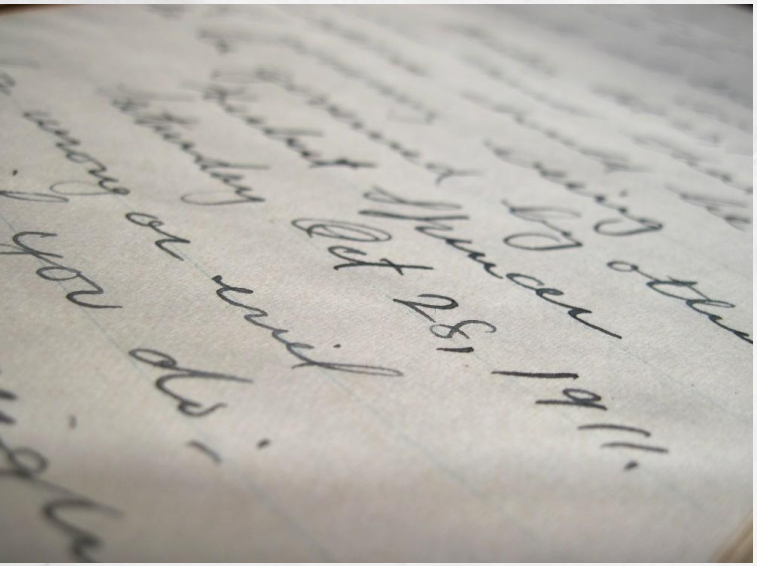


# La reconnaissance automatique d'écriture

Théodore Bluche

# De quoi vais-je parler?

- Mon travail : un doctorat en informatique
- Mon sujet : la reconnaissance automatique d'écriture
- Ma collaboration avec des étudiants allemands

# Mon parcours

Baccalauréat
"Scientifique"

Classes préparatoires
Maths / Physique
*Préparation au concours d'entrée aux Grandes Ecoles d'Ingénieurs*

Supélec - Diplôme d'Ingénieur
*Electronique, Informatique, Automatique, Electrotechnique, ...*

Oxford University
*Master en Informatique*

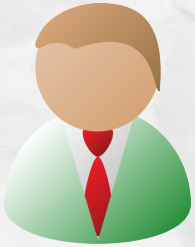
Ingénieur en
Informatique

Début de mon doctorat

2005 2007 2009 2010 2011

# Le doctorat

Moi



Directeur de thèse

Prof. Hermann Ney

Co - encadrant

Christopher Kermorvant


Lire des articles
Connaitre le sujet

Expériences

Ecrire la thèse

# JE TRAVAILLE ...

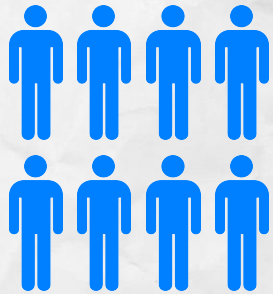
*Lieux de Travail*

*Qu'est ce que c'est ?*

*Mes collègues*

mardi et mercredi

un laboratoire de recherche qui est associé à l'université de Paris

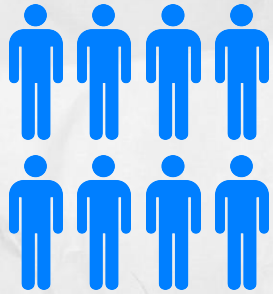


étudiants, professeurs, chercheurs

lundi, jeudi et vendredi

une entreprise

je travaille dans le département Recherche et Développement



ingénieurs

# Mon travail...

## Je fais de la *recherche* ... ... en *informatique*

Lire des articles scientifiques sur le sujet
-> pour savoir ce qui existe déjà
-> pour trouver des idées

Mais aussi
- trouver des idées
- écrire des articles...

Assister à des conférences
-> pour connaître les dernières technologies
-> pour rencontrer des gens qui travaillent sur le même sujet

Ecrire des programmes...

... et utiliser des programmes qui existent déjà

Exécuter les programmes -- c'est l'ordinateur qui travaille! même la nuit et le week-end

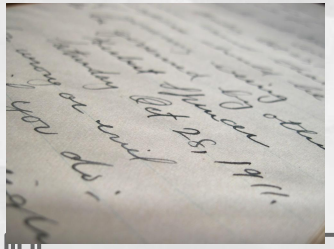
# Mon sujet

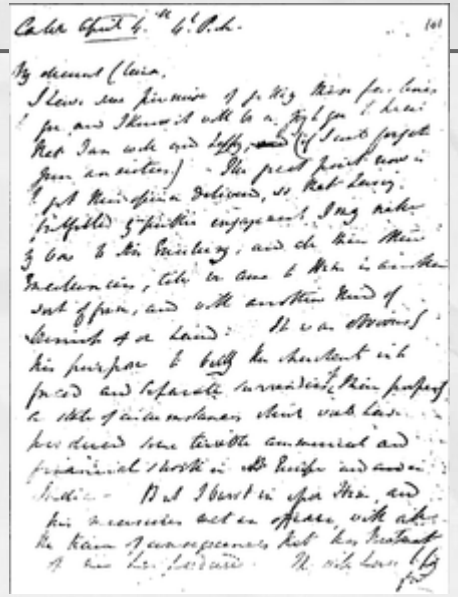
Termes techniques... -> méthodes utilisées

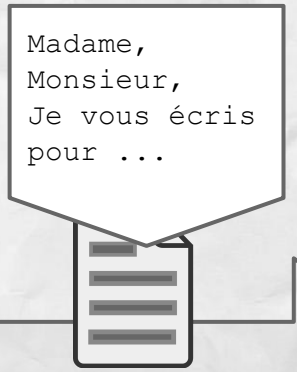
Nouveaux modèles à base de réseaux de neurones et de modèles de Markov cachés pour la reconnaissance d'écriture manuscrite à large vocabulaire

Sujet de recherche

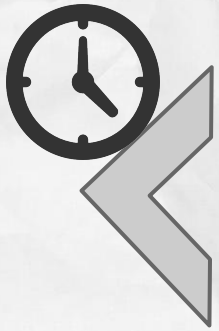
# Qu'est-ce que la reconnaissance automatique de l'écriture ?



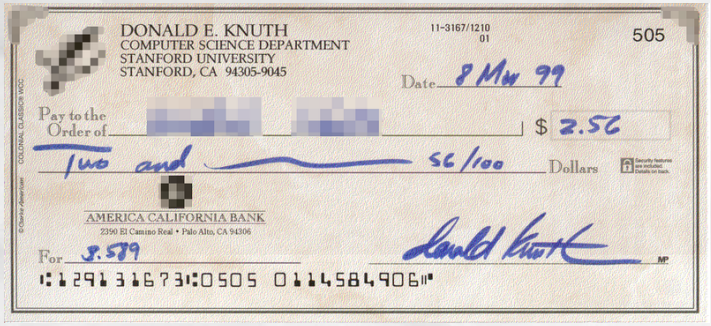




# Pourquoi utiliser des ordinateurs ?



# A QUOI ÇA SERT?


DONALD E. KNUTH
COMPUTER SCIENCE DEPARTMENT
STANFORD UNIVERSITY
STANFORD, CA 94305-9045

11-3167/1210
01

505

Date 8 May 99

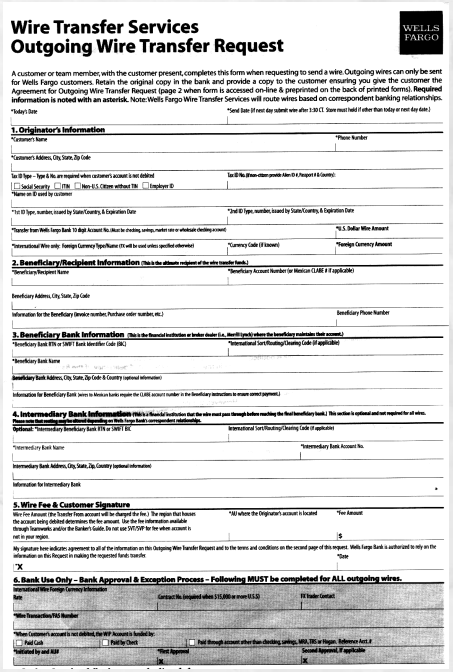
Pay to the Order of [redacted] $ 2.56

Two and 56/100 Dollars

AMERICA CALIFORNIA BANK
2390 El Camino Real • Palo Alto, CA 94306

For 3.589

⑆121931673⑆0505 0114584906⑈


**Wire Transfer Services**
**Outgoing Wire Transfer Request**

WELLS FARGO

A customer or team member, with the customer present, completes this form when requesting to send a wire. Outgoing wires can only be sent for Wells Fargo customers. Retain the original copy in the bank and provide a copy to the customer ensuring you give the customer the Agreement for Outgoing Wire Transfer Request (page 2 when form is accessed on-line & preprinted on the back of printed forms). Required information is noted with an asterisk. Note: Wells Fargo Wire Transfer Services will route wires based on correspondent banking relationships.

*Today's Date *Send Date (if next day submit wire after 3:30 CT. Store must hold if other than today or next day date.)

**1. Originator's Information**

*Customer's Name *Phone Number

*Customer's Address, City, State, Zip Code

Tax ID Type – Type & No. are required when customer's account is not debited Tax ID No. (If non-citizen provide Alien ID # /Passport # & Country)

☐ Social Security ☐ ITIN ☐ Non-U.S. Citizen without TIN ☐ Employer ID

*Name on ID used by customer

*1st ID Type, number, issued by State/Country, & Expiration Date *2nd ID Type, number, issued by State/Country, & Expiration Date

*Transfer from Wells Fargo Bank 10 digit Account No. (Must be checking, savings, market rate or wholesale checking account) *U.S. Dollar Wire Amount

*International Wire only: Foreign Currency Type/Name (1st will be used unless specified otherwise) *Currency Code (If known) *Foreign Currency Amount

**2. Beneficiary/Recipient Information** (This is the ultimate recipient of the wire transfer funds.)

*Beneficiary/Recipient Name *Beneficiary Account Number (or Mexican CLABE # if applicable)

Beneficiary Address, City, State, Zip Code

Information for the Beneficiary (Invoice number, Purchase order number, etc.) Beneficiary Phone Number

**3. Beneficiary Bank Information** (This is the financial institution or broker dealer (i.e., then IFI/party) where the beneficiary maintains their account.)

*Beneficiary Bank RTN or SWIFT Bank Identifier Code (BIC) *International Sort/Routing/Clearing Code (if applicable)

*Beneficiary Bank Name

Beneficiary Bank Address, City, State, Zip Code & Country (optional information)

Information for Beneficiary Bank (wires to Mexican banks require the CLABE account number in the beneficiary instructions to ensure correct payment.)

