

# Informatique au Gymnase: quelles compétences ?

Jean-Cédric Chappelier<sup>1</sup>  
EPFL – IC

3 mai 2017

---

1. avec mes remerciements à : Olivier Lévêque

# Préambule

*Informatique au Gymnase : quelles compétences ?*

- ▶ question difficile, pas la prétention d'y répondre mais apporter un éclairage / un *partage d'expérience*
- ▶ *un* point de vue  
(**note** : ma propre opinion, pas nécessairement celle de mon employeur)

# Préambule

## *Informatique au Gymnase : quelles compétences ?*

- ▶ question difficile, pas la prétention d'y répondre mais apporter un éclairage / un *partage sur une expérience*
- ▶ *un* point de vue  
(**note** : ma propre opinion, pas nécessairement celle de mon employeur)

# « L'informatique à l'Ecole »

4 ou 5 problématiques :

1. enseigner avec des outils digitaux
2. faire prendre aux élèves le « *virage numérique* » de la société :
  - 2.1 enseigner à utiliser outils digitaux ( $\simeq$  bureautique)
  - 2.2 enseigner la programmation
  - 2.3 enseigner la pensée algorithmique
  - 2.4 (sensibiliser aux enjeux sociaux : propriété des données, « réseaux sociaux », ...)



# « L'informatique à l'Ecole »

4 ou 5 problématiques :

1. ~~enseigner avec des outils digitaux~~
2. *faire prendre aux élèves le « virage numérique » de la société :*
  - 2.1 enseigner à utiliser outils digitaux ( $\simeq$  bureautique)
  - 2.2 enseigner la programmation
  - 2.3 enseigner la pensée algorithmique
  - 2.4 (sensibiliser aux enjeux sociaux : propriété des données, « réseaux sociaux », ...)

# ***Informatique*** au Gymnase : quelles compétences ?

terme galvaudé en français :

trop souvent : « utilisation de l'ordinateur » / « bureautique »

# ***Informatique*** au Gymnase : quelles compétences ?

terme galvaudé en français :

trop souvent : « utilisation de l'ordinateur » / « bureautique »

« SCIENCES informatiques »

# ***Informatique*** au Gymnase : quelles compétences ?

terme galvaudé en français :

trop souvent : « utilisation de l'ordinateur » / « bureautique »

« Science et technologies du traitement de l'information et des communications (TIC) »



# ***Informatique*** au Gymnase : quelles compétences ?

terme galvaudé en français :

trop souvent : « utilisation de l'ordinateur » / « bureautique »

« Science et technologies du traitement de l'information et des communications (TIC) »

👉 gardons simplement « *Informatique* », mais ayons conscience de son acception complète :

- pensée algorithmique (algorithmes, graphes, récursivité, complexité, contrôle des erreurs, ...)
- aspects techniques (bits, octets, bande passante, ...)
- bureautique
- programmation
- sécurité (menaces et défenses)

