GGA	Gly	A
										G

Troisième nucléotide

Codon

Acide aminé

Enveloppe remise par le professeur quand le code génétique est complet

→ Indice 3 + un bout du code du cadenas

### Indice n°3 :

Le code génétique est dit :

- \_ **non chevauchant**, c'est à dire qu'un nucléotide n'appartient qu'à un seul codon
- \_ **univoque**, c'est-à-dire, qu'un codon désigne toujours le même acide aminé
- \_ **redondant** (= qui se répète)
- \_ **universel**

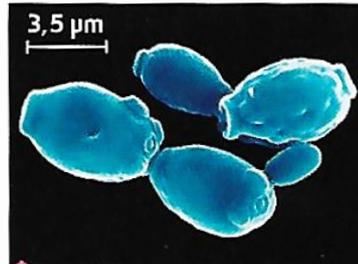
**Utilisez les indices précédents et les documents suivants pour expliquer pourquoi le code génétique est dit redondant et universel**

*Faites valider votre réponse par le professeur pour avoir la dernière enveloppe*

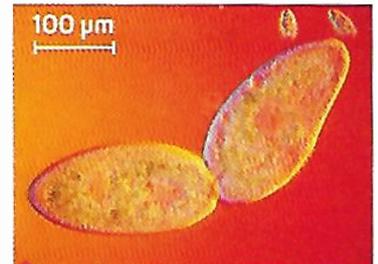
#### Des exceptions qui confirment la règle ?

► Les expériences de transgénèse se fondent sur le principe d'universalité du code génétique : toute cellule est capable de déchiffrer un ADN étranger et de le traduire en une protéine de séquence identique à celle de l'organisme d'origine.

► Pourtant l'universalité du code génétique semble connaître quelques exceptions.



**a** Champignon *Candida albicans* (MEB, image colorisée).



**b** Paramécie *Paramecium tetraurelia* (MO, image colorisée).

Extrait de séquence d'ARN codant	UGG CUG UUU	Extrait de séquence d'ARN codant	GUU AGA UAG
Traduction	Trp – Ser – Phe	Traduction	Val – Arg – Glu

**c** Code génétique chez *Candida albicans* et *Paramecium tetraurelia*.

### Indice n°3 :

Le code génétique est dit :

- \_ **non chevauchant**, c'est à dire qu'un nucléotide n'appartient qu'à un seul codon
- \_ **univoque**, c'est-à-dire, qu'un codon désigne toujours le même acide aminé
- \_ **redondant** (= qui se répète)
- \_ **universel**

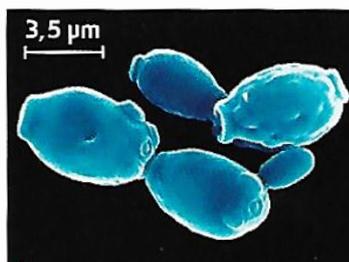
**Utilisez les indices précédents et les documents suivants pour expliquer pourquoi le code génétique est dit redondant et universel**

*Faites valider votre réponse par le professeur pour avoir la dernière enveloppe*

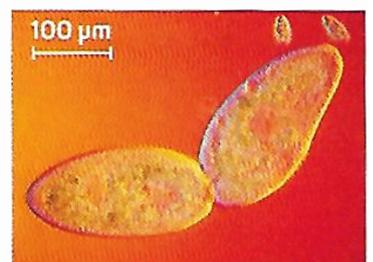
#### Des exceptions qui confirment la règle ?

► Les expériences de transgénèse se fondent sur le principe d'universalité du code génétique : toute cellule est capable de déchiffrer un ADN étranger et de le traduire en une protéine de séquence identique à celle de l'organisme d'origine.

► Pourtant l'universalité du code génétique semble connaître quelques exceptions.



**a** Champignon *Candida albicans* (MEB, image colorisée).



**b** Paramécie *Paramecium tetraurelia* (MO, image colorisée).

Extrait de séquence d'ARN codant	UGG CUG UUU	Extrait de séquence d'ARN codant	GUU AGA UAG
Traduction	Trp – Ser – Phe	Traduction	Val – Arg – Glu

**c** Code génétique chez *Candida albicans* et *Paramecium tetraurelia*.





Enigme finale :

BRGCAGUCO CUUEAGU CCAREMAUCEREAGC,

GUUOUUCA EUACEUCG AUGAGGAUANNACCENGCANACA

DE GUCRAGAAUUUCU GGCENEUAUAUCUGCAUCENUCC.

DEAUGGCANDER CUAE ACGREUCCOR GCGU

CCCROF !

Enigme finale :

BRGCAGUCO CUUEAGU CCAREMAUCEREAGC,

GUUOUUCA EUACEUCG AUGAGGAUANNACCENGCANACA

DE GUCRAGAAUUUCU GGCENEUAUAUCUGCAUCENUCC.

DEAUGGCANDER CUAE ACGREUCCOR GCGU

CCCROF !

