

Modèle de Von Neumann

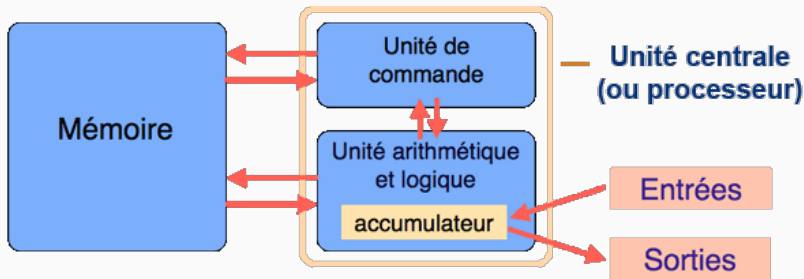
qkzk

Architecture des machines : le modèle de Von Neumann

John Von Neumann : mathématicien, informaticien, ingénieur...
Participa au projet Manhattan (première bombe atomique) et à l'ENIAC

En 1944, il propose un modèle *d'architecture* novateur qui sert toujours de base à l'architecture des ordinateurs actuels.

Présentation du modèle de Von Neumann



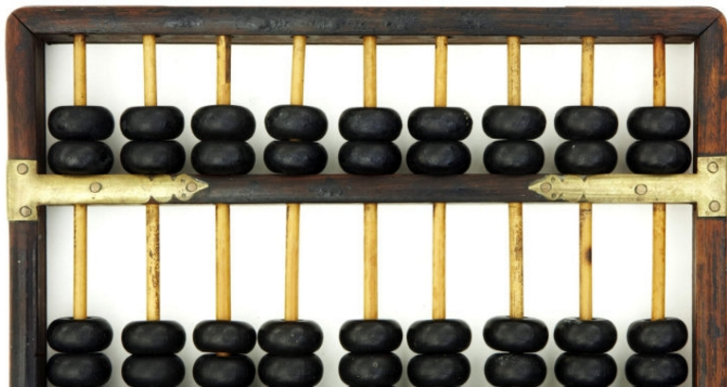
- **Processeur** : composé de deux unités
- **Unité de commande** : contrôle la séquence d'instructions
- **Unité arithmétique** : exécute les instructions
- **Mémoire** : contient les données et **les programmes**
- **Entrées** : clavier, cartes perforées, etc.
- **Sorties** : affichage, imprimante, écran

Avant d'entrer dans le détail, bref historique

Historique de la machine

Préhistoire informatique

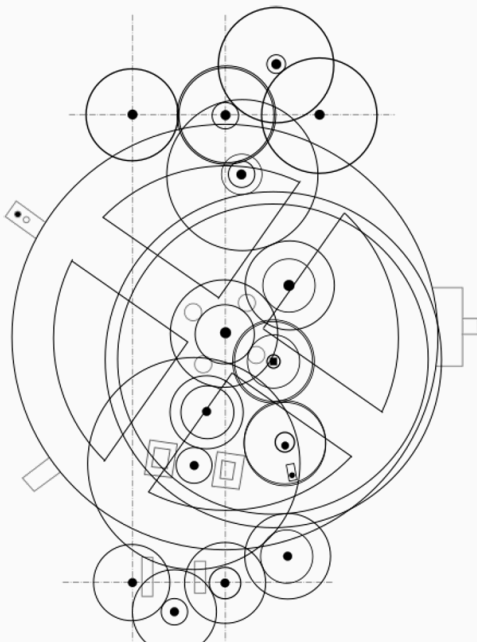
- Compter : les doigts, les orteils et des outils.
- Concevoir des machines pour réaliser des calculs (*calculi* mot latin qui signifie “cailloux”). **Exemple** : Le *boulier*, découvert indépendamment par de nombreuses civilisations



Antiquité : naviguer



Antiquité : naviguer



La machine d'Anticythère, découverte en 1900 et datant de -87 avant J.-C. servait à calculer les positions astronomiques et donc à **naviguer**

