

<sup>42</sup>**Mo** dèles de  
<sup>20</sup>**Ca** lcul  
<sup>11</sup>**Na** turel

Anto**N**io E. Por**R**eca  
[aeporreca.org/mocana](http://aeporreca.org/mocana)



# Infos sur l'UE

- Moi, c'est Antonio E. Porreca (le nom et l'accent drôle sont italiens 🇮🇹🍕🍝) [antonio.porreca@univ-amu.fr](mailto:antonio.porreca@univ-amu.fr) ✉
- Mon matériel sera publié sur la page [aeporreca.org/mocana](http://aeporreca.org/mocana) (peut-être on aura aussi une page sur AMeTICE)
- Les enseignants de l'UE sont moi-même et les collègues de l'équipe **CANA** (**CA**lcul **NA**turel, [cana.lis-lab.fr](http://cana.lis-lab.fr)) Pablo Arrighi et Giuseppe Di Molfetta (ça fait beaucoup de noms italiens)
- Normalement on a cours dans cette salle le mardi de 9h00 à 12h00, mais vérifiez toujours sur ADE



# Infos sur l'examen

- L'examen est une **présentation** sur un **article scientifique**
- La présentation peut être au tableau ou avec des diapositives
- On vous proposera une liste d'article parmi lesquels choisir, **premier arrivé, premier servi**

**Teaser de l'UE**

# Antonio E. Porreca (9h de cours)

[aeporreca.org](http://aeporreca.org)

- **MO**dèles de **CA**lcul traditionnels et **NA**turel
- **CA**lcul avec l'ADN (DNA computing)
- **CA**lcul à membranes (membrane computing)
- Quelque chose à propos des automates cellulaires ?

# Pablo Arrighi (5h de cours)

[pageperso.lis-lab.fr/pablo.arrighi](http://pageperso.lis-lab.fr/pablo.arrighi)

- Postulats de la mécanique quantique
- La nature quantique de l'information
- Algorithme de Grover

# Giuseppe Di Molfetta (6h de cours)

[www.giuseppe-dimolfetta.com](http://www.giuseppe-dimolfetta.com)

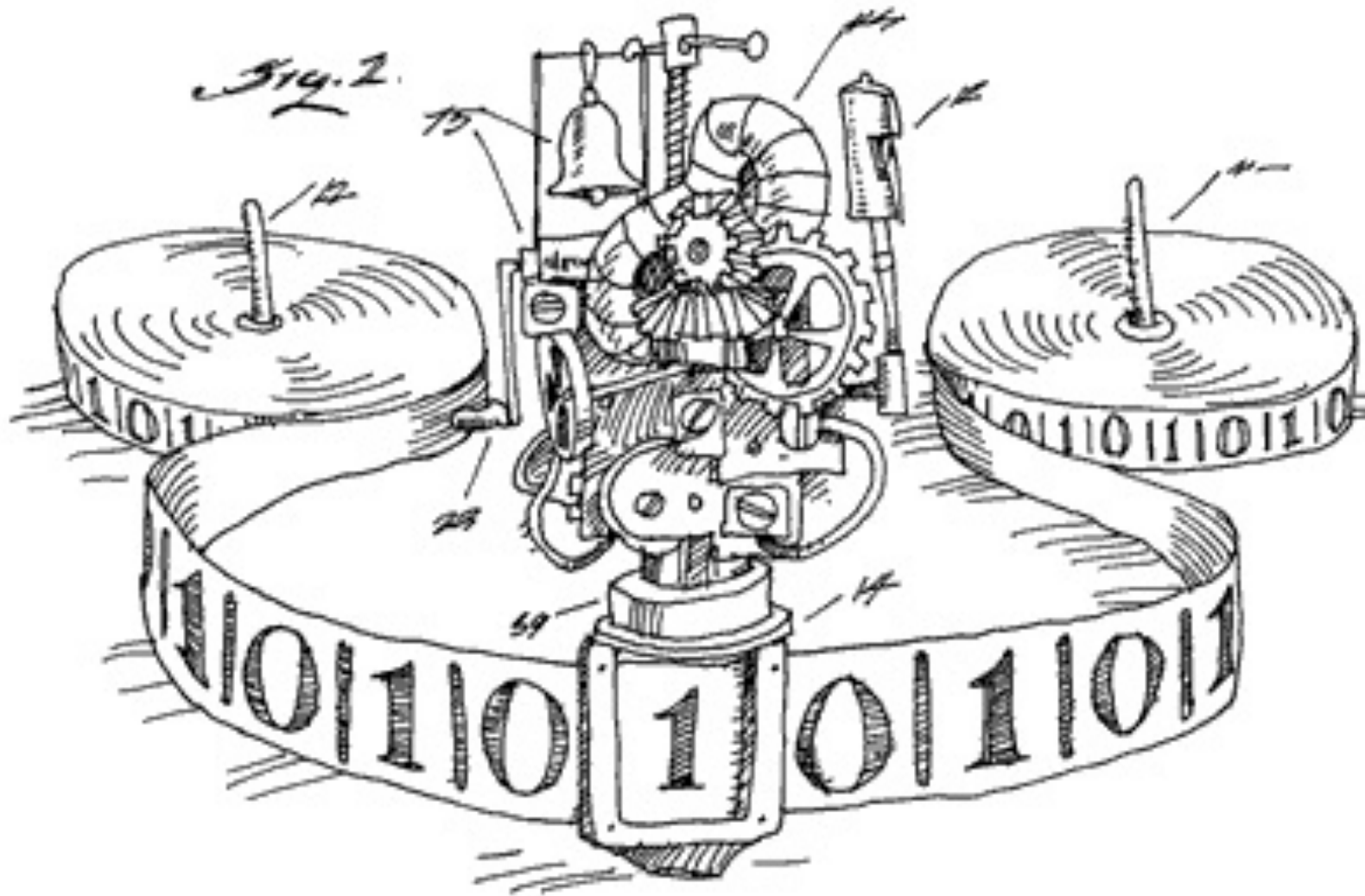
- Dynamiques markoviennes vs marches quantiques
- Applications des marches quantiques en algorithmique
- Introduction aux automates cellulaires quantiques