Enigme finale :

BRGCAGUCO CUUEAGU CCAREMAUCEREAGC,

GUUOUUCA EUACEUCG AUGAGGAUANNACCENGCANACA

DE GUCRAGAAUUUCU GGCENEUAUAUCUGCAUCENUCC.

DEAUGGCANDER CUAE ACGREUCCOR GCGU

CCCROF !

Enigme finale :

BRGCAGUCO CUUEAGU CCAREMAUCEREAGC,

GUUOUUCA EUACEUCG AUGAGGAUANNACCENGCANACA

DE GUCRAGAAUUUCU GGCENEUAUAUCUGCAUCENUCC.

DEAUGGCANDER CUAE ACGREUCCOR GCGU

CCCROF !

1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



14



15



16



17



18



19

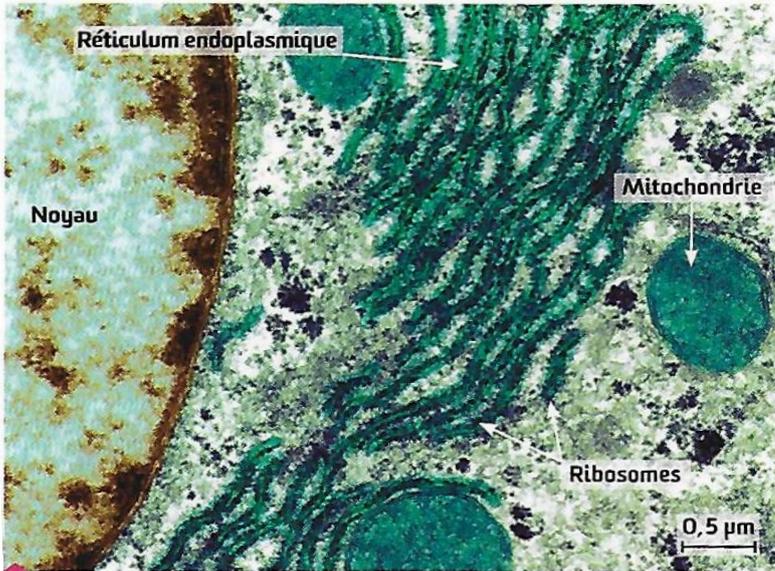


20

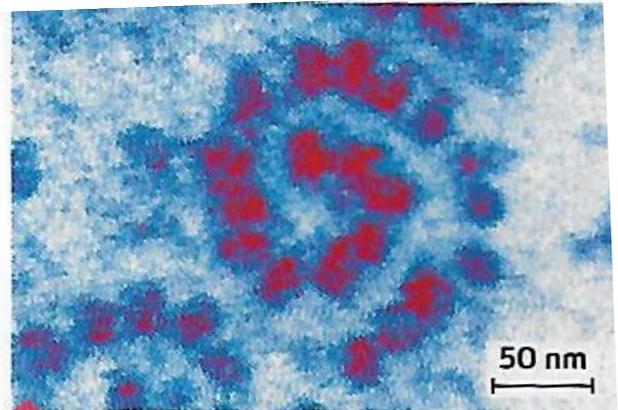


## La synthèse protéique à partir d'ARN

L'assemblage des acides aminés d'une protéine à partir de l'ARN nécessite toute une machinerie cellulaire.



**a** Ribosomes à la surface du réticulum endoplasmique (MET, image colorisée).



**b** Ribosomes associés à une molécule d'ARN messager (MET, image colorisée) et schéma d'interprétation.

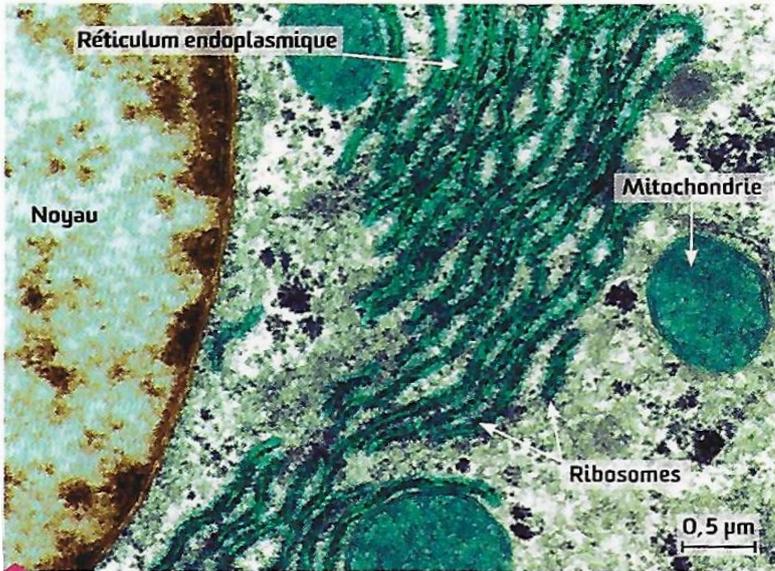
A partir du document ci-dessous, relever des données qui permettent de dire que les ribosomes sont nécessaires à la synthèse protéique mais qu'ils ne contiennent pas d'information génétique.