**4. Intermediary Bank Information** (This is a financial institution that the wire must pass through before reaching the final beneficiary bank.) This section is optional and not required for all wires. Please see Instructions regarding the above depending on Wells Fargo Bank's correspondent relationships.

Optional: *Intermediary Beneficiary Bank RTN or SWIFT BIC International Sort/Routing/Clearing Code (if applicable)

*Intermediary Bank Name *Intermediary Bank Account No.

Intermediary Bank Address, City, State, Zip, Country (optional information)

Information for Intermediary Bank

**5. Wire Fee & Customer Signature**

Wire Fee Amount (the Transfer From account will be charged the fee.) The region that houses the account being debited determines the fee amount. Use the fee information available through Teamworks and/or the Banker's Guide. Do not use SVP/SVP for fee when account is not in your region. *All where the Originator's account is located *Fee Amount

$

My signature here indicates agreement to all of the information on this Outgoing Wire Transfer Request and to the terms and conditions on the second page of this request. Wells Fargo Bank is authorized to rely on the information on this Request in making the requested funds transfer. *Date

X

**6. Bank Use Only – Bank Approval & Exception Process – Following MUST be completed for ALL outgoing wires.**

International Wire Foreign Currency Information

Rate Contract No. (required when $15,000 or more U.S.$) FX Trader Contact

*Wire Transaction/FAS Number

*When Customer's account is not debited, the WIP Account is funded by:

☐ Paid Cash ☐ Paid by Check ☐ Paid through account other than checking, savings, MRA, TBS or Hogan. Reference Acct.#

*Initialed by and AM *First Approval *Second Approval, if applicable

X X


BEURRERIE DOUAISIENNE

Vve Eugène CORDUANT Fils

8 au 14, Rue Saint-Michel DOUAI

TÉLÉPHONE N° 258

the Danish Butter
Export Union
1 Ryesmedsgade Copenhagen
Denmark

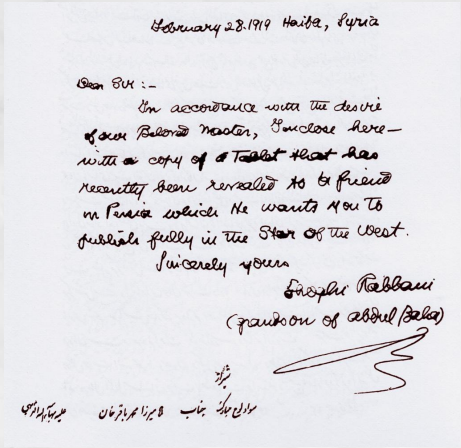
-> Traitement automatique des chèques

-> Tri automatique du courrier

-> Traitement automatique de formulaires

C'est plus rapide et moins cher...

# A QUOI ÇA SERT?



February 28.1919 Haifa, Syria

Dear Sir :-

In accordance with the desire of our Beloved Master, I enclose herewith a copy of a Tablet that has recently been revealed by Him in Persia which He wants you to publish fully in the Star of the West.

Sincerely yours

Shoghi Rabbani

(grandson of Abdul Baha)

-> Traitement automatisé du courrier entrant

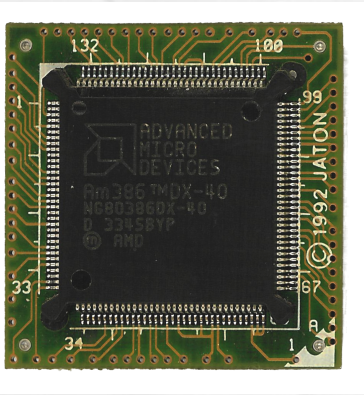
... dans les grandes entreprises par exemple, pour envoyer les courriers aux bons services

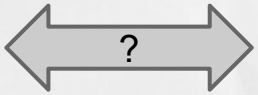
Numérisation d'archives <-

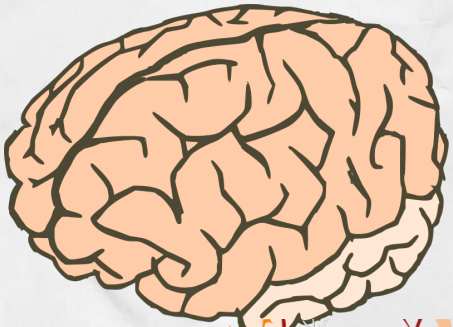
... ça prend moins de place dans un ordinateur

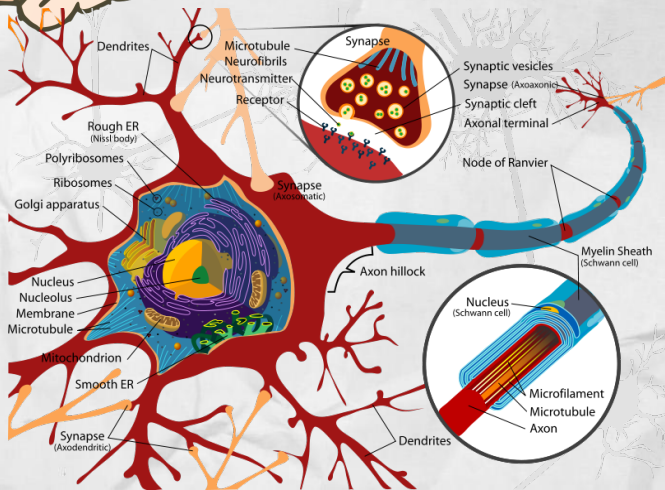
... ça permet de faire des recherches plus facilement avec un ordinateur

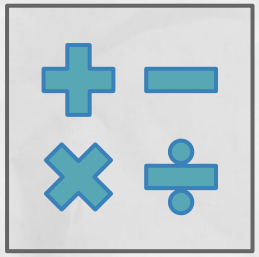
# L'Intelligence Artificielle



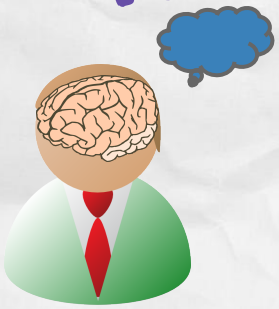





# Ordinateur = Machine

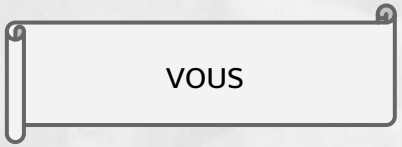


*Image*

```
11100110010011010101011100000010001110011101101001011111
10001110010111011111011001011001011000011100011000100010
01100110011000100010001001101101011100111100011100110010
00000010101011110100000000111001011100101010010101011
01000010000111011000010111001111000...
```

L'Homme voit l'image, reconnait que c'est du texte, sait interpréter que le noir correspond à l'écriture et le blanc au fond

L'ordinateur sait que c'est une image et sait comment l'afficher à l'écran



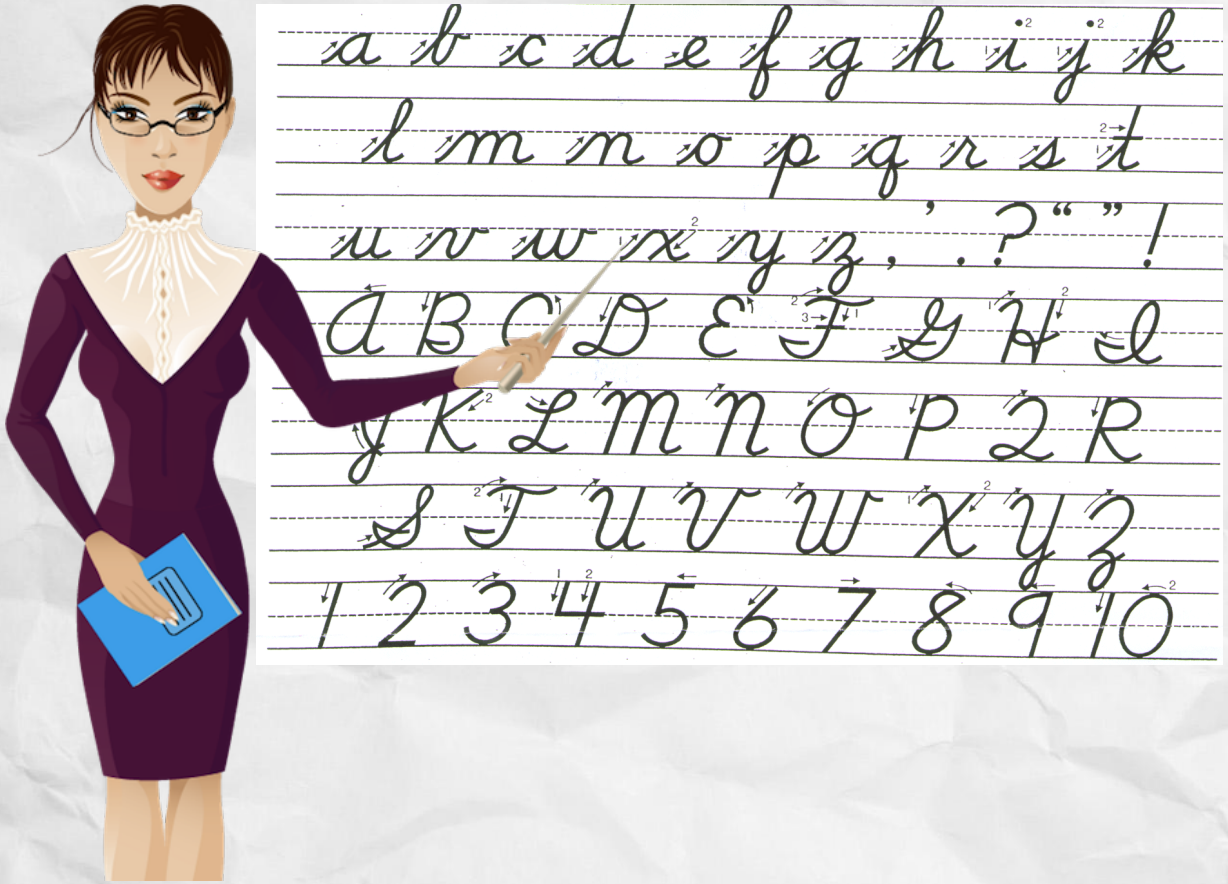

*Texte*

```
00010001101011000110111011101110000111010011000100010011111101
01000110100010101111110000000001010100001001010010001110
00100111101010001110101111011011111001101000101111001011010000
10000000011010010010000110010011110100100001101 ...
```