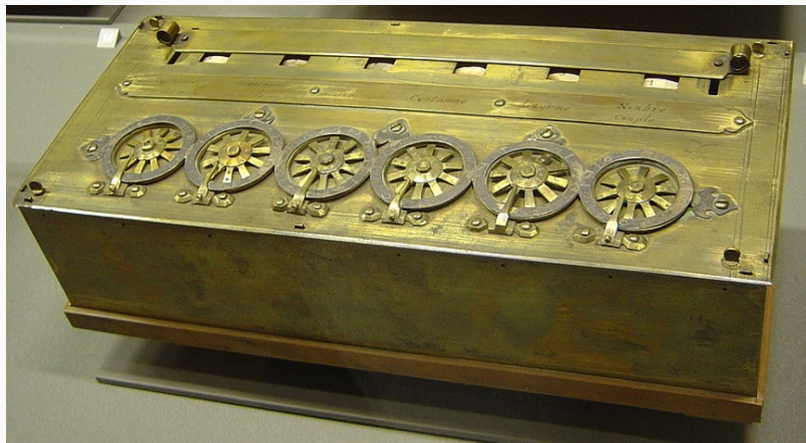
Elle démontre que :

- Calculer a toujours été une entreprise importante
- L'homme s'est toujours montré d'une très grande ingéniosité pour y parvenir

Blaise Pascal. Scientifique et penseur français du XVII^e siècle

- En physique : le *théorème de Pascal* qui exprime les variations de pression dans un fluide
- En mathématiques : *calcul infinitésimal*, *raisonnement par récurrence* etc.
- En philosophie et littérature : les *Pensées* (1669)
- En ingénierie : la *Pascaline*. Première machine à calculer.
Inventée à 19 ans pour aider son père devant remettre en ordre les recettes fiscales d'une province.

La pascaline



Leibniz (1646 - 1716) est un penseur allemand fait progresser la philosophie, les mathématiques, la physique et l'ingénierie autant que Pascal.

Il améliore la Pascaline et redécouvre le système **binaire**.

Néanmoins on n'utilisera réellement le binaire qu'après 1945.

Premières machines programmables : métiers à tisser

Joseph Marie Jacquard (1752-1834) améliore des principes déjà existants pour concevoir une machine à tisser utilisant les cartes perforées de **Jean-Baptiste Falcon**.

Les métiers Jacquard sont encore utilisés dans le médical pour réaliser des coudières, genouillères et prothèses d'artères.

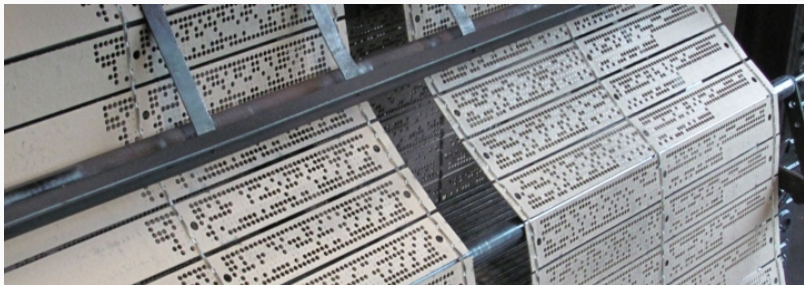


Figure 4: Cartes perforées

Machine à calculer programmable

Charles Babbage constatant que les erreurs de calculs dans les tables conduisent à de nombreuses catastrophes invente en 1833 le concept de *machine (Difference Engine 1)* permettant d'automatiser le calcul.

Il correspond ensuite avec **Ada Lovelace** (comtesse et fille du poète Lord Byron). Elle conçoit les premiers programmes pour cette machine. Elle est vue comme la première programmeuse du monde.

Trop complexe, trop coûteuse la machine de Babbage ne verra jamais le jour.

Diagram for the computation by the Engine of the Numbers of Bernoulli. See Note G. (page 722 of sep.)