# Cours EPFL « Informatique, Calcul et Communications »

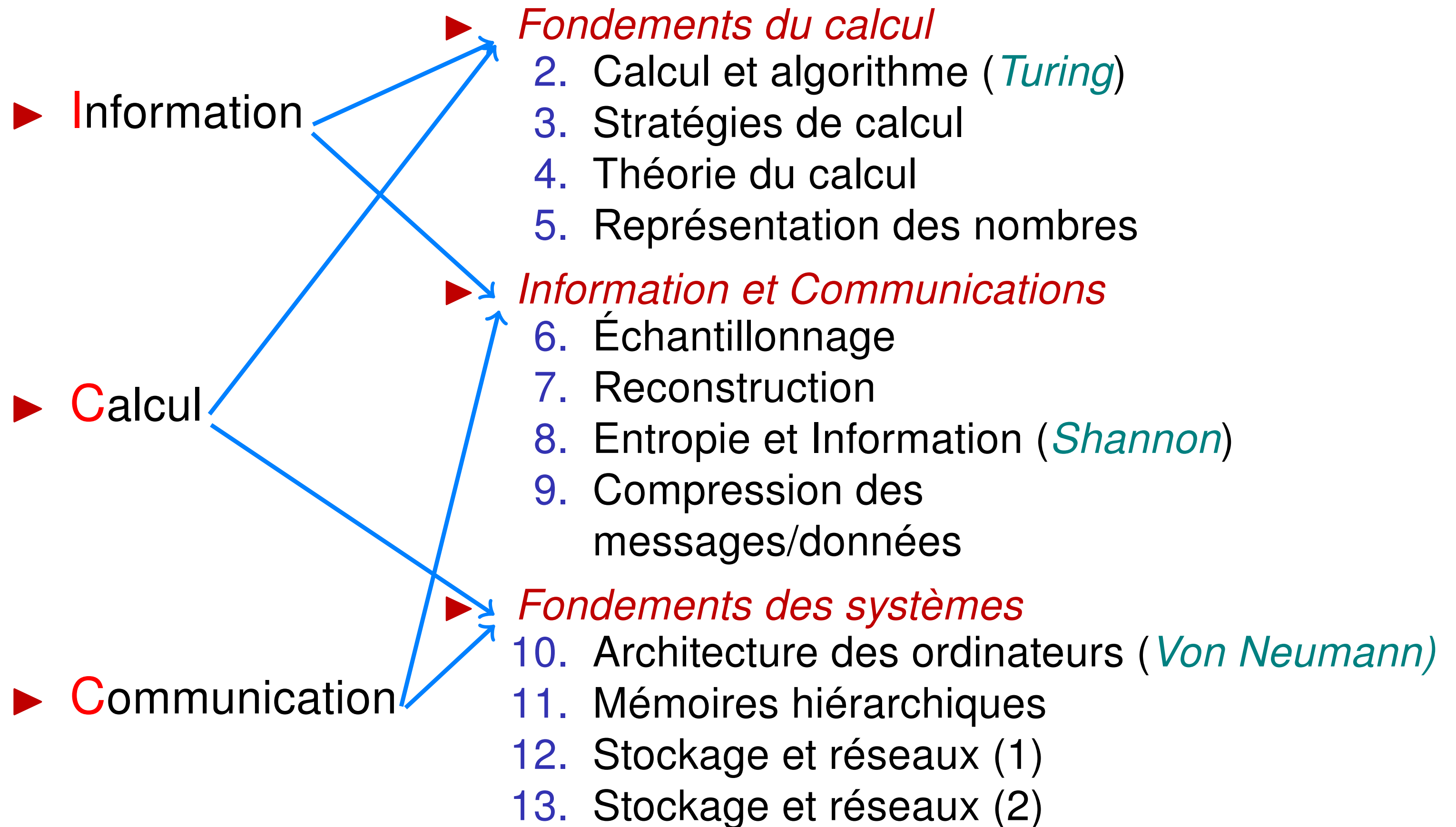
- ▶ cours donné à toutes les *1<sup>re</sup> années* (hors architectes) environ 1500 étudiants
- ▶ travail collaboratif : conçu par 13 et enseigné par 10 enseignants
- ▶ format : 2 h de cours + 1 heure d'exercice (papier) par semaine
- ▶ aborde :
  - pensée algorithmique (algorithmes, ~~graphes~~, récursivité, complexité, contrôle des erreurs, ...)
  - aspects techniques (bits, octets, bande passante, ...)
  - ~~bureautique~~
  - (programmation  formellement : autre cours, couplé)
  - sécurité

# Cours EPFL « Informatique, Calcul et Communications »

- ▶ aborde :
  - pensée algorithmique
  - aspects techniques
  - sécurité
- ▶ organisé en 4 thèmes :
  - « *calcul* » :  
algorithmes, complexité, représentation des nombres
  - « *communications* » :  
passage de l'analogique au numérique (th. de Nyquist–Shannon), compressions de donnée (1<sup>er</sup> th. de Shannon)
  - « *ordinateurs* » :  
architecture d'un ordinateur, stockage sur disque, réseaux
  - *sécurité* (informatique)

