

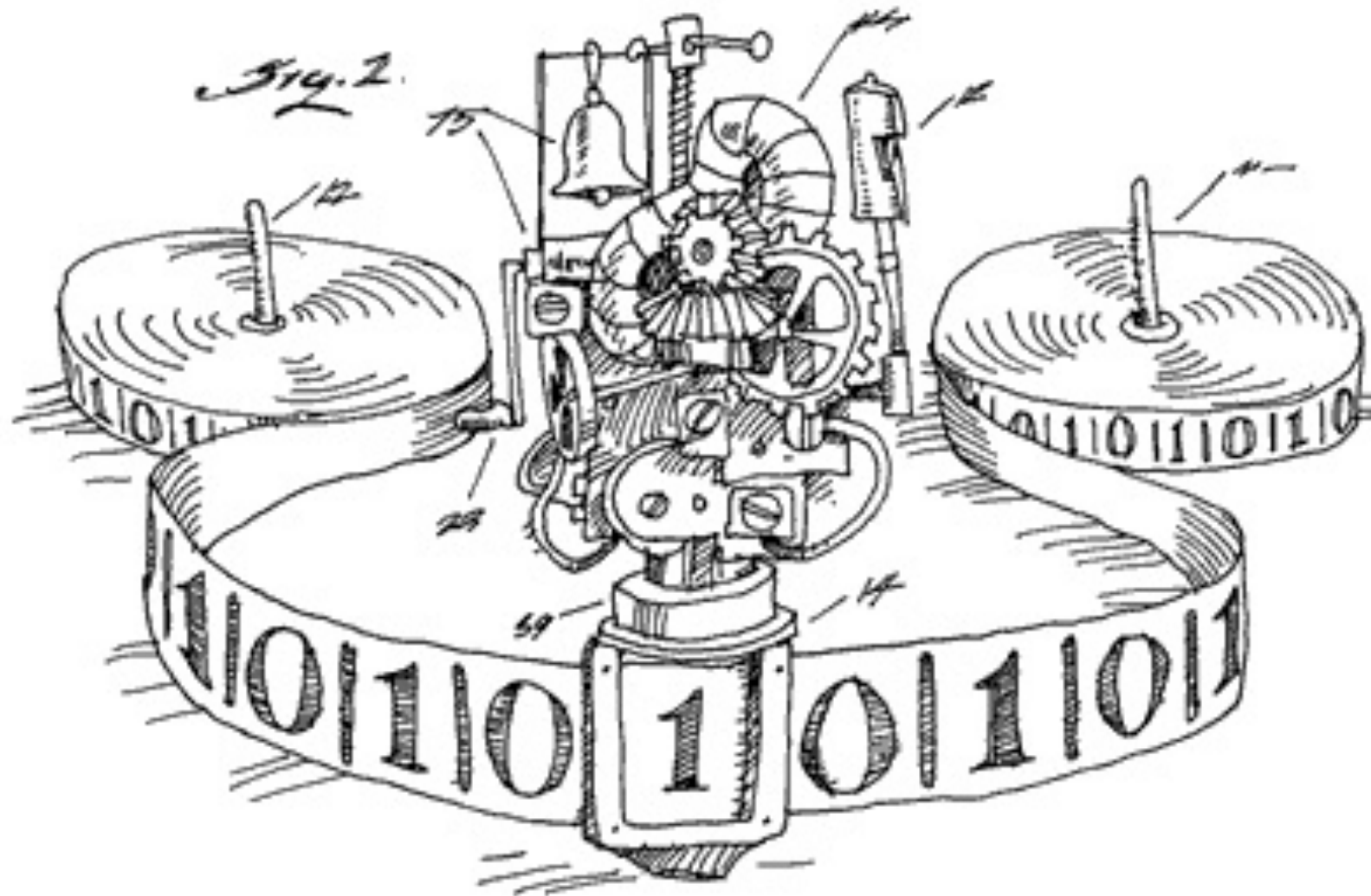
⁴²**Mo** dèles de
²⁰**Ca** lcul
¹¹**Na** turel