# **MO**dèles de **CA**lcul traditionnels



# Machines de Turing

Alan Turing (1912–1954)



**Machine de Turing =  
CA**lculateur humain avec  
papier et crayon



# CAlculateurs humains

NACA (Comité consultatif national  
pour l'aéronautique), USA, 1950s

« Normalement on calcule en écrivant certains symboles sur le papier. [...] Je considère qu'on effectue le calcul sur un **papier unidimensionnel**, c'est-à-dire, sur un **ruban divisé en carrés**. »

– Alan M. Turing, *On computable numbers*

# Papier 2D vs ruban 1D

A	B	C
D	E	F
G	H	I
J	K	L

# Papier 2D vs ruban 1D

A	B	C
D	E	F
G	H	I
J	K	L

A	B	C	;	D	E	F	;	G	H	I	;	J	K	L
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



# Papier 2D vs ruban 1D

A	B	C
D	E	F
G	H	I
J	K	L

M	N	O
P	Q	R
S	T	U
V	W	X

E	F	:	G	H	I	:	J	K	L	:	M	N	O	:	P	Q	R	:	S	T
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

« Je suppose aussi que le **nombre de symboles** qu'on peut écrire soit **fini**. Si on permettait une infinité de symboles, il y aurait des symboles qui diffèrent dans une mesure arbitrairement faible [...] **On peut toujours utiliser une séquence de symboles** au lieu d'un symbole simple. »