L'Homme sait lire le texte, et sait ce que ça veut dire

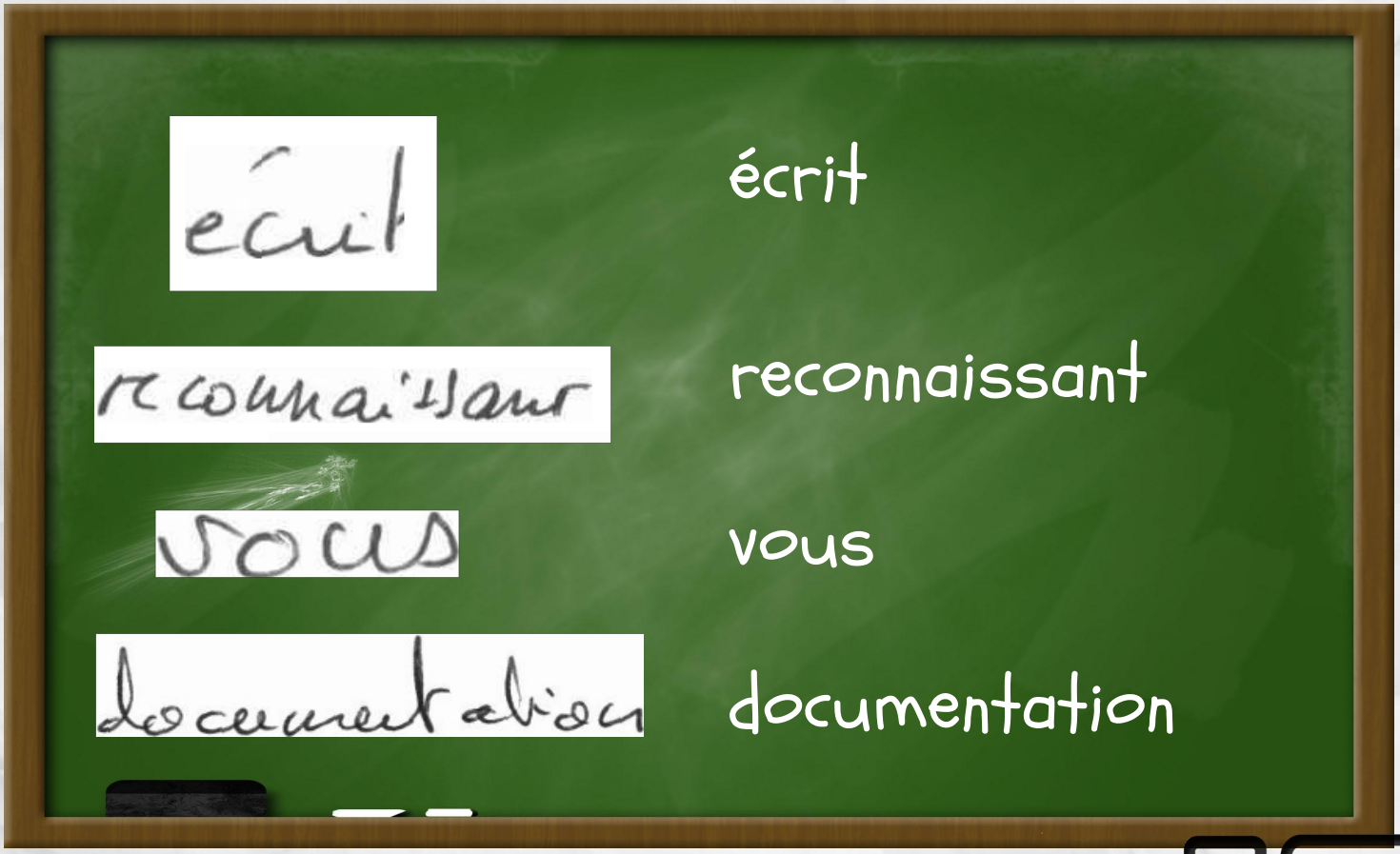
L'ordinateur sait que c'est du texte et sait comment l'afficher

# Apprendre à lire ...



?

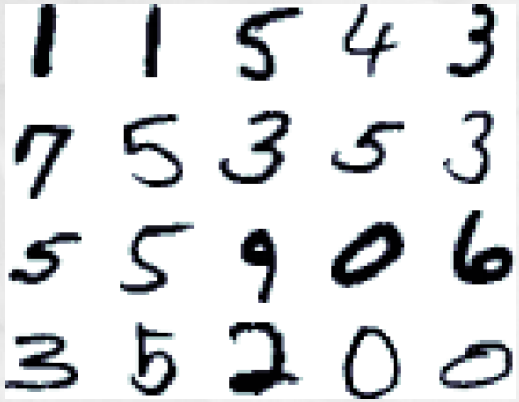
# Apprendre à lire à un ordinateur




-> On utilise des bases de données de plus de 100,000 images + texte de mots

-> L'ordinateur sait traiter ces données très vite

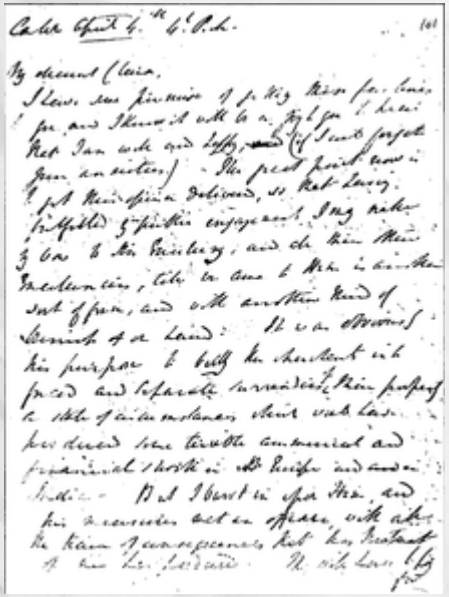
# Est-ce un problème facile?



-> Pas évident, mais assez facile :

reconnaître si c'est un 0, 1, 2 ...

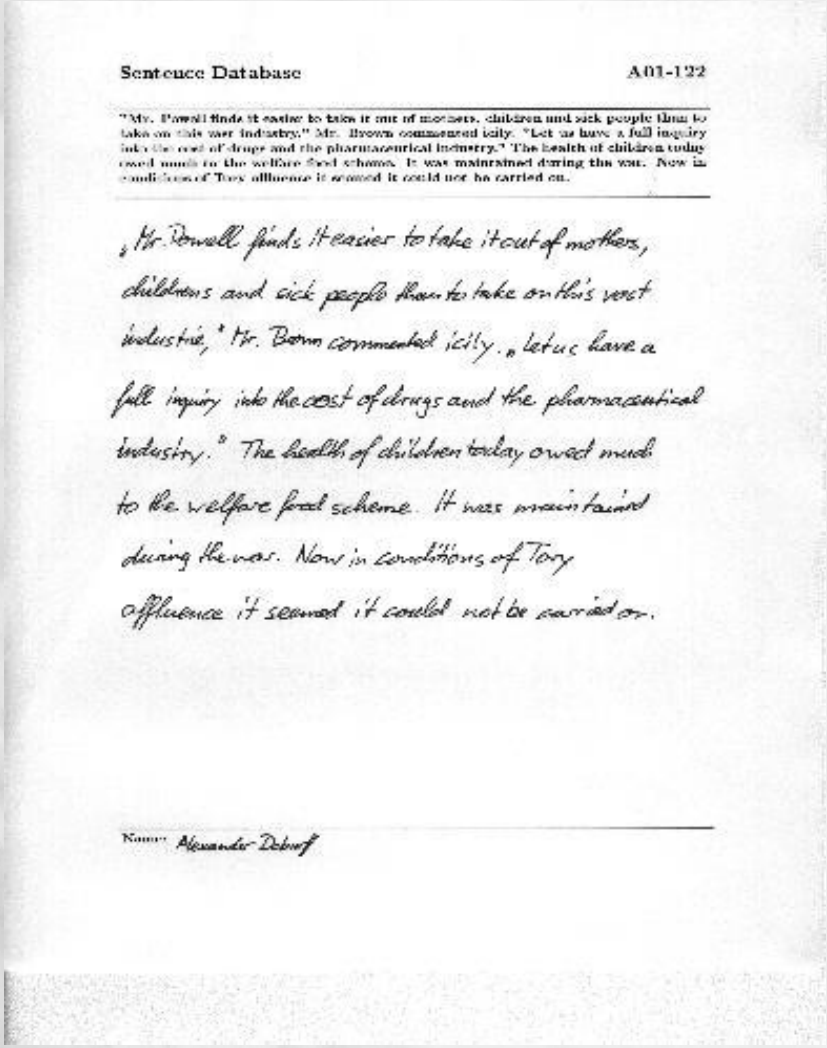
= choisir une réponse parmi 10



-> Plus difficile :

Les lettres sont toutes attachées ; il faut reconnaître une suite de mots parmi des milliards de possibilités

# Est-ce un problème facile?


Sentence Database A01-122

"Mr. Powell finds it easier to take it out of mothers, children and sick people than to take on this vast industry," Mr. Brown commented icily. "Let us have a full inquiry into the cost of drugs and the pharmaceutical industry." The health of children today owed much to the welfare food scheme. It was maintained during the war. Now in conditions of Tory affluence it seemed it could not be carried on.

„Mr. Powell finds it easier to take it out of mothers, children and sick people than to take on this vast industry," Mr. Brown commented icily. „Let us have a full inquiry into the cost of drugs and the pharmaceutical industry." The health of children today owed much to the welfare food scheme. It was maintained during the war. Now in conditions of Tory affluence it seemed it could not be carried on.

Name: Alexander Dobrinf

Il faut :

-> trouver les lignes de texte

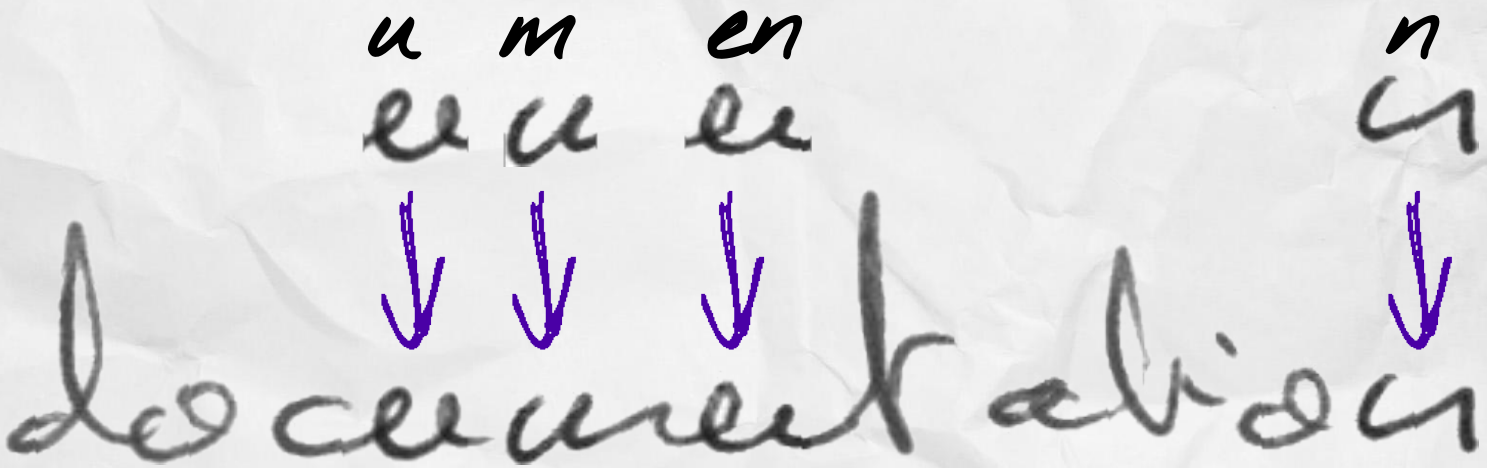
-> les couper en mots

-> découper les mots en caractères

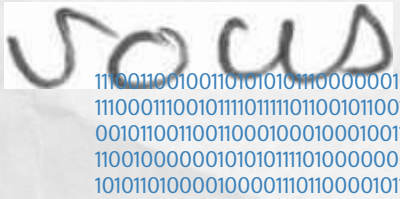
# Devinette :

Quelles sont ces lettres ...?