Éléments rajoutés aux extraits cytoplasmiques	Résultats de l'expérience
ARNm seul	Pas de protéine
Ribosomes seuls	Pas de protéine
ARNm + ribosomes	Présence de protéines radioactives
ARNm lapin + ribosomes de poulet	Présence de protéines radioactives de lapin
ARNm de poulet + ribosomes de lapin	Présence de protéines radioactives de poulet

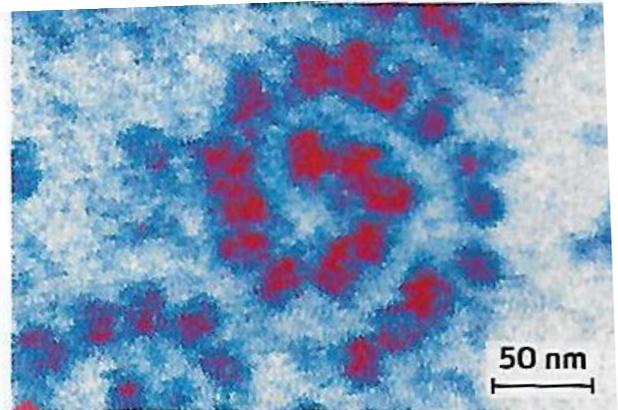
**c** Résultats expérimentaux de traductions *in vitro*. ARNm = ARN messager.

## La synthèse protéique à partir d'ARN

L'assemblage des acides aminés d'une protéine à partir de l'ARN nécessite toute une machinerie cellulaire.



**a** Ribosomes à la surface du réticulum endoplasmique (MET, image colorisée).



**b** Ribosomes associés à une molécule d'ARN messager (MET, image colorisée) et schéma d'interprétation.

A partir du document ci-dessous, relever des données qui permettent de dire que les ribosomes sont nécessaires à la synthèse protéique mais qu'ils ne contiennent pas d'information génétique.

Éléments rajoutés aux extraits cytoplasmiques	Résultats de l'expérience
ARNm seul	Pas de protéine
Ribosomes seuls	Pas de protéine
ARNm + ribosomes	Présence de protéines radioactives
ARNm lapin + ribosomes de poulet	Présence de protéines radioactives de lapin
ARNm de poulet + ribosomes de lapin	Présence de protéines radioactives de poulet

**c** Résultats expérimentaux de traductions *in vitro*. ARNm = ARN messager.

# Solutions :

✝	✋	✝	💧	☆	☞	☼	☞	💧	✋	⚙️	☞	💧	✈️	✝	☞		
V	O	U	S	Y	E	T	E	S	P	R	E	S	Q	U	E	!	
✝	☼	✋	☹️	✋	💧	☞	🌙	☹️	☞	☞	✋	☞	✋	✋	☞		
U	T	I	L	I	S	E	R	L	E	C	O	D	E	P	O	U	R
✋	✝	✝	⚙️	✋	⚙️	☹️	☞	☞	✋	✋	☞	☠️	✋	💧	☞	☼	
O	U	V	R	I	R	L	E	C	A	D	E	N	A	S	E	T	
⚙️	☞	☞	✝	✋	☞	⚙️	☞	⚙️	☹️	☞	☞	☠️	✋	☞	☠️	☞	
R	E	C	U	P	E	R	E	R	L	E	N	I	G	M	E		
☞	✋	☠️	✋	☹️	☞												
F	I	N	A	L	E	.											

INDICE POUR L'ENIGME :

💧	☞	✝	☹️	☞	☹️	✋	✋	⚙️	☞	☠️	✋	☞	⚙️	☞
S	E	U	L	E	L	A	P	R	E	M	I	E	R	E
☹️	☞	☼	☼	⚙️	☞	☞	☞	☹️	☞	☞	✋	☞	☞	☞
L	E	T	T	R	E	D	E	L	A	C	I	D	E	
✋	☠️	✋	☠️	☞	☞	💧	☼	✝	☼	✋	☹️	☞		
A	M	I	N	E	E	S	T	U	T	I	L	E	.	

Code du cadenas : 583

## Enigme finale :

BRGCAGUCO    CUUEAGU    CCAREMAUCEREAGC,  
BRAVO            LES                    PREMIERES

GUUOUUCA    EUACEUCG    AUGAGGAUANACCENGCANACA  
VOUS            ETES                    MAINTENANT

DE    GUCRAGAAUUUCU    GGCENEUAUAUCUGCAUCENUCC.  
DE    VRAIS                    GENETICIENS

DEAUGGCANDER    CUAE    ACGREUCCOR    GCGU  
DEMANDER            LE            TRESOR            AU

CCCROF !  
PROF !