– Alan M. Turing, *On computable numbers*

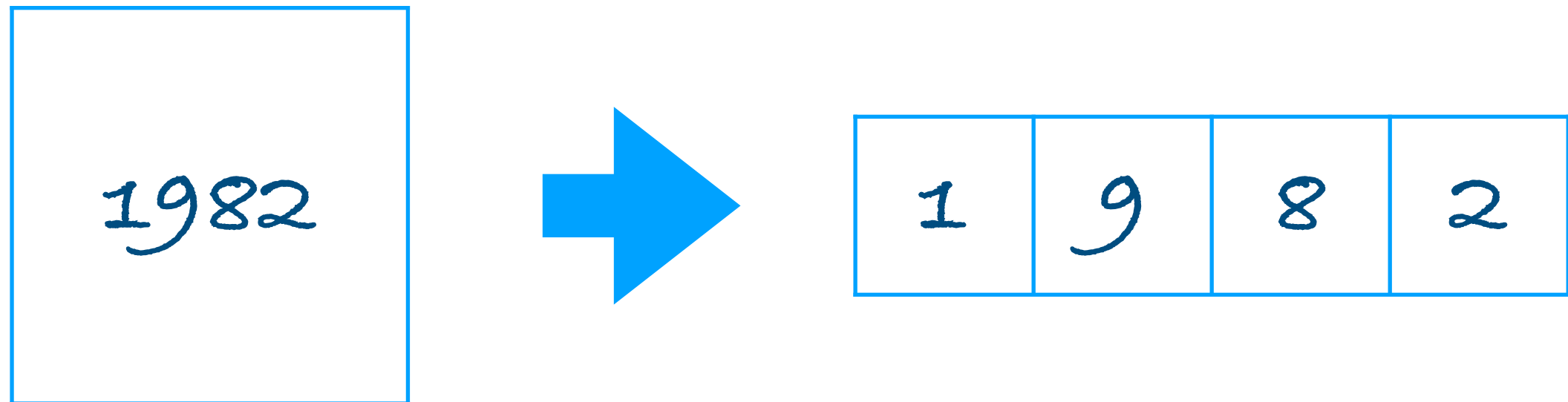


# Symboles atomiques vs composites



1982

# Symboles atomiques vs composites



« La différence, de notre point de vue, entre les symboles simples et composites est qu'**on ne peut pas observer les symboles composites en un coup d'œil**, s'ils sont trop longs. Cela est conforme à l'expérience. On ne peut pas établir en un coup d'œil si 99999999999999999999 et 99999999999999999999 sont égales. »

– Alan M. Turing, *On computable numbers*

# « Champ visuel »

0	1	1	0	0	1	1	0		1	0	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	---



# « Champ visuel »

0	1	1	0	0	1	1	0		1	0	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	---



# « Champ visuel »

0	1	1	0	0	1	1	0		1	0	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	---



# « Champ visuel »

0	1	1	0	0	1	1	0		1	0	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	---



# « Champ visuel »

0	1	1	0	0	1	1	0		1	0	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	---





# « Champ visuel »

0	1	1	0	0	1	1	0		1	0	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	---

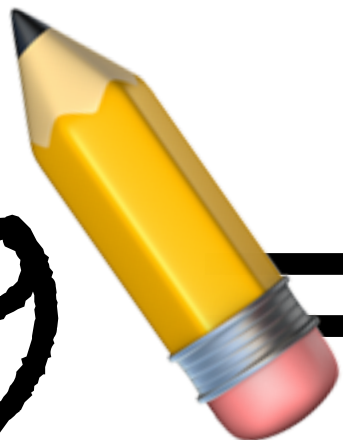


« Le **comportement** du calculateur à chaque moment est **déterminé par le symbole qu'il observe et son "état d'esprit"** à ce moment. »

– Alan M. Turing, *On computable numbers*

# « États d'esprit »

12932 +  
19 =



J'ai lu le  
chiffre 2



# « États d'esprit »

12932 +

19 =

J'ai lu le  
chiffre 2 et le  
chiffre 9



# « États d'esprit »

$$\begin{array}{r} 12932 \\ + \\ 19 \\ \hline \end{array}$$

Il faut que  
j'écrive 1 et que je  
garde 1 comme  
retenue



# « États d'esprit »

$$\begin{array}{r} 12932 \\ + \\ 19 \\ \hline \end{array}$$

Il faut que je  
me déplace à  
gauche ; la  
retenue est 1

1



# « États d'esprit »

$$\begin{array}{r} 12932 \\ + \\ 19 \\ \hline \end{array}$$

J'ai lu le  
chiffre 3 ; avec la  
retenue de 1 ça  
fait 4

1



# « États d'esprit »

12932 +

19 =



1

J'ai lu 4 et le  
chiffre 1





# « États d'esprit »

$$12932 + 19 =$$

Il faut que  
j'écrive 5 ; pas  
de retenue



1



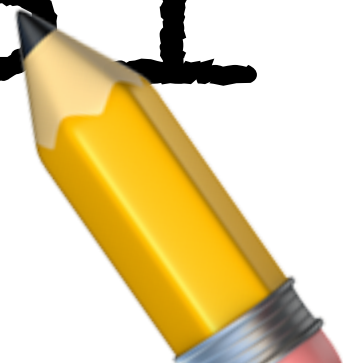
# « États d'esprit »

$$12932 + 19 =$$

Il faut que je  
me déplace à  
gauche

---

51



« On suppose également que le **nombre d'états d'esprit** qu'on doit prendre en compte soit **fini**. Les raisons pour cela sont de la même nature que celles qui restreignent le nombre de symboles. »