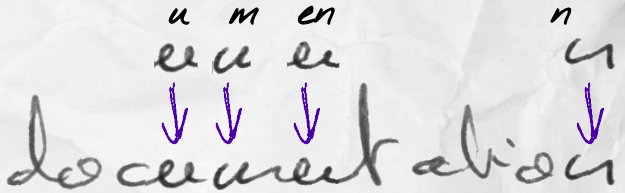
# Solution :




-> documentation



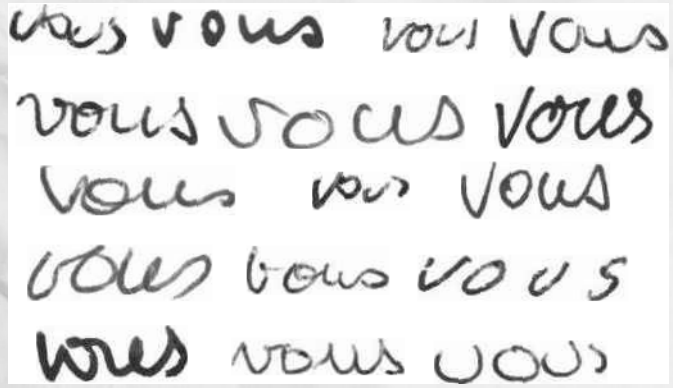

L'ordinateur ne "voit" pas : il ne sait pas interpréter ce qui est dans l'image, seulement l'afficher

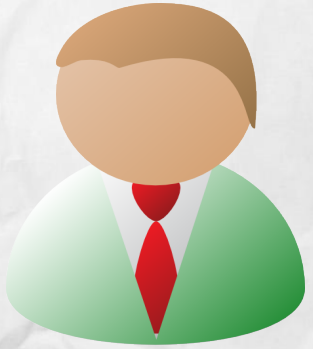



C'est difficile de découper le mot en lettres

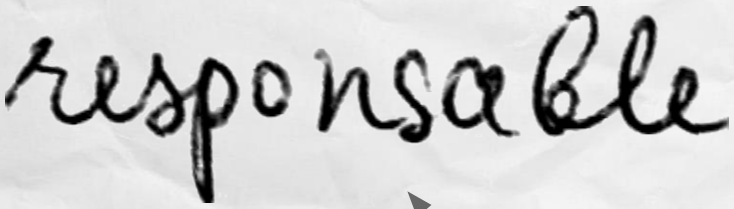
Nous allons utiliser ce que nous savons de ce problème pour construire un système facile à exécuter pour un ordinateur afin d'essayer de lui faire reconnaître l'écriture

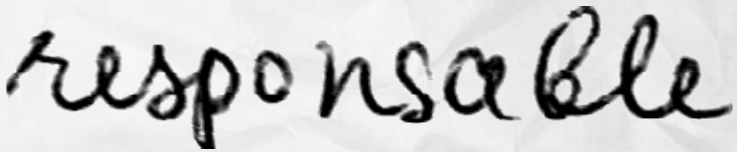
Chaque personne a son propre style d'écriture





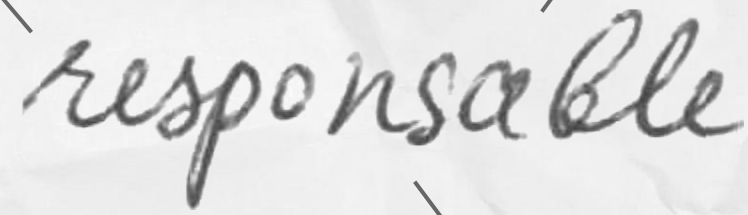
# Comment faire pour que les images se "ressemblent" plus ?



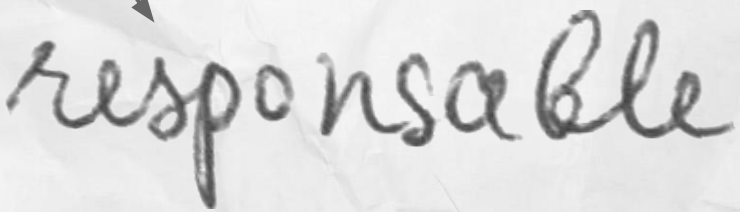




Rendre l'image plus nette en augmentant le constraste

Forcer toutes les images à avoir la même taille

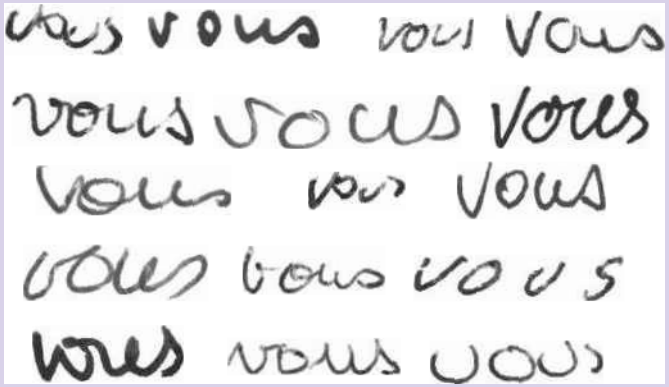



Faire en sorte que l'écriture soit droite (et non penchée)



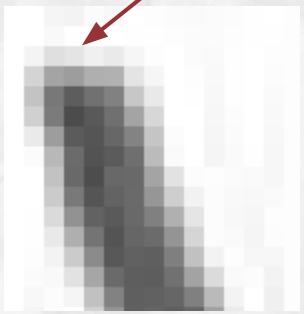

-> Il existe aussi d'autres techniques ...

Chaque personne a son propre style d'écriture



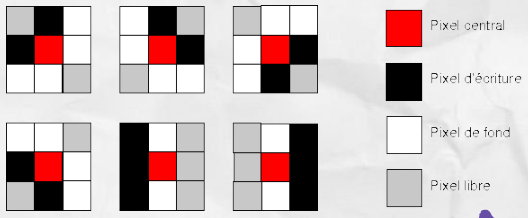
```
1110011001001101010101110000001000111001111011010010111
1110001110010111011111011001011001011000011110001100010
0010110011001100010001000100110110101110011111000111000
1100100000010101011110100000000111001011100101010010
1010110100001000011101100001011100111110000...
```

L'ordinateur ne "voit" pas : il ne sait pas interpréter ce qui est dans l'image, seulement l'afficher



Une image est composée de **pixels** :
-> pour l'ordinateur, cela correspond à un nombre, qui représente la couleur, l'intensité, ...

On peut utiliser notre connaissance du problème pour **extraire des caractéristiques (des nombres)** :
-> le nombre de pixels noirs par rapport au nombre de pixels blancs
-> la façon dont les pixels noirs sont organisés : en **comptant** combien de fois on rencontre des configurations simples




Les ordinateurs aiment les nombres, et savent faire beaucoup de choses avec...

-> on peut utiliser la valeur des pixels tout simplement

# Comment aider l'ordinateur à interpreter le contenu de l'image ?

# Comment reconnaître les lettres dont le mot est composé ?


C'est difficile de découper le mot en lettres

On pourrait essayer de reconnaître le mot complet ...

-> c'est possible pour les chèques car il n'y a pas beaucoup de mots (moins de 100)

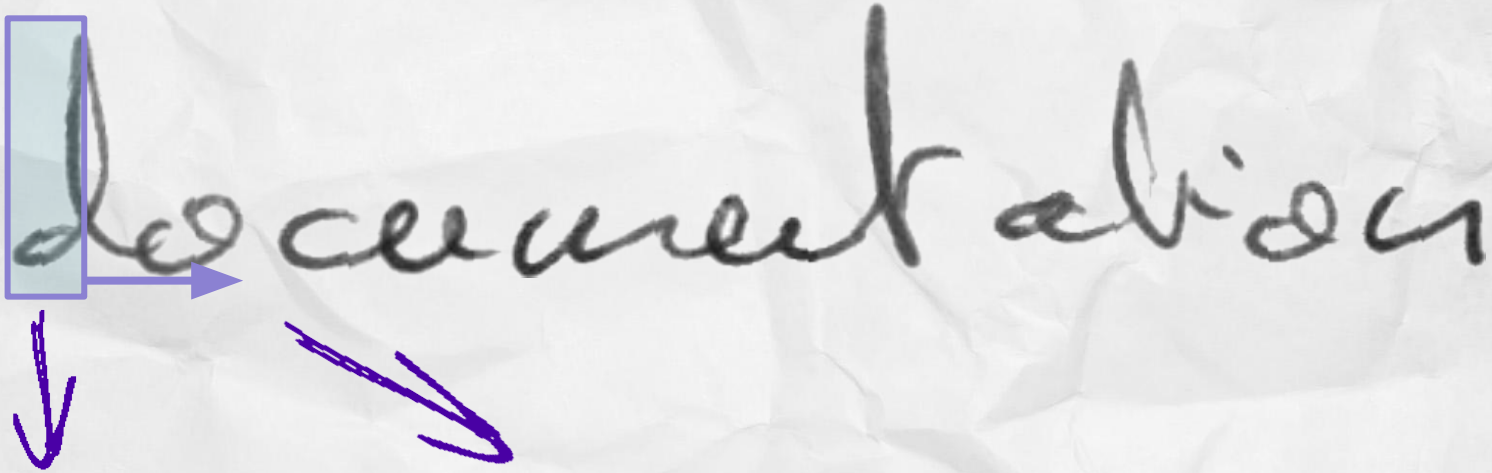
-> en général, il y a beaucoup de mots possibles (plus de 50,000), alors qu'il y a moins de 100 caractères différents (A,B,C,...,a,b,c,0,1,...)