# Plan du cours ICC (1<sup>re</sup> année EPFL)

## 1 Introduction



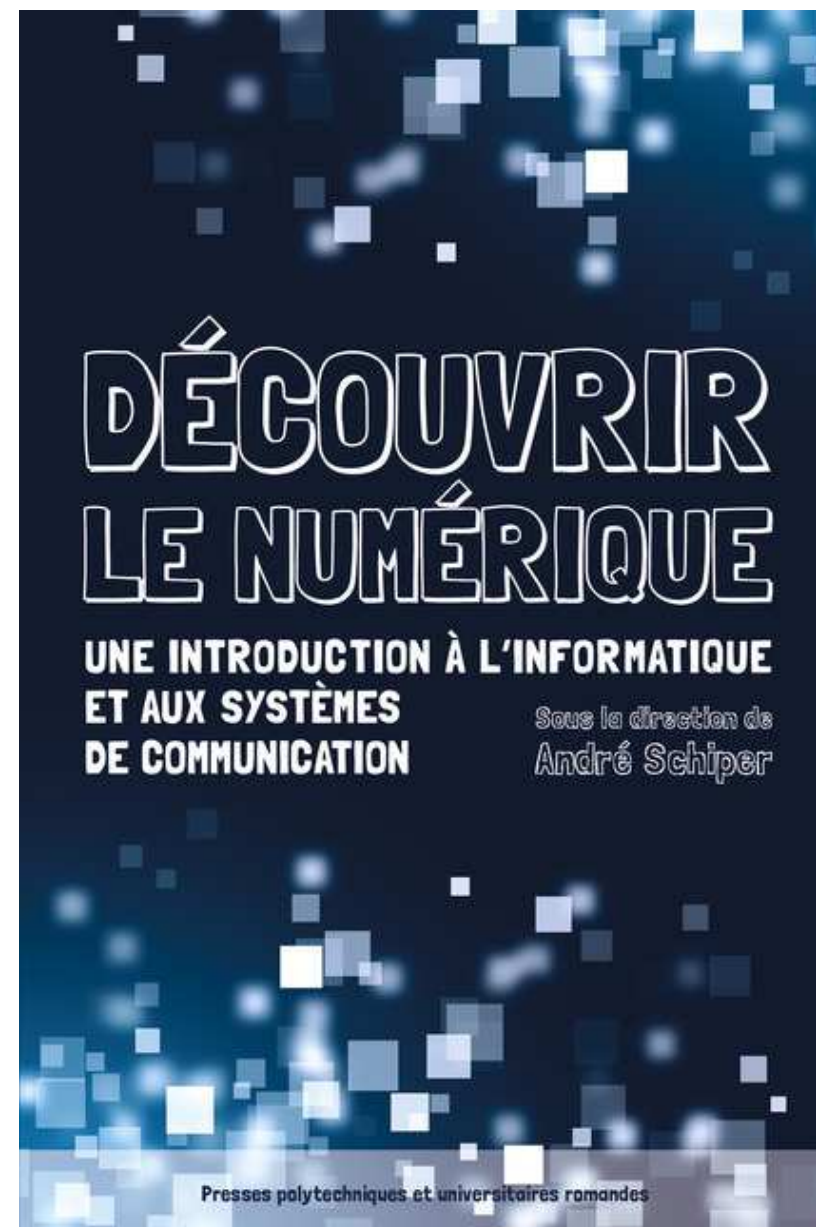
## 14 *Sécurité informatique*



# Livre du cours

« *Découvrir le numérique* »

(dir. Pr. A. Schiper, PPUR, 2016)



# Informatique au Gymnase : quelles compétences ?

Pourquoi cette question là *maintenant* ?

Je passe sur « l'impact du numérique sur nos sociétés actuelles »  
(largement connu, expliqué/galvaudé ? par ailleurs)  
pour ne souligner qu'un aspect :  
l'évolution de la méthode scientifique

# Évolution de la méthode scientifique

1. déductive (Aristote –384 – –322)
2. empirique (F. Bacon 1214 – 1294, Galilée 1564 – 1642)
3. théorique prédictive (Thalès (éclipse), Newton (comète de Halley), Einstein (relativité générale), ...)
4. simulation, « expériences virtuelles » (Fermi 1901–1954 (+ Pasta-Ulam-Tsingou))
5. analyse automatique de grands jeux de données (« *Big Data* »)  
les équations sont-elles suffisantes pour décrire tout phénomène ?



# Évolution de la méthode scientifique

1. déductive (Aristote –384 – –322)
2. empirique (F. Bacon 1214 – 1294, Galilée 1564 – 1642)
3. théorique prédictive (Thalès (éclipse), Newton (comète de Halley), Einstein (relativité générale), ...)
4. simulation, « expériences virtuelles » (Fermi 1901–1954 (+ Pasta-Ulam-Tsingou))
5. analyse automatique de grands jeux de données (« *Big Data* »)  
les équations sont-elles suffisantes pour décrire tout phénomène ?