– Alan M. Turing, *On computable numbers*

# États d'esprit trop proches

J'ai lu la  
séquence  
9999999999



# États d'esprit trop proches

J'ai lu la  
séquence  
9999999999

J'ai lu la  
séquence  
9999999999



« On peut éviter l'utilisation d'états d'esprit plus compliqués **en écrivant plus de symboles** sur le ruban. »

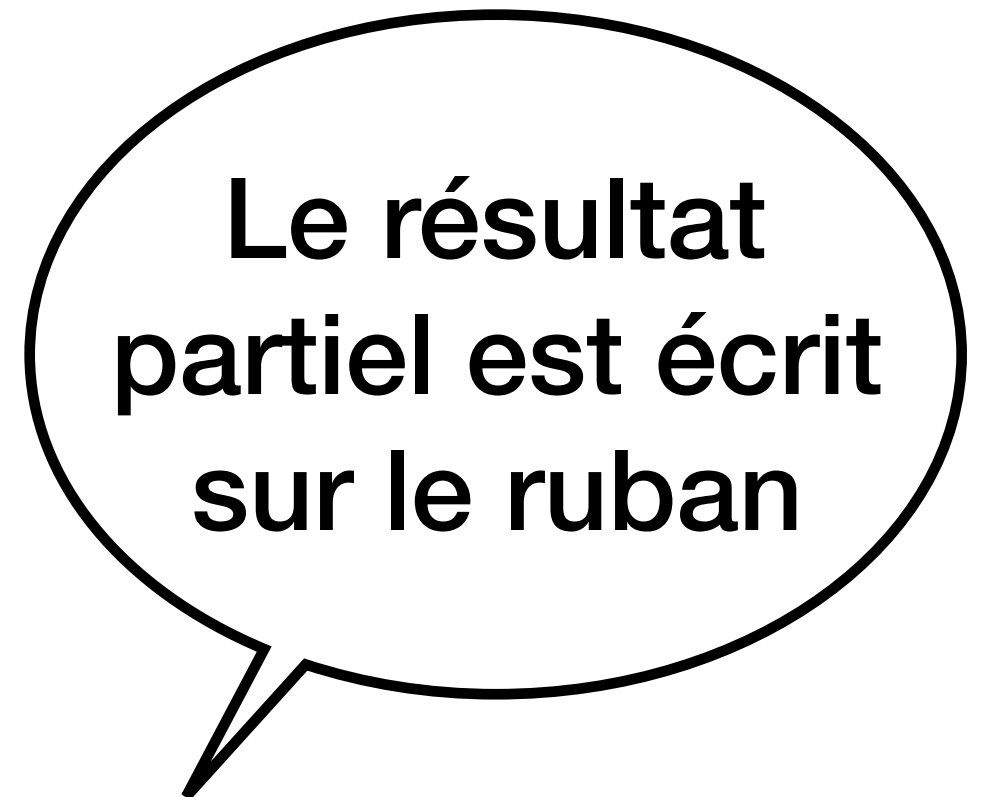
– Alan M. Turing, *On computable numbers*