-> le "m" de "maman" et celui de "maison" se ressemblent : on veut en profiter!

# Comment reconnaitre les lettres dont le mot est composé ?


C'est difficile de découper le mot en lettres

Nous allons lire le mot et essayer de reconnaître les lettres au fur et à mesure :



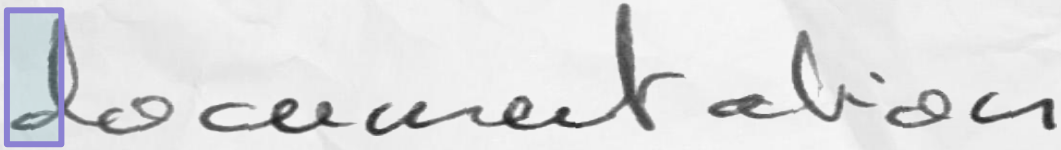

On commence à gauche, et on regarde une petite partie de l'image ...

... ensuite, on se déplace un petit peu vers la droite ... et on continue comme ça jusqu'à la fin...

# Comment reconnaître les lettres dont le mot est composé ?

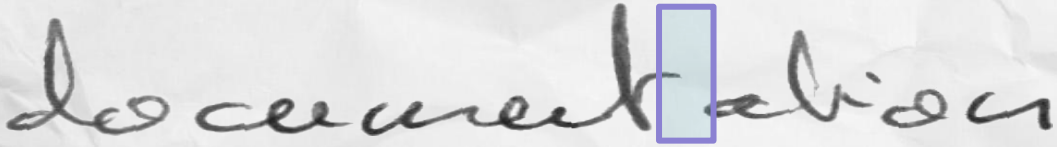

C'est difficile de découper le mot en lettres

MAIS ...




Des fois, on ne regarde qu'un bout de la lettre...

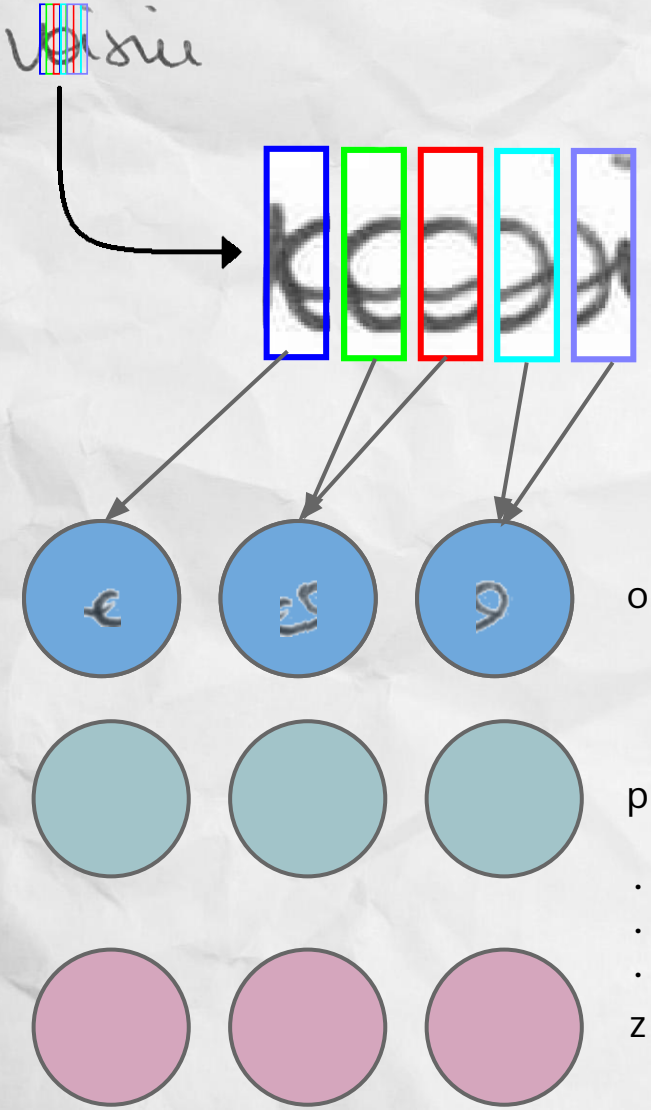

Des fois, on regarde plus qu'une seule lettre ...



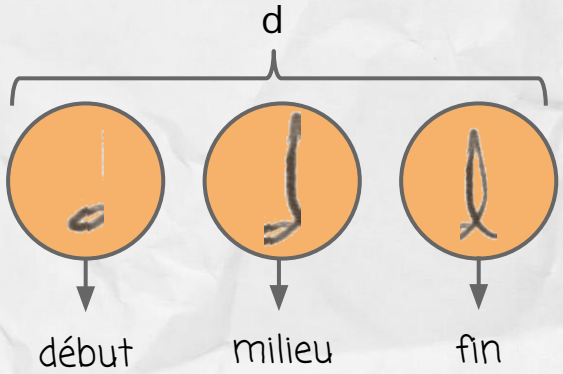

Des fois, on tombe entre deux lettres ...

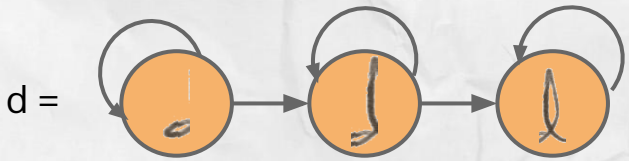
# Comment reconnaitre les lettres dont le mot est composé ?


C'est difficile de découper le mot en lettres




On ne va pas reconnaître directement des lettres mais plutôt des morceaux de lettres

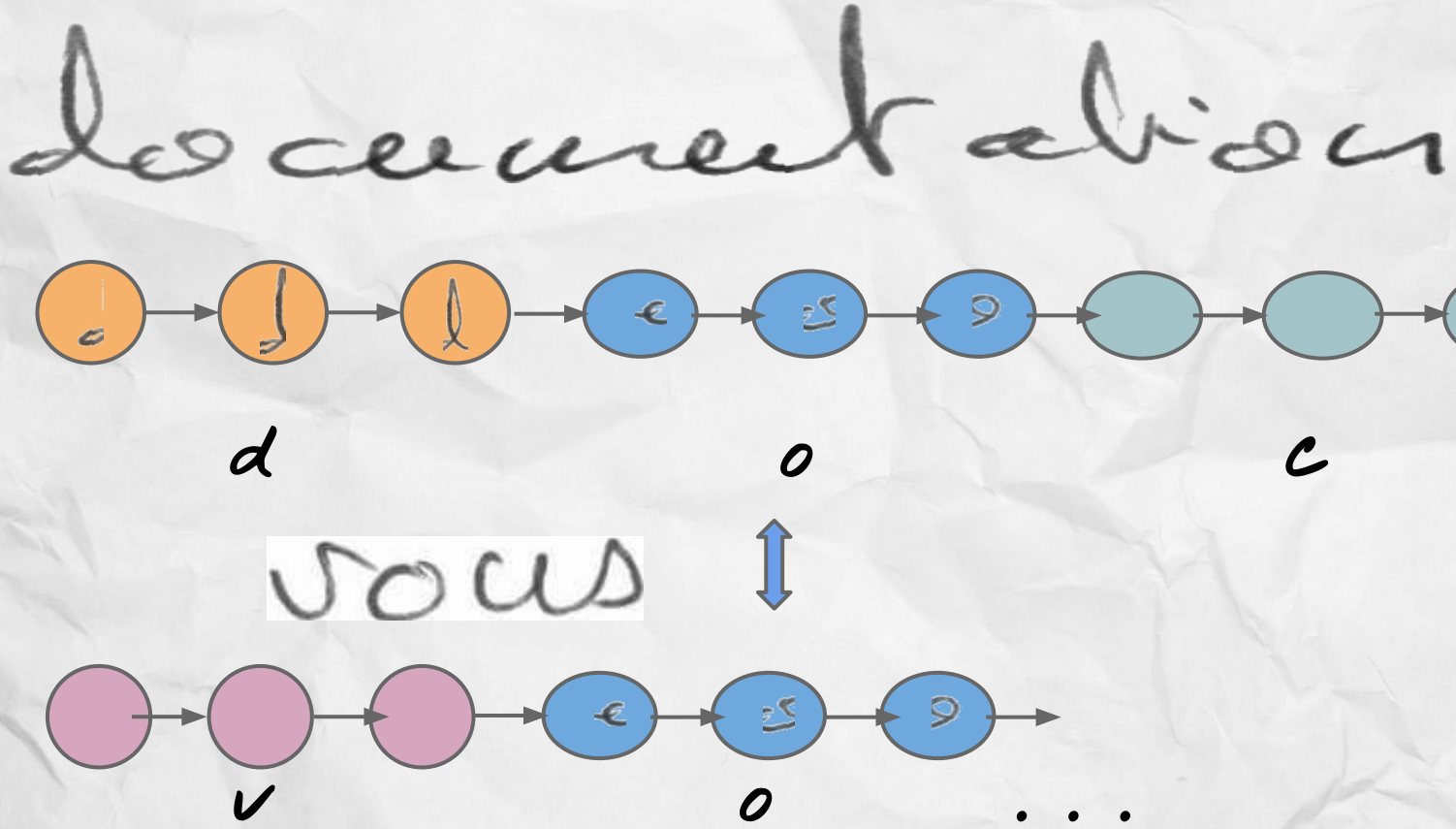


# Comment reconnaitre les lettres dont le mot est composé ?

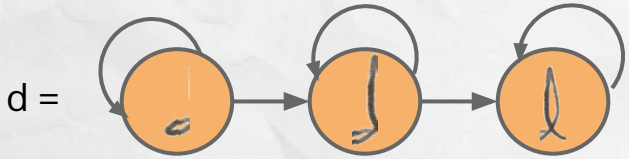

C'est difficile de découper le mot en lettres

On reconnait des morceaux de lettres ... cela permet de reconnaître des lettres, puis des mots