Anto**N**io E. Por**R**eca
aeporreca.org/mocana

MOdèles de **CA**lcul traditionnels

Machines de Turing

Alan Turing (1912–1954)



Machine de Turing =
CAlculateur 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

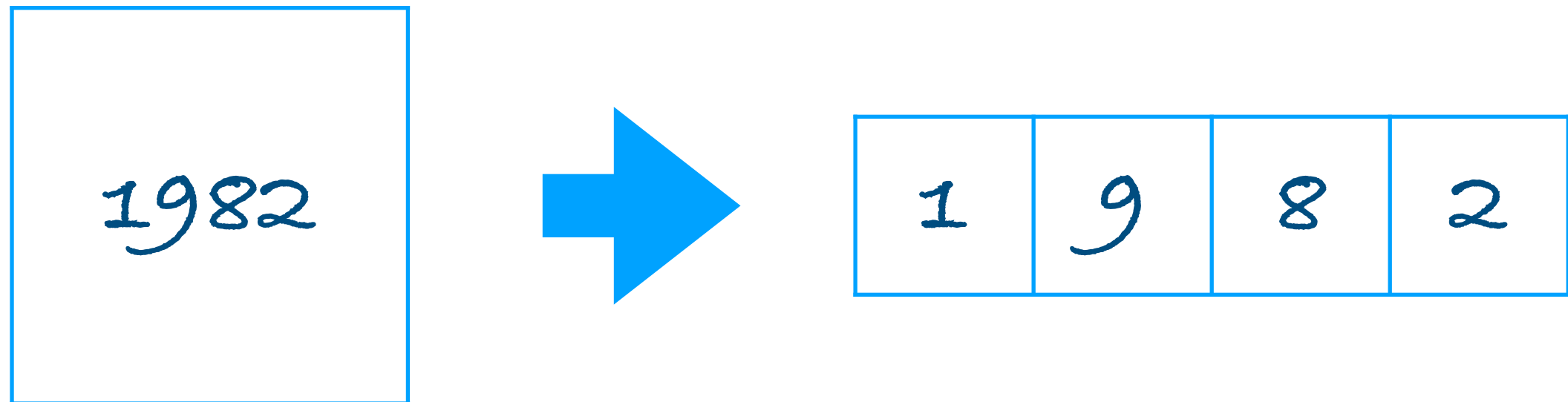
M	N	O
P	Q	R
S	T	U
V	W	X

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



« 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
---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	---

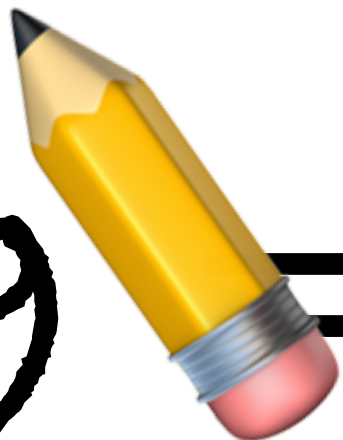


« Le **comportement** du calculateur à chaque moment est **déterminé par le symbole qu'il observe et son "état d'esprit"** à ce moment. »

– 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

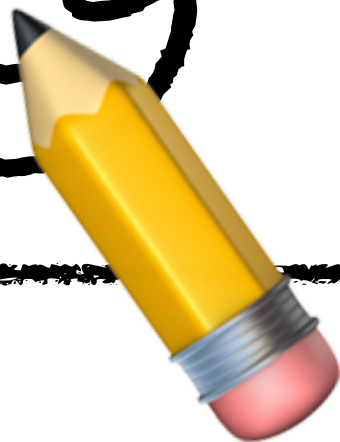
1



« États d'esprit »

12932 +

19 =



1

J'ai lu 4 et le
chiffre 1



« États d'esprit »