# Prendre note sur le ruban

Le résultat  
partiel est  
9999999999



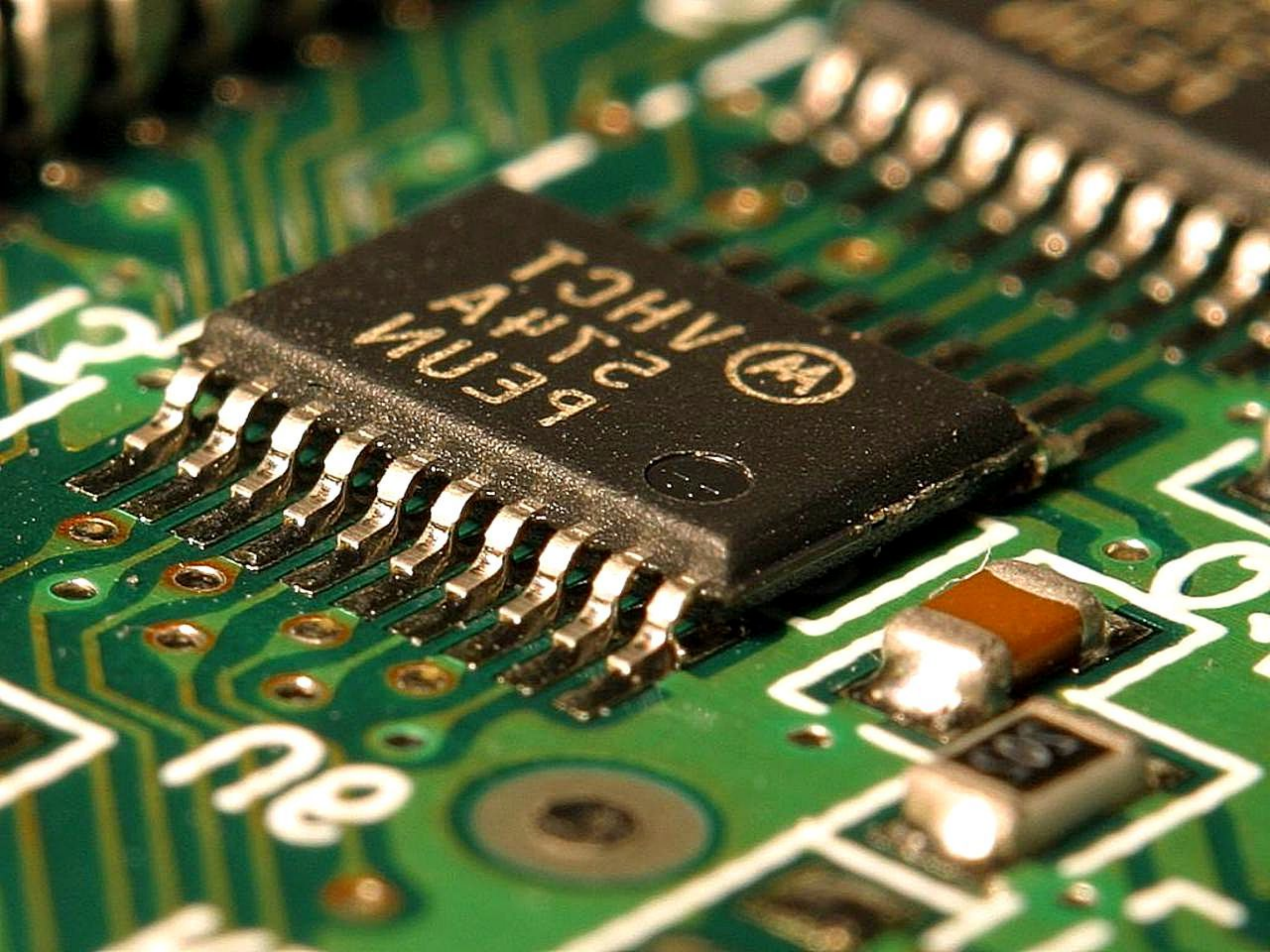
# Prendre note sur le ruban





# **CA**lculateurs électroniques







# Équations de Maxwell

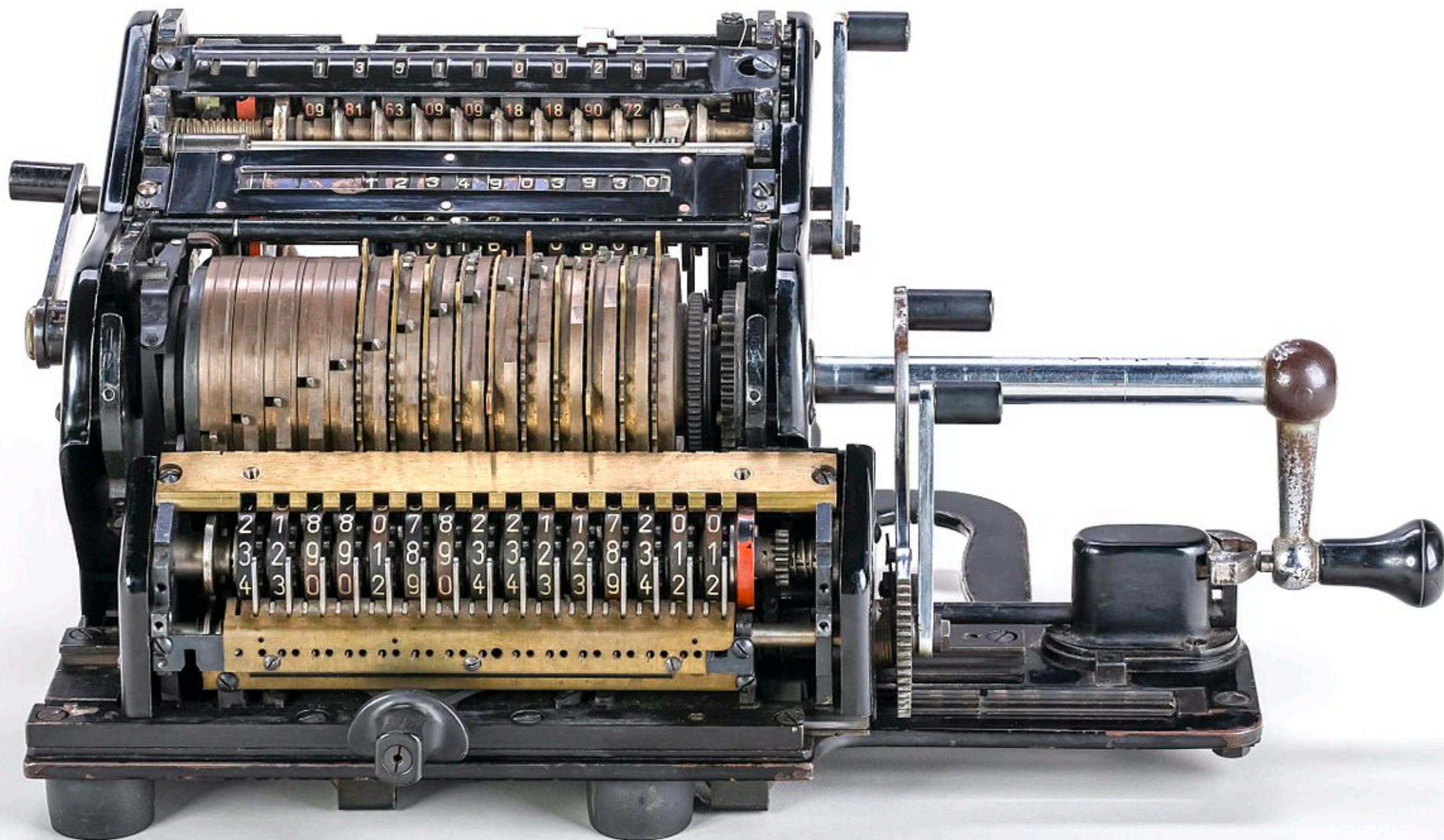
$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \left( \mathbf{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right)$$

# **CA**lculateurs mécaniques



**CA**lculateurs  
gravitationnels

# CAcalculer avec la gravité




# CAlculer avec la gravité





# CAlculer avec la gravité


$$= \sqrt{\frac{2h}{g}}$$



# CAlculer avec la gravité



# CAlculer avec la gravité




$$h = \frac{xg}{2}$$



# CAlculer avec la gravité

$$h = \frac{xg}{2} \left\{ \right.$$





$$= \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

# CAlculer avec la gravité

$$h = \frac{xg}{2} \left\{ \right.$$





$$= \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$= \sqrt{\frac{2(xg/2)}{g}}$$