# Comment reconnaître les lettres dont le mot est composé ?


C'est difficile de découper le mot en lettres

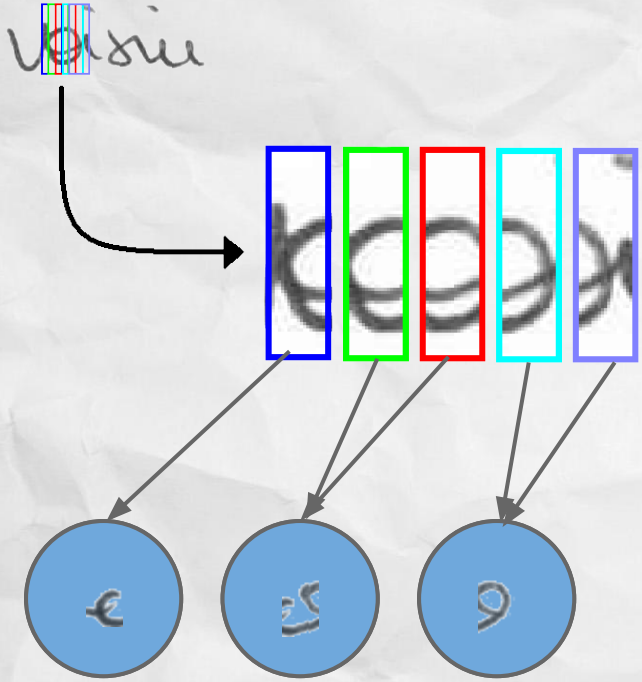



## Mon sujet

Nouveaux modèles à base de réseaux de neurones et de modèles de Markov cachés pour la reconnaissance d'écriture manuscrite à large vocabulaire

# Comment reconnaître les lettres dont le mot est composé ?

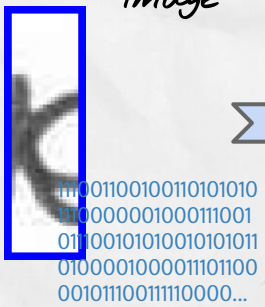

C'est difficile de découper le mot en lettres



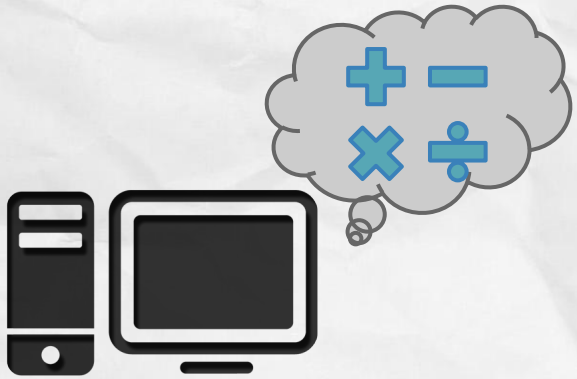
Comment fait-on pour associer un morceau d'image au bon modèle ?

on utilise ces nombres plutôt que l'image

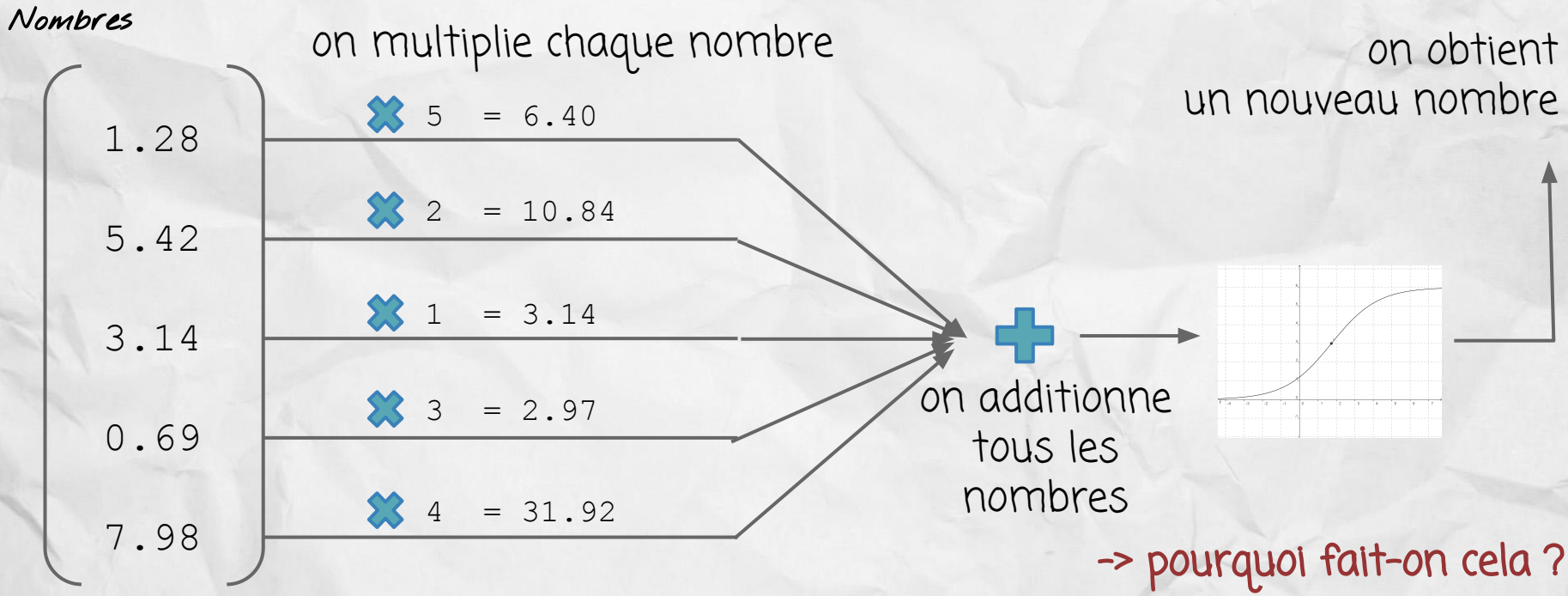
Souvenez-vous ...



# Les réseaux de neurones



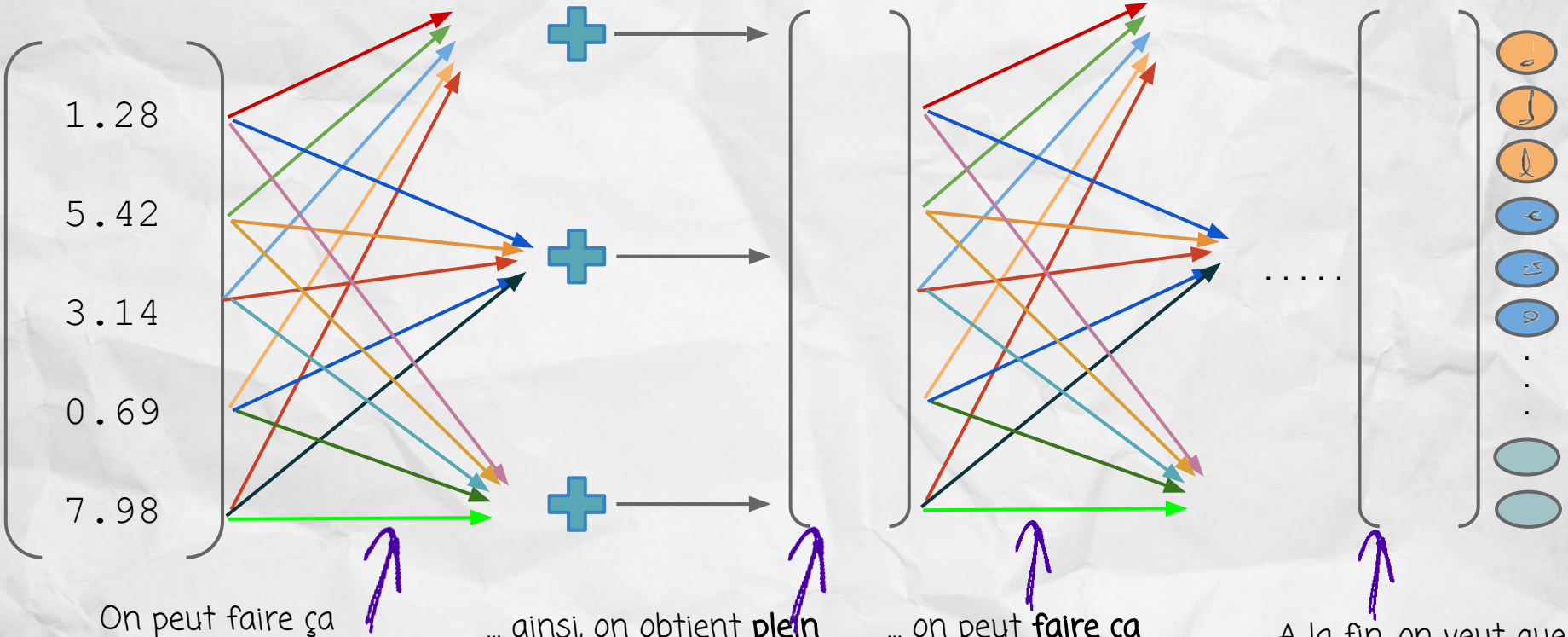
L'ordinateur est très fort pour faire des opérations mathématiques simples ...




-> pourquoi fait-on cela ?

# Les réseaux de neurones

-> pourquoi fait-on cela ?




On peut faire ça plusieurs fois, en **multipliant par des nombres différents**...

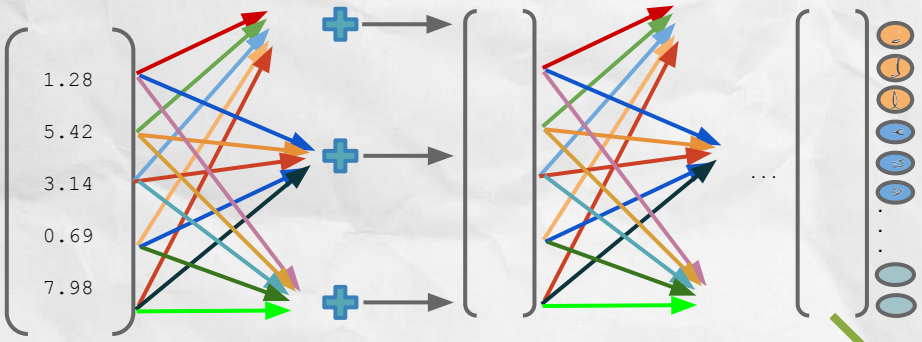
... ainsi, on obtient **plein de nouveaux nombres** à utiliser ...

... on peut **faire ça plusieurs** fois, en multipliant par des nombres différents...

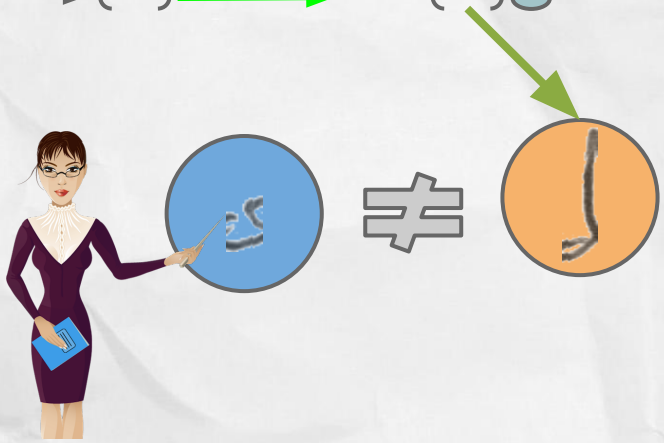
A la fin, on veut que **chaque nombre représente la probabilité d'un morceau de lettre**

comment faire ?