Number of Operations.	Nature of Operations.	Variables acted upon.	Variables resulting results.	Indication of change in the value on any Variable.	Statement of Results.	Data.														Working Variables.																Result Variables.			
						v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6	v_7	v_8	v_9	v_{10}	v_{11}	v_{12}	v_{13}	v_{14}	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6	w_7	w_8	w_9	w_{10}	w_{11}	w_{12}	w_{13}	w_{14}	w_{15}	w_{16}	w_{17}	w_{18}	w_{19}	w_{20}
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14																				
1	$\times v_1 \times v_2$	v_1	v_2	$v_1 v_2$	$= 2 \times$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
2	$- v_1 + v_2$	v_1	v_2	$v_1 - v_2$	$= 2 - 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
3	$+ v_1 + v_2$	v_1	v_2	$v_1 + v_2$	$= 2 + 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
4	$- v_1 + v_2$	v_1	v_2	$v_1 - v_2$	$= 2 - 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
5	$+ v_1 + v_2$	v_1	v_2	$v_1 + v_2$	$= 2 + 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
6	$- v_1 + v_2$	v_1	v_2	$v_1 - v_2$	$= 2 - 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
7	$+ v_1 + v_2$	v_1	v_2	$v_1 + v_2$	$= 2 + 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
8	$- v_1 + v_2$	v_1	v_2	$v_1 - v_2$	$= 2 - 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
9	$+ v_1 + v_2$	v_1	v_2	$v_1 + v_2$	$= 2 + 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
10	$\times v_1 \times v_2$	v_1	v_2	$v_1 v_2$	$= 2 \times$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
11	$- v_1 + v_2$	v_1	v_2	$v_1 - v_2$	$= 2 - 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
12	$+ v_1 + v_2$	v_1	v_2	$v_1 + v_2$	$= 2 + 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
13	$- v_1 + v_2$	v_1	v_2	$v_1 - v_2$	$= 2 - 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
14	$+ v_1 + v_2$	v_1	v_2	$v_1 + v_2$	$= 2 + 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
15	$- v_1 + v_2$	v_1	v_2	$v_1 - v_2$	$= 2 - 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
16	$\times v_1 \times v_2$	v_1	v_2	$v_1 v_2$	$= 2 \times$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
17	$- v_1 + v_2$	v_1	v_2	$v_1 - v_2$	$= 2 - 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
18	$+ v_1 + v_2$	v_1	v_2	$v_1 + v_2$	$= 2 + 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
19	$- v_1 + v_2$	v_1	v_2	$v_1 - v_2$	$= 2 - 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
20	$\times v_1 \times v_2$	v_1	v_2	$v_1 v_2$	$= 2 \times$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
21	$- v_1 + v_2$	v_1	v_2	$v_1 - v_2$	$= 2 - 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
22	$+ v_1 + v_2$	v_1	v_2	$v_1 + v_2$	$= 2 + 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
23	$- v_1 + v_2$	v_1	v_2	$v_1 - v_2$	$= 2 - 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
Here follows a repetition of Operations thirteen to twenty-three.																																							
24	$+ v_1 + v_2$	v_1	v_2	$v_1 + v_2$	$= 2 + 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
25	$- v_1 + v_2$	v_1	v_2	$v_1 - v_2$	$= 2 - 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}

Figure 5: Nombres de Bernoulli

La révolution industrielle de la fin du XIXe siècle conduit à l'apparition de l'électricité et des moteurs qui améliorent les machines à calculer.

Par exemple, aux USA, **Herman Hollerith**, conçoit une machine qui divise par deux le temps nécessaire au recensement de la population. Sa société fusionnera pour devenir IBM.

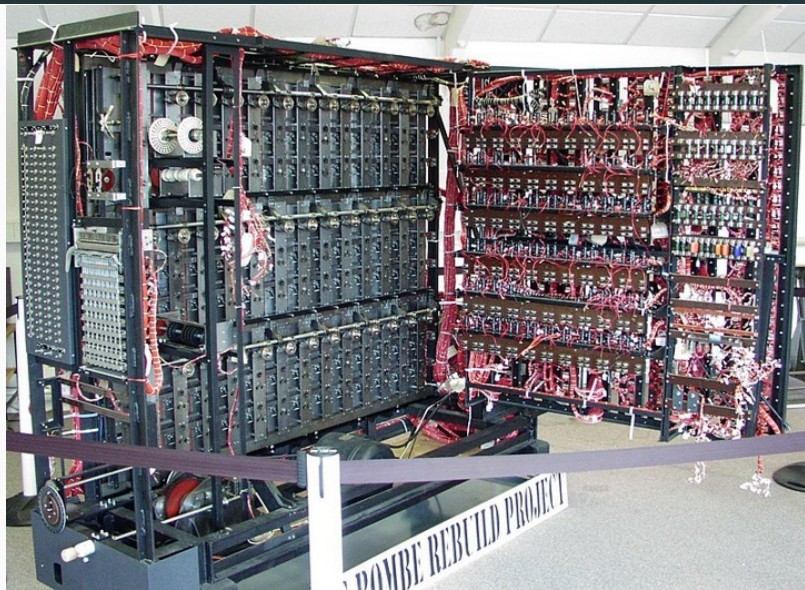
XXe siècle : un essor fulgurant

- Avant 1936 : première machine capable de *parallélisme*
- 1936 : **Alonzo Church** et **Kurt Gödel** fournissent un cadre théorique et Alan Turing propose un concept théorique de machine qui est encore utilisé.
- Seconde guerre mondiale. L'information est chiffrée et circule alors massivement via les ondes radio et le télégraphe. Le déchiffrement devient un enjeu mondial. Citons Enigma, utilisée par les allemands, déchiffrée par Turing grâce à *la bombe*.