Comment sont initiés les gymnasiens à ces démarches ?

1. 📖 Maths/Philo
2. 📖 sciences exp. : Physique, Bio, Chimie, ...
3. 📖 Maths, Physique, etc.
4. 📖 ??
5. 📖 ??



# Évolution de la méthode scientifique

Comment sont initiés les gymnasiens à ces démarches ?

1.  Maths/Philo
  2.  sciences exp. : Physique, Bio, Chimie, ...
  3.  Maths, Physique, etc.
  4.  ??
  5.  ??
- } Informatique

Complémentarité des disciplines :

1. Maths : capacité d'*abstraction*, de *démonstration*
2. Physique, Chimie, Bio (sciences exp.) : *modélisation* (*continu*)
3. Informatique : modélisations discrètes, complexité (des solutions, des problèmes, passage à l'échelle), contrôle des erreurs (passage du continu au discret, erreurs de quantification, ...)  
 *Pensée algorithmique/numérique* : pour :  
*définir, concevoir et mettre en œuvre des solutions numériques*

# Informatique au Gymnase : quelles *compétences*?

Veut-on faire de nos gymnasiens :

- ▶ des cyber-policiers ?
- ▶ des employés de bureau ?
- ▶ des informaticiens ?

# Informatique au Gymnase : quelles *compétences*?

Veut-on faire de nos gymnasiens :

- ▶ des cyber-policiers ?
- ▶ des employés de bureau ?
- ▶ des informaticiens ?

☞ aucun de tout ça spécifiquement, et un peu tout à la fois :  
juste les *ÉDUIQUER NUMÉRIQUEMENT* :

- ▶ connaissances techniques ?
- ▶ bureautique ?
- ▶ enjeux sociaux ?
- ▶ ergonomie ?
- ▶ comportement adéquat (vis à vis du monde numérique) /  
bonnes pratiques ?

# Informatique au Gymnase : quelles *compétences*?

1. enseigner à utiliser outils digitaux ( $\simeq$  bureautique)
2. enseigner la programmation
3. enseigner la pensée algorithmique
4. (sensibiliser aux enjeux sociaux : propriété des données, « réseaux sociaux », ...)



# Informatique au Gymnase : quelles *compétences*?

1. ~~enseigner à utiliser outils digitaux ( $\approx$  bureautique)~~  
(doit déjà être fait : venir plus tôt (Collège))
2. enseigner la programmation ??
3. *enseigner la pensée algorithmique*
4. (sensibiliser aux enjeux sociaux : propriété des données,  
« réseaux sociaux », ...)  
(« orthogonal » : temps « pour respirer » pendant l'enseignement,  
interdisciplinarité (l'affaire de tous))

# Informatique au Gymnase : quelles *compétences*?

- ▶ leur donner les outils pour comprendre les enjeux résultants des TICs :  
ce seront sinon les dirigeants au moins des acteurs importants du monde de demain. Ils se doivent d'avoir ces outils pour décrypter ce nouveau monde.

# Informatique au Gymnase : quelles *compétences*?

- ▶ leur donner les outils pour comprendre les enjeux résultants des TICs :

ce seront sinon les dirigeants au moins des acteurs importants du monde de demain. Ils se doivent d'avoir ces outils pour décrypter ce nouveau monde.

cf « Audit Technonogique du Conseil Fédéral » /

8<sup>e</sup> Conseiller Fédéral

Daniel Borel (e.g. RTS 03 nov. 2016, Tribune de Genève)

*« Si on ne connaît pas les éléments technologiques liés à ces développements [ayant un impact économique énorme], c'est grave ! [...]*

*Cette connaissance profonde qui est essentielle pour guider le pays dans le futur, on ne l'a pas. [...] Il y a urgence ! »*

# Informatique au Gymnase : quelles *compétences*?

- ▶ leur donner les outils pour comprendre les enjeux résultants des TICs :  
ce seront sinon les dirigeants au moins des acteurs importants du monde de demain. Ils se doivent d'avoir ces outils pour décrypter ce nouveau monde.
- ▶ les initier à la pensée algorithmique :
  - décomposer, pas à pas (états), récursivité
  - ne pas dupliquer mais indexer/tabuler (indirection)
  - complexité (passage à l'échelle), exhaustivité/échantillonnage
  - contrôle des erreurs, solutions approximatives/exactes