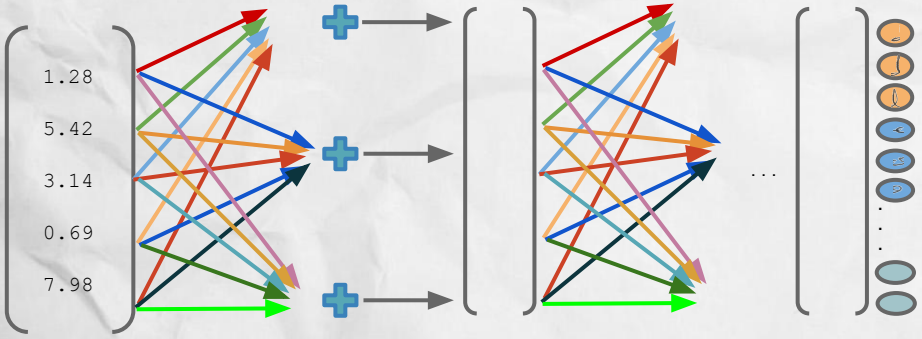
# Les réseaux de neurones




-> On commence avec des nombres au hasard...
-> On fait toutes les opérations...
-> On regarde les probabilités obtenues....



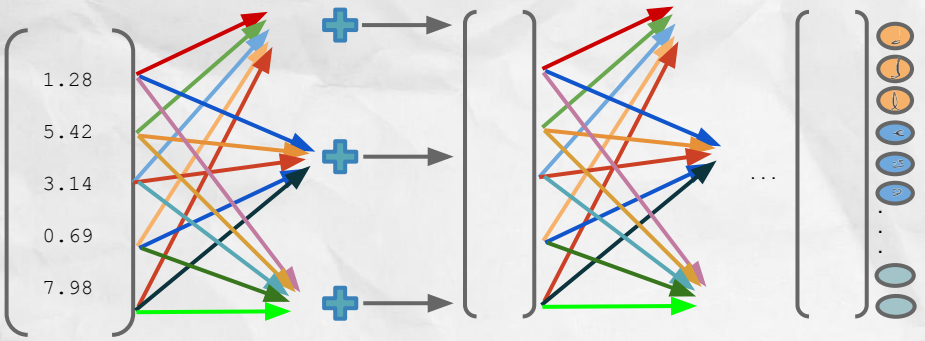
-> On compare avec le résultat attendu...




On modifie les nombres par lesquels on multiplie pour augmenter les chances de trouver la bonne réponse la prochaine fois...

c'est mathématique !

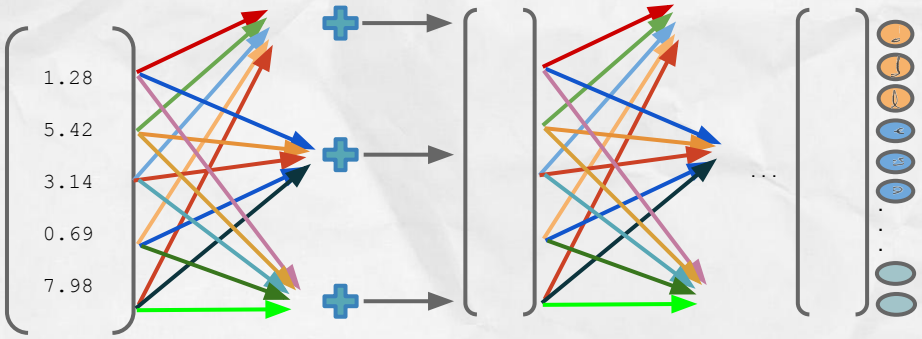
# Les réseaux de neurones

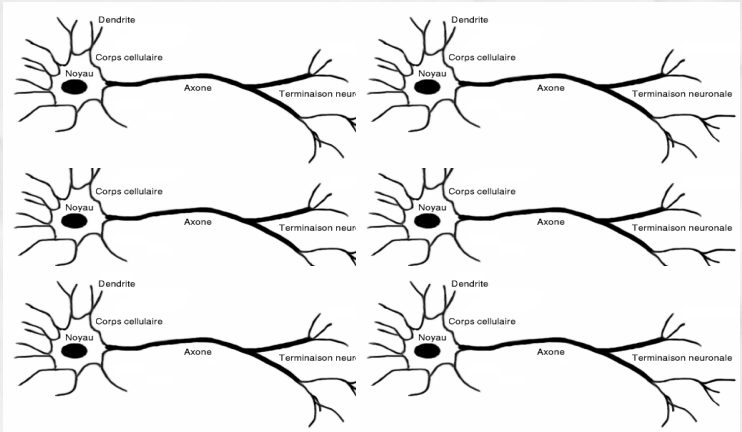



## Mon sujet

Nouveaux modèles à base de **réseaux de neurones** et de modèles de Markov cachés pour la reconnaissance d'écriture manuscrite à large vocabulaire

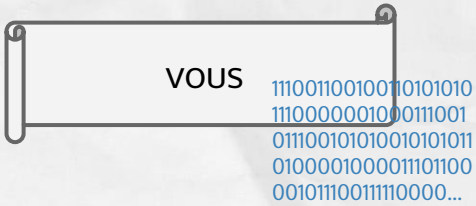
# Les réseaux de neurones



# Comment peut-on encore aider l'ordinateur ?

Souvenez-vous ...




L'ordinateur ne "sait" pas que Bonjour est un mot correct et que jBoonru ne veut rien dire ...

Mais c'est un problème plus simple ...
-> On n'autorise le système qu'à reconnaître des mots
parmi une liste de mots autorisés
= un dictionnaire

# Comment peut-on encore aider l'ordinateur ?

L'ordinateur ne comprend pas les textes, il ne "sait" pas que

Bonjour, je suis heureux d'être ici.

est correct alors que

Bon jour. Je Suisse heure eux de tri si

ne veut rien dire ...

On va construire un modèle de langue

# Les modèles de Langue

*Les modèles statistiques*

-> Pour dire qu'une phrase est correcte ou non, **il faut des connaissances** (vocabulaire, grammaire, compréhension de la signification de la phrase)

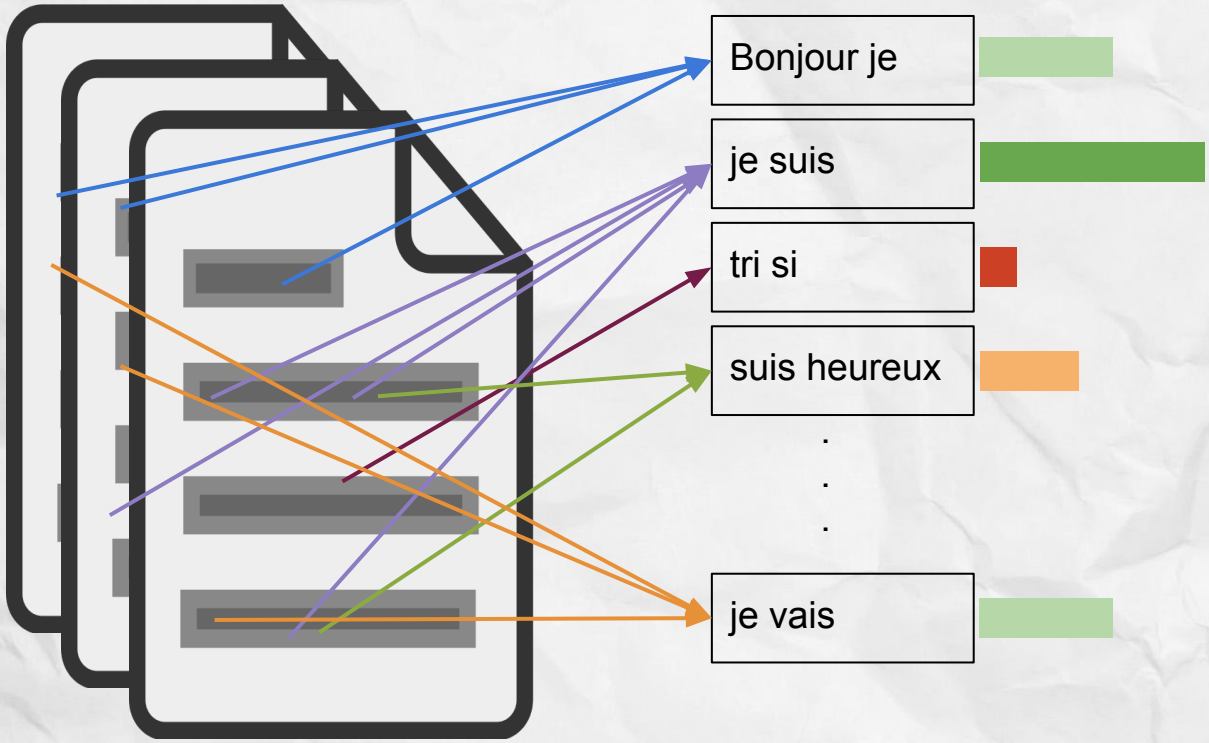
-> Au lieu d'essayer de donner ces connaissances à un ordinateur, on lui fait lire beaucoup de texte

-> On utilise des outils **statistiques** pour l'aider à se souvenir des suites de mots qu'il a lu

-> Ensuite, il sera capable de dire **s'il a vu** ces mots-là, dans cet ordre-là, **souvent, rarement ou jamais**