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

Il faut que
j'écrive 5 ; pas
de retenue



1

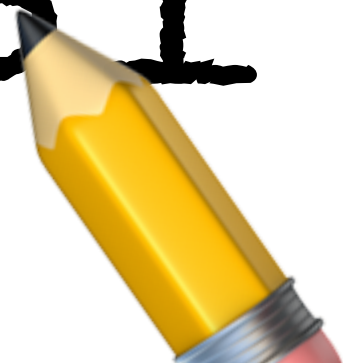


« États d'esprit »

$$12932 + 19 =$$

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. »

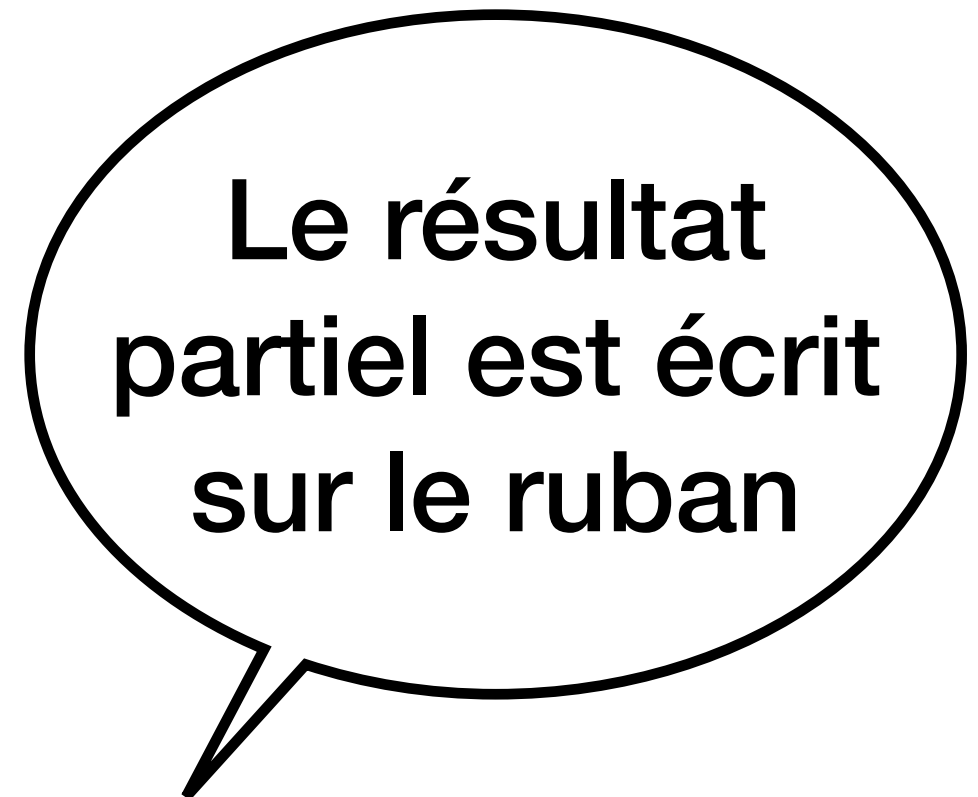
– Alan M. Turing, *On computable numbers*