# Thématique : un exemple concret

Un exemple concret sur la thématique « complexité algorithmique »  
(notion de *passage à l'échelle*) :  
la recherche

1. d'une personne (e.g. dans une salle de classe)
  2. d'un mot dans un dictionnaire / dans une liste non ordonnée
- 
1. comment font ils ? (proposition de solutions)
  2. comparaison des efficacités
  3. formalisation, discussion, synthèse

Très concrètement :

1. Si on recherchait une personne parmi tous les Lausannois(es),  
il faudrait contrôler file continue à peu près jusqu'à Zürich !
2. si ces personnes sont ordonnées : on n'a que 18 personnes à  
contrôler !

# Thématiques : autres exemples concrets

## 1. Exemple d'algorithmique, complexité

- ▶ comment organiser au mieux un voyage (par exemple venir au Gymnase : le moins cher, le plus rapide) ?  
Quelles stratégies sont mises concrètement en œuvre par les élèves ?  
Il y en a-t-il de meilleures (plus efficaces ? plus rapide ? plus exhaustives ?) que d'autres ?

## 2. Exemple de numérisation (passage du continu au discret) :

- ▶ Que se passe-t-il quand je prends une photo avec mon téléphone et l'envoie à un ami ?  
Pourquoi des bords noirs autour de la tête ? Pourquoi des moirés ?  
Où/comment est-elle stockée ?  
Qui peut la voir ? À qui apparten(nen)t elle(s) [différentes copies] ?

# Exemple concret d'exercice possible

On vous appelle à l'aide pour la conception de l'éclairage d'un tout nouvel éco-quartier. Le but est d'éclairer ses allées avec le moins de lampadaires possible. Sachant que les allées sont assez courtes pour être éclairées depuis chaque croisement, le but est donc de trouver à quels croisements placer les lampadaires pour éclairer le tout (on suppose qu'un lampadaire n'éclaire pas plus loin que la longueur d'une allée ; il n'est par contre pas interdit que, si nécessaire, deux lampadaires éclairent la même allée).

1. (pour un graphe d'allées qui serait donné) Proposer une solution d'éclairage possible, pas forcément minimale, pour cet éco-quartier.
2. Trouver la(/une) solution d'éclairage minimale (qui éclaire toutes les allées avec un nombre minimal de lampadaires).
3. Y a-t-il une méthode fondamentalement meilleure qu'essayer toutes les solutions pour répondre à la question 2 ?
4. Écrire un algorithme qui essaye toutes les solutions et propose la(les) meilleure(s) (nombre minimal de lampadaires).

# Exemple d'objectifs pédagogiques pour un tel cours

*Définir, concevoir et mettre en œuvre des solutions numériques :*

1. modéliser des situations itératives/récurrentes discrètes  
(voir les exemples précédents)
2. réaliser qu'il y a des problèmes clairement plus difficiles que d'autres et qu'il est possible de le quantifier théoriquement
3. savoir appliquer 1) concrètement  
(sur un robot, sur un ordinateur ou sur papier)



# Et la pratique ?

## *Programmation ou non ?*

- ☞ c'est la partie *expérimentale* de la branche  
(à chaque enseignant de voir)

Exemple possible : simulation/comment se crée un bouchon sur autoroute :

modélisation d'un phénomène par *itération/cumul de comportements élémentaires simples*  
(difficile de faire sans ordinateurs, sans programmer)

**Alternatives** (à la programmation formelle) :

- ▶ « programmation » manuelle : jeux de rôles, manipulation d'objets concrets non informatiques (boîtes, sur papier)
- ▶ robots : plus ludique, « programmation graphique »,  
cf e.g. « *Dessine moi un robot* » (Didier Roy)

# L'affaire de tous

La branche « Informatique » devrait faire des ponts avec d'autres cours,

et pas uniquement scientifiques :

les implications du développement de l'informatique sur la société moderne pourraient faire l'objet de connexions typiquement avec les sciences humaines, voire avec les branches artistiques.

*Ça n'est pas qu'un débat pour les branches scientifiques, mais l'affaire de tous :*

cette pensée algorithmique et sa mise en œuvre peuvent être un outil même pour des branches non scientifiques (participer à l')analyse d'œuvres littéraires (lexicographie, grammaire), musicales (structure), picturales :

☞ cf e.g. « *Gödel, Eisher et Bach* » (D. Hofstadter, 1979, toujours intéressant)



# Conclusion

1. pas bureautique (doit déjà être fait : venir plus tôt (Collège))
2. leur donner les outils pour comprendre les enjeux résultants des TICs

Ce seront sinon les dirigeants au moins des acteurs importants du monde de demain.