Enigma



La bombe

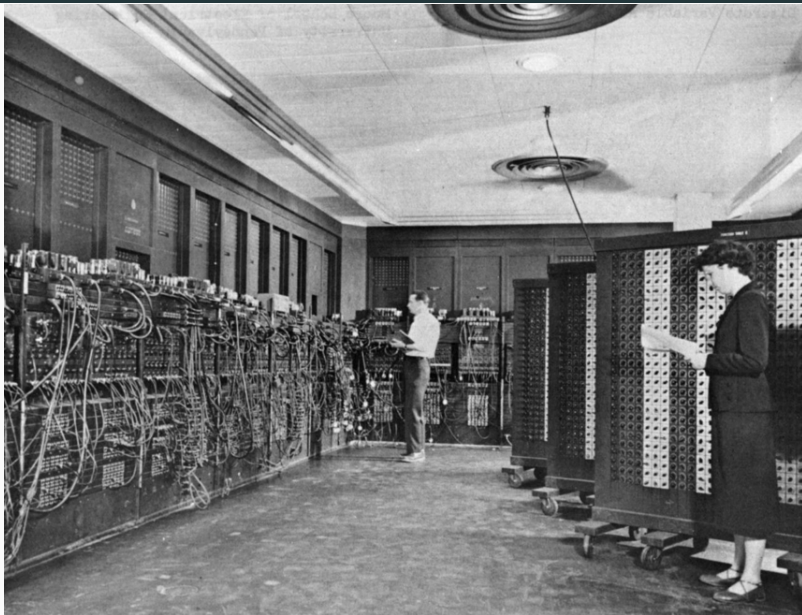


Les machines sont encore colossales !

- ENIAC : 30 tonnes, 167 m², 160 kW pour 100 kHz et 100 000 additions par secondes.
- Programme sur cartes perforées, entièrement électronique. Servant au calcul balistique. Programmé par six femmes.
- Calcul d'une trajectoire d'une table de tir. Comparatif :

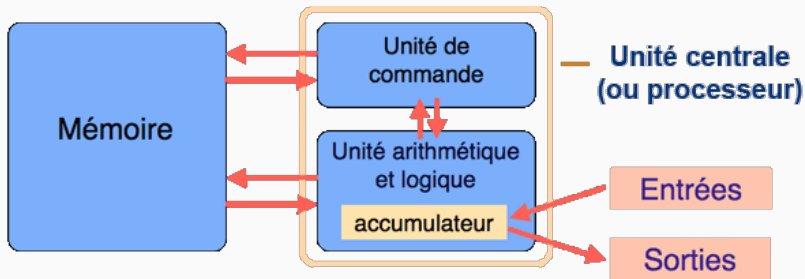
Méthode	Durée
Homme à la main	2,6 j
Avec une machine à calculer	12 h
Model 5 (concurrent ENIAC)	40 min
ENIAC	3 s
PC ~2000	30 μ s

l'ENIAC : un monstre



Le modèle de Von Neumann en détail

Modèle de Von Neumann



- **Processeur** : composé de deux unités
- **Unité de commande** : contrôle la séquence d'instructions
- **Unité arithmétique** : exécute les instructions
- **Mémoire** : contient les données et **les programmes**
- **Entrées** : clavier, cartes perforées, etc.
- **Sorties** : affichage, imprimante, écran

L'ordinateur effectue des instructions en séquence.

Chaque instruction se découpe en trois parties :

- fetch (*récupérer*)
- read (*lire*)
- execute (*exécuter*)

C'est tout ce que fait un processeur... mais il le fait 4 milliards de fois par seconde.

Elle contrôle les instructions réalisées par la machine.

C'est elle qui récupère les instructions et les décode.

Elle s'occupe donc des parties "fetch" et "read"

Elle s'occupe de réaliser les *calculs* à effectuer.

On a déjà rencontré un petit morceau d'unité arithmétique :
l'additionneur 1 bit.

Dans la mémoire on trouve à la fois les programmes et les données.

L'interface du processeur. Sur un processeur moderne ce sont les broches.