# Les modèles de Langue

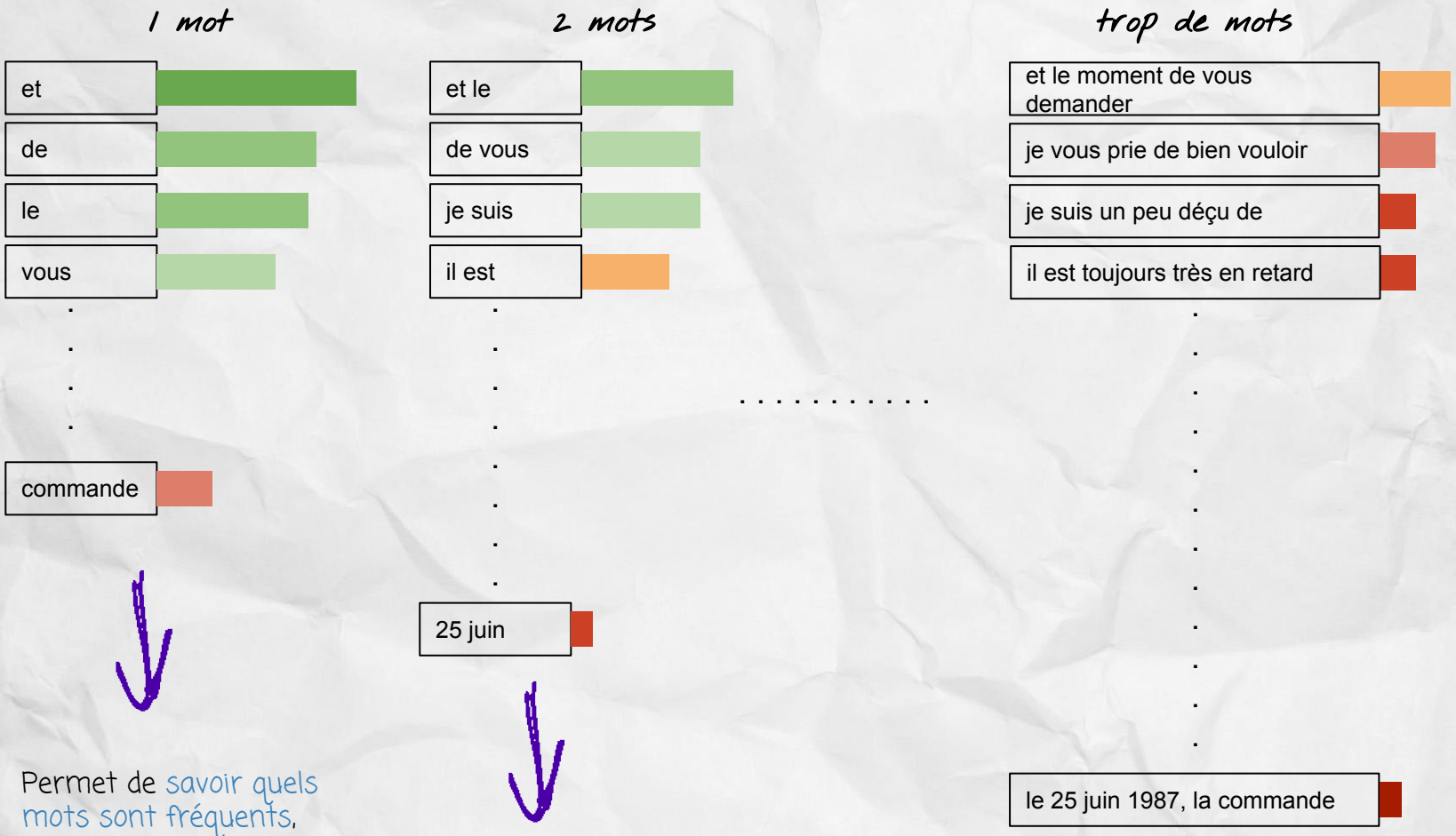
*Les modèles statistiques*




Beaucoup de textes (faciles à trouver grâce à internet)

On compte combien de fois on voit chaque séquence
-> ensuite, on peut dire quelles séquences on voit souvent

# Les modèles de langue



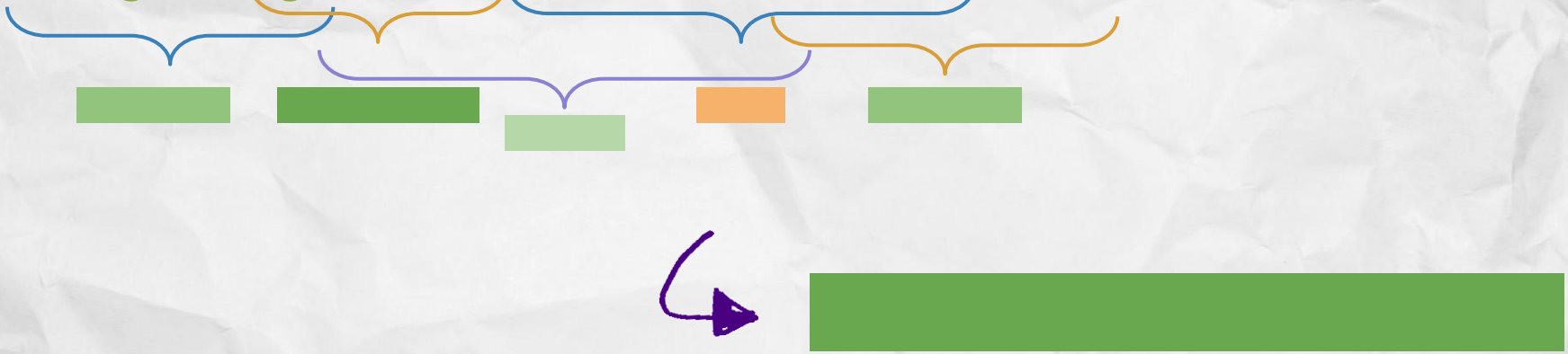

Permet de savoir quels mots sont fréquents, mais ça ne nous aide pas beaucoup pour des suites de mots (des phrases par exemple)

Permet de savoir quels mots suivent souvent d'autres mots, mais ça nous aide un peu plus

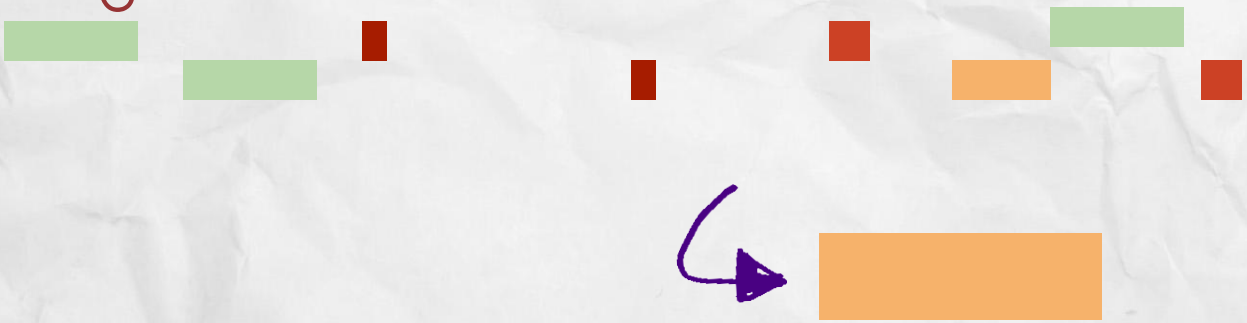
On verra trop rarement plusieurs fois la même suite de mots, et cela ne nous aidera pas beaucoup.

# Les modèles de langue

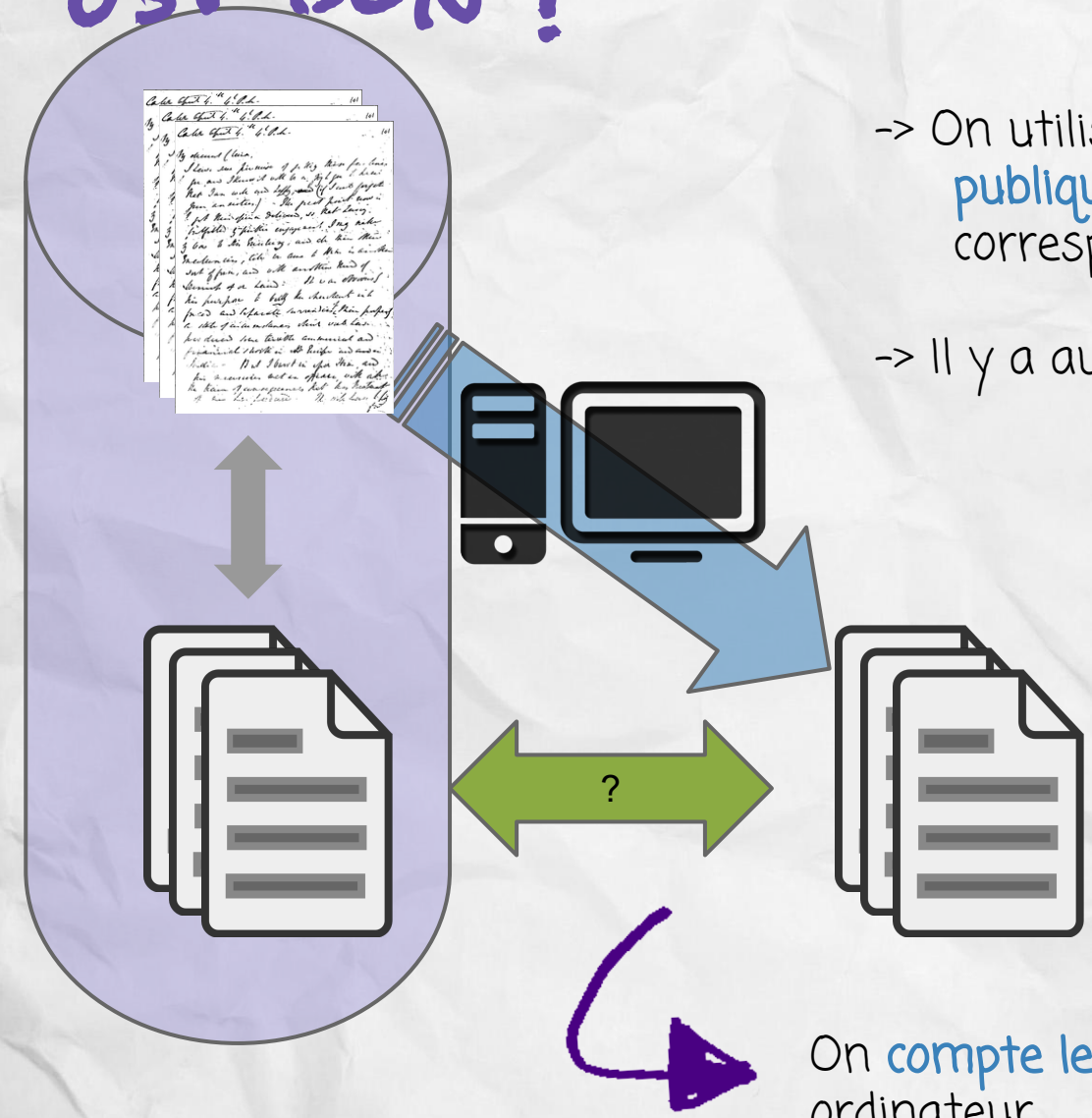
Bonjour, je suis heureux d'être ici.



Bon jour. Je Suisse heure eux de tri si



# Comment savoir si le système est bon ?




-> On utilise des bases de données publiques avec des images et le texte correspondant

-> Il y a aussi des compétitions !

15 %

On compte le nombre d'erreur faites par l'ordinateur

# La collaboration avec les étudiants allemands

On échange ...


On se rencontre régulièrement pour **présenter** nos résultats, **échanger** nos idées, **parler** des expériences qu'on pourrait faire...

# Merci de votre attention !

Théodore Bluche
tb@azia.com