Ils se doivent d'avoir des outils pour décrypter ce nouveau monde.

3. les initier à la *pensée algorithmique* :  
décomposer, pas à pas, ne pas dupliquer mais indexer/tabuler, récursivité, complexité (passage à l'échelle), contrôle des erreurs, ...
4. ça n'est pas qu'un débat pour les seules branches scientifiques mais l'affaire de tous :  
cette pensée peut être un outil même pour des branches non scientifiques  
(participer à) analyse d'œuvres littéraires (lexicographie, grammaire), musicale (structure), picturales

# QUESTIONS / DISCUSSION



# Où trouver le temps ?

## à court terme :

- ▶ sur la branche ayant le plus d'heures
- ▶ sur la Physique ? (dans une approche *complémentaire*)
- ▶ clairement une discipline scientifique

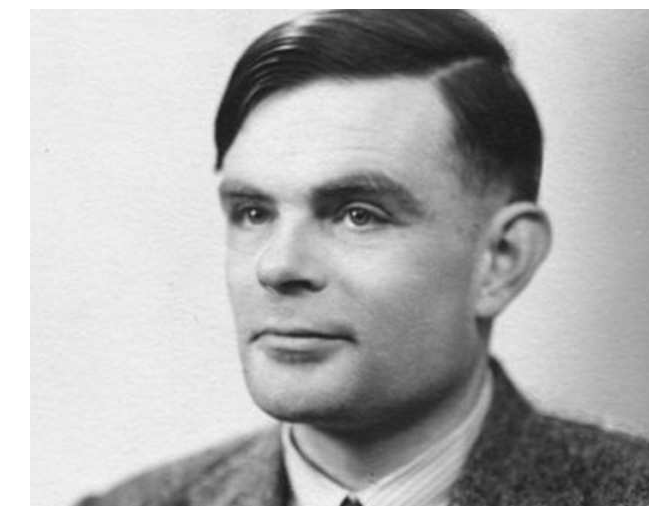
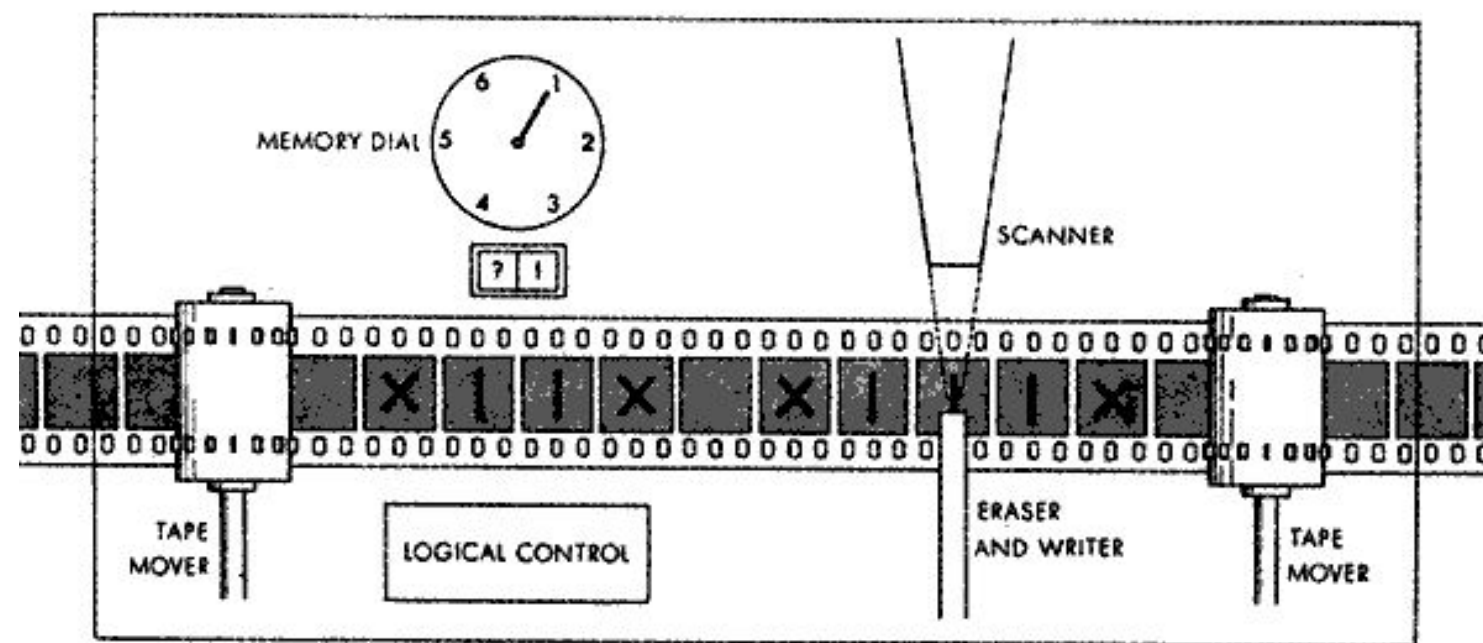
☞ que des mauvaises options ?