# CAlculer avec la gravité

$$h = \frac{xg}{2} \left\{ \right.$$




$$= \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

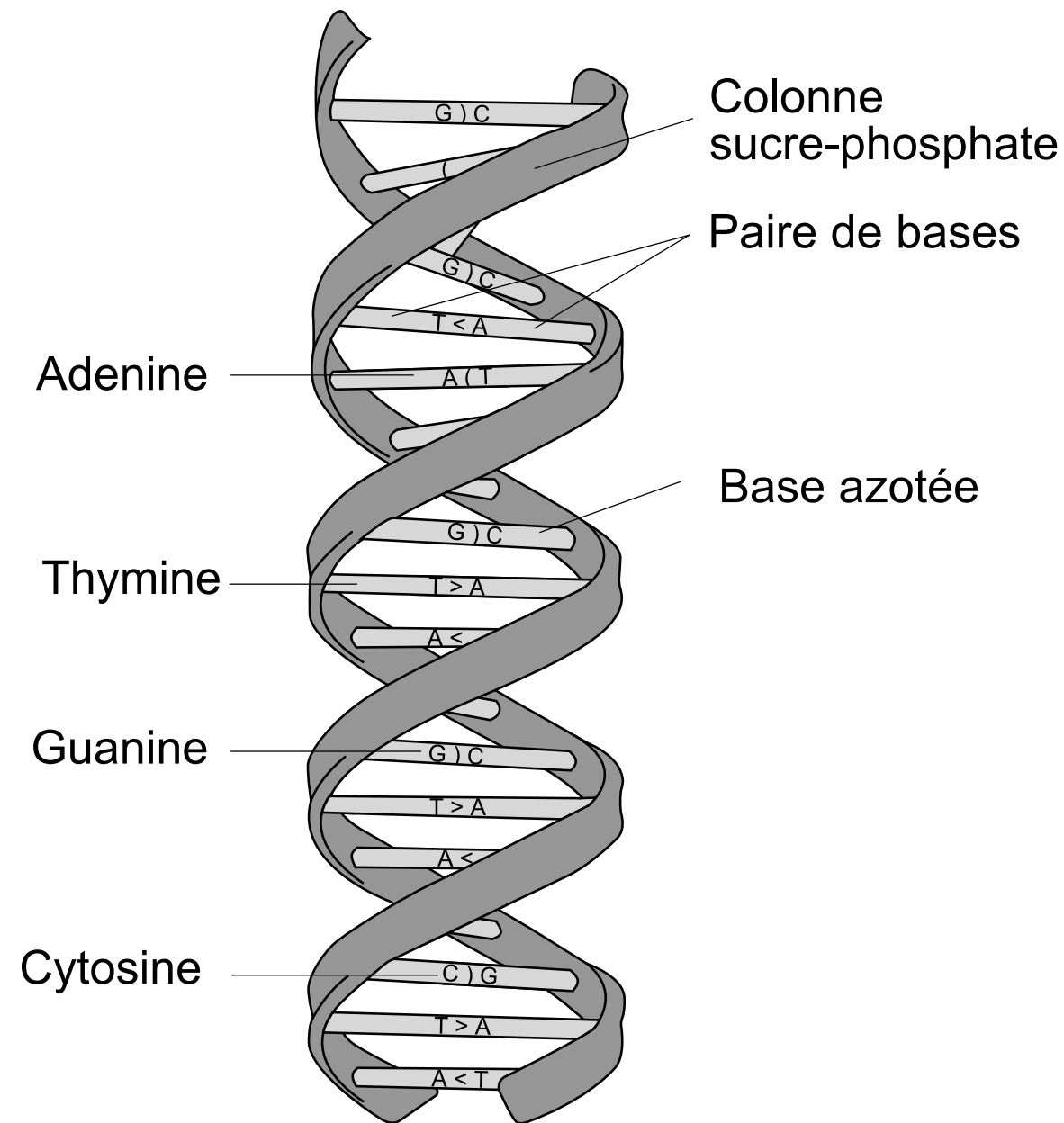
$$= \sqrt{\frac{2(xg/2)}{g}}$$

$$= \sqrt{x}$$

# **CA**lculer avec l'ADN (DNA computing)



# Acide désoxyribonucléique





# Acide désoxyribonucléique

- Chaque brin d'ADN peut être vu comme un **mot** sur l'alphabet  $\Sigma = \{A, C, T, G\}$
- Donc on peut coder **n'importe quelle donnée** avec l'ADN
- Il y a une attraction mutuelle entre A / T et entre G / C, qui forment une **paire de bases complémentaires**
- Les deux brins complémentaires forment la **double hélice**
- Ici on suppose de manipuler l'ADN en **tubes à essai** 