Prendre note sur le ruban

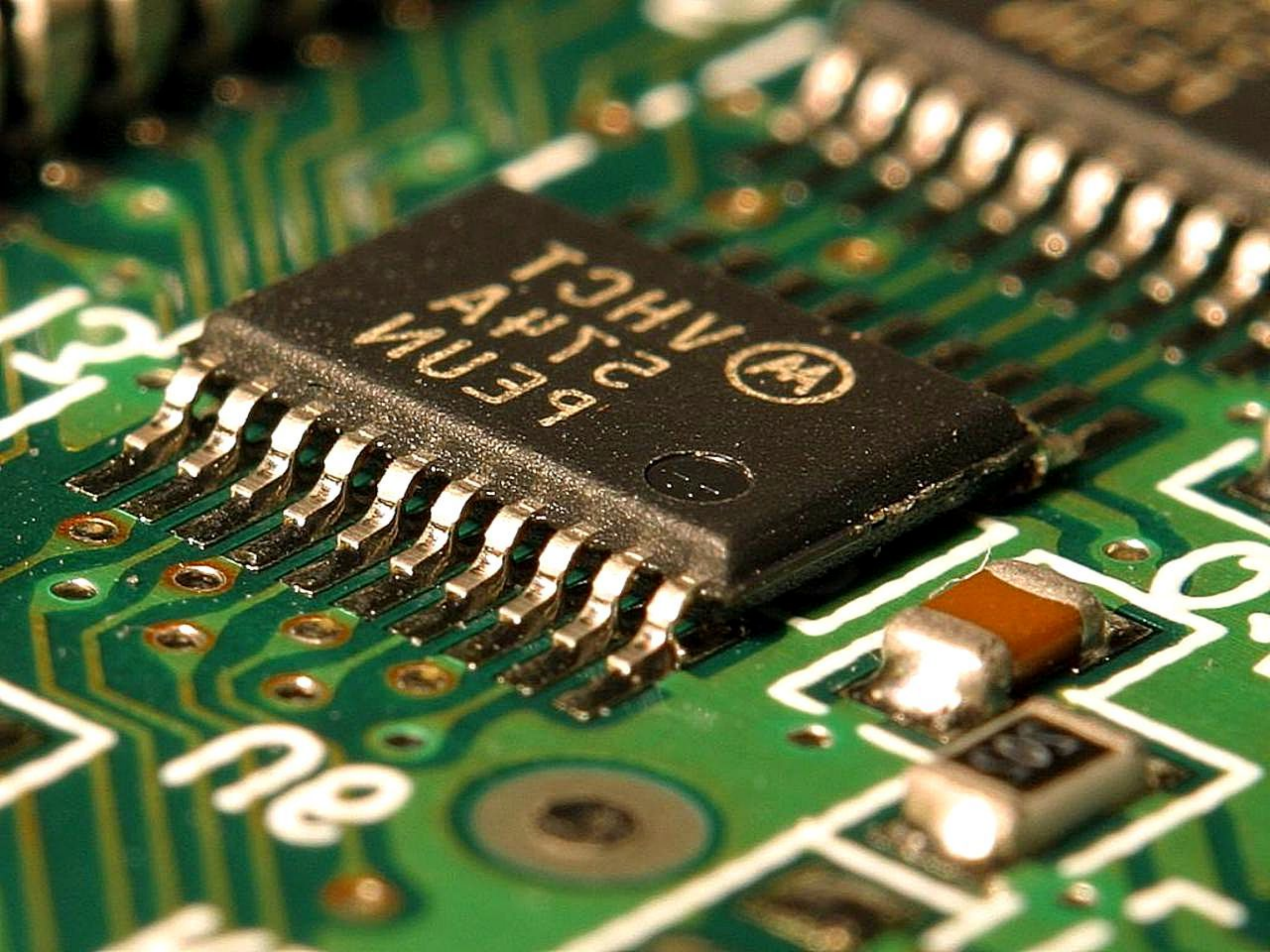
Le résultat
partiel est
9999999999



Prendre note sur le ruban



CAlculateurs électroniques



Équations de Maxwell

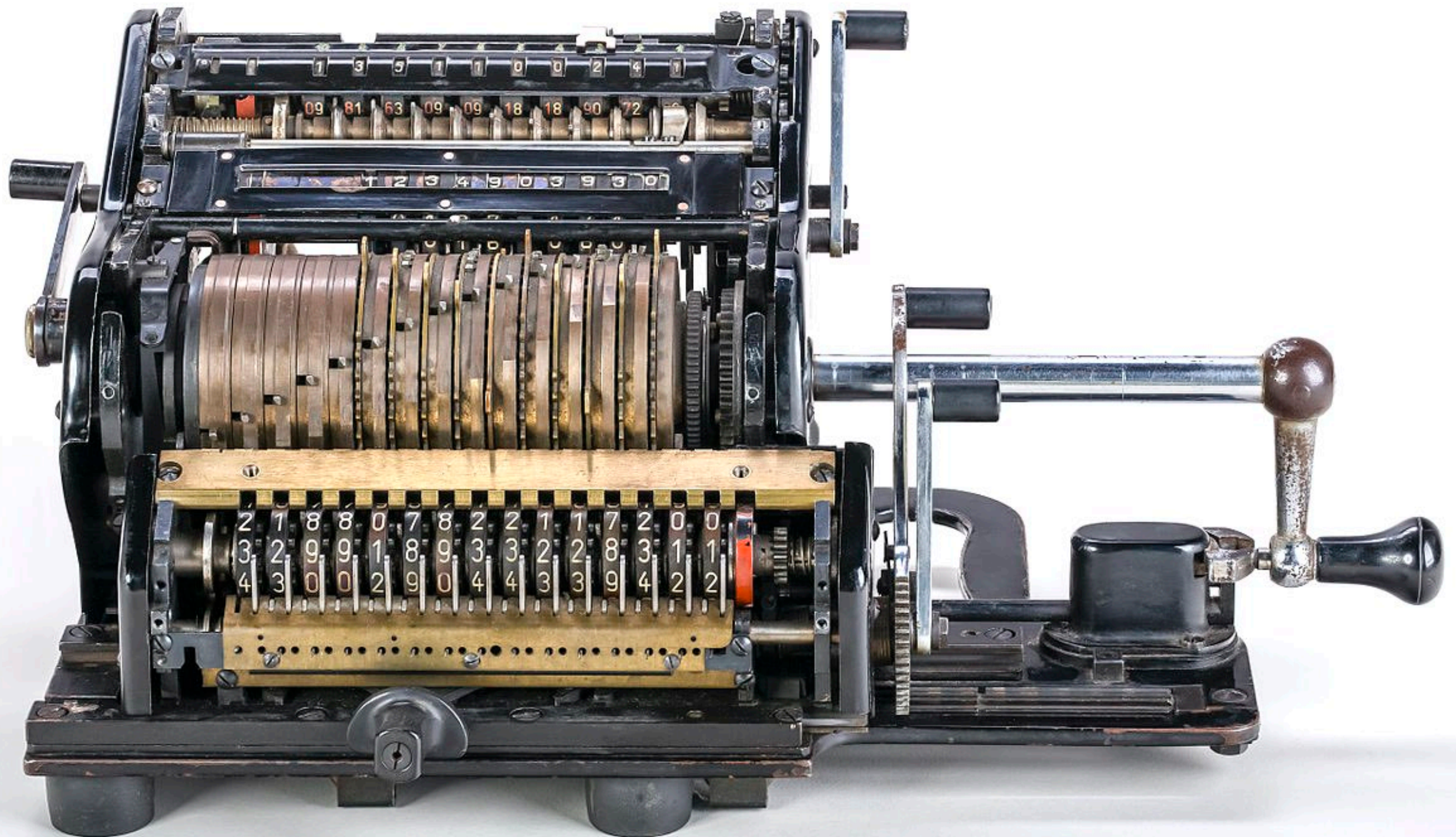
$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

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

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

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

CAlculateurs mécaniques



CAlculateurs gravitationnels


CAcalculer avec la gravité



CAlculer avec la gravité



CAlculer avec la gravité

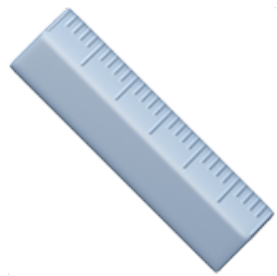

$$= \sqrt{\frac{2h}{g}}$$



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

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




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

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

$$= \sqrt{x}$$