## à long terme :

en DÉCLOISONNANT les disciplines :  
intersection non nulle avec

- ▶ Maths : plus de raisonnements/démonstration
- ▶ Physique : quelques TP numériques ?
- ▶ Français, Histoire, Géo... : analyse (conceptuelle puis pratique) de processus, schématisation de dépendances

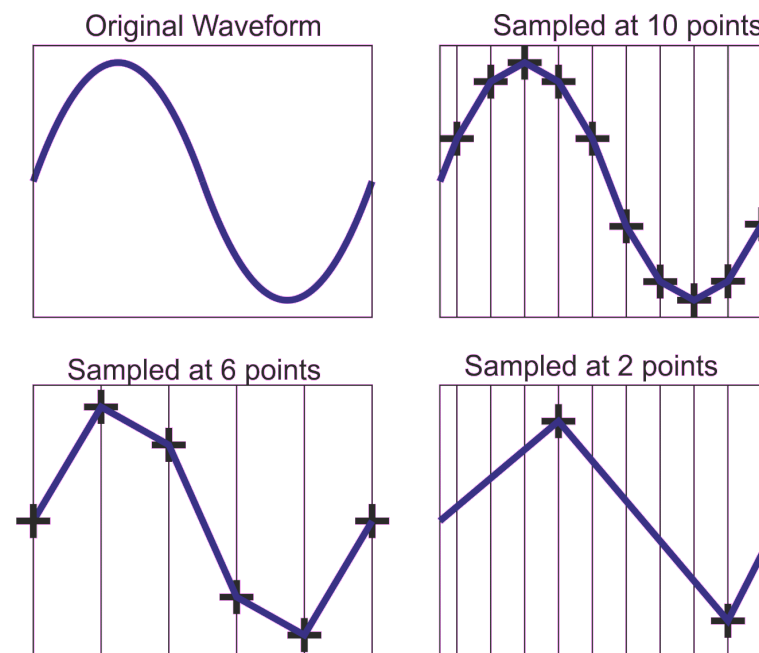
# Fondements du calcul



- ▶ Calcul et algorithmes (*Turing*)  
Recherche, plus court chemin, tri
- ▶ Stratégies de calcul  
Itération, récursion, top-down / bottom-up, « divide & conquer »
- ▶ Théorie du calcul  
Le possible et l'impossible, le fini et l'infini, machines de *Turing*
- ▶ Représentation de l'information  
Nombres, lettres, images, son, ...

# Fondements des communications dans l'espace (transmission) et dans le temps (stockage)

- ▶ Échantillonnage  
Conversion A/D



- ▶ Reconstruction  
Conversion D/A

- ▶ Entropie (*Shannon*)  
L'entropie comme mesure de complexité  
et donc de «volume» informatique



- ▶ Compression  
Économie de bits avec ou sans perte d'information  
pour économiser temps de transmission  
ou l'espace de stockage





# Fondements des systèmes

- ▶ Architecture (*Von Neumann*)
- ▶ Mémoires hiérarchiques
- ▶ Stockage et réseaux
  - Systèmes de fichiers et bases de données
  - Types et architecture de réseaux (Internet)
- ▶ Sécurité
  - Cryptage et sphère privée
  - Identification et authentification
  - Contrôles d'accès
  - Maliciels

