TD1 — Chiffrements historiques

Ex1. Chiffre monoalphabétique
Le chiffrement de César consiste à remplacer chaque lettre du message en clair par la lettre située trois places plus loin dans l'alphabet :

```
entree: a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z
sortie: d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z a b c
```

Dans cet exercice on suppose que la ponctuation et les espaces sont préservées.

(a) Chiffrer le message « `alea jacta est` »

(b) Déchiffrer le message « `yhuflqjhwrula` »

Plus généralement, un chiffrement par décalage utilise une clé secrète k qui donne la portée du décalage (dans le chiffrement de César $k = 3$). Si on code les 26 lettres de l'alphabet par des entiers (a=0, b=1,..., z=25), le message chiffré C est obtenu à partir du message en clair M par la formule $C = E(k, M) = M + k \pmod{26}$.

(c) Déchiffrer le message suivant, en français, sans connaître la clé : « `iuq, mvbmvla-bc tm dwt vwqz lma kwzjmicf acz vwa xtiqvma ?` »

Ex2. Chiffre polyalphabétique Le chiffrement de Vigenère étend le chiffrement par décalage en utilisant une clé composée de plusieurs décalages répétés périodiquement. Dans cet exercice on suppose que la ponctuation et les espaces sont supprimés. La dernière page du sujet comporte un message en français chiffré par le chiffrement de Vigenère (`PFEOH...`) ainsi que différentes statistiques sur des sous-séquences de la forme $C[ax + b]$ extraites de ce message.

(a) Quel est l'indice de coïncidence attendu pour un texte aléatoire suffisamment long ?

(b) Retrouver la longueur probable de la clé en étudiant les indices de coïncidence.

(c) Retrouver la clé et déchiffrer le dernier mot du message.

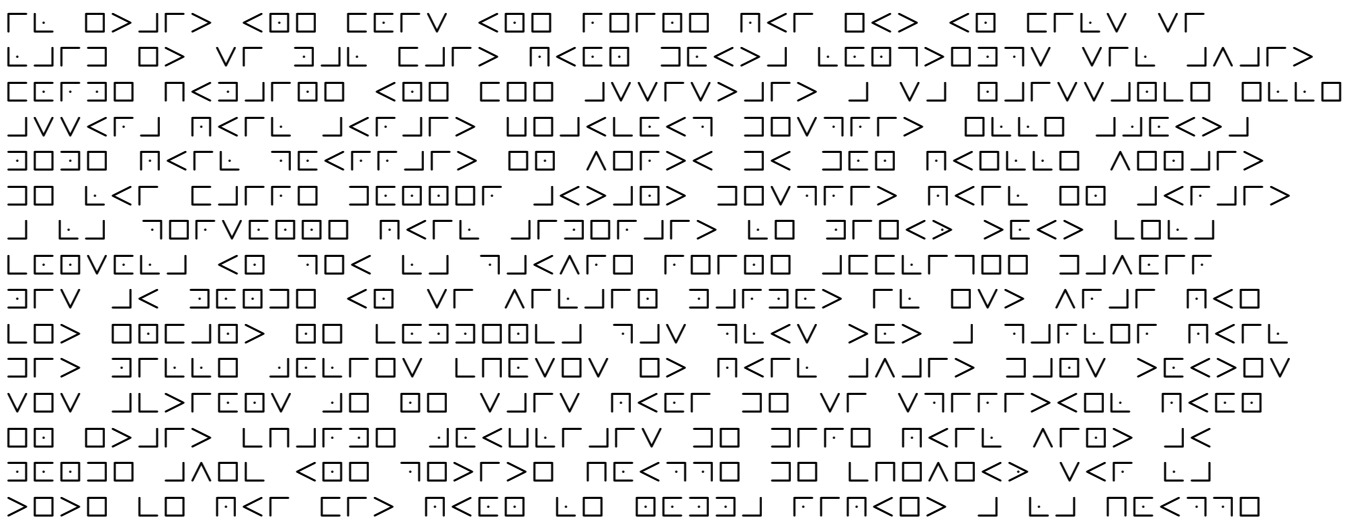
Indices de coïncidence typiques (source : Wikipedia) : russe 0,0529 ; anglais 0,0667 ; français 0,0778 ; allemand 0,0762 ; finnois 0,0737 ; japonais 0,0772.

Ex3. L'oeil qui voit tout L'étrange alignement de graffitis reproduit en fin d'exercice a été découvert sous la peinture sur le mur de la salle E11. Le message semble ancien, il est composé à partir de 22 symboles distincts.

(a) L'utilisation de symboles exotiques rend-elle le chiffrement d'un message plus sûr ?

(b) Calculer l'indice de coïncidence du message. Que peut-on en déduire ?

(c) *(bonus)* Déchiffrer le graffiti suivant découvert sur le même pan de mur :



Nombre d'occurences de chaque symbole : ⌜ : 62 ; ⌞ : 38 ; □ : 82 ; > : 45 ; ⌟ : 61 ; < : 51 ; ⊡ : 39 ; ⊏ : 10 ; ⊑ : 31 ; ⩒ : 37 ; ⌜ : 26 ; ⊓ : 16 ; ⊐ : 17 ; ∃ : 19 ; ¬ : 2 ; ¬ : 17 ; ∧ : 11 ; ⊓ : 6 ; ⌞ : 13 ; ⊔ : 2 ; ⌟ : 4 ; ⩾ : 2.

Ex4. Chiffrement par xor (noté $\oplus$)

(a) M, K, C sont des blocs de bits. Supposons que $\text{long}(M) = 8$ et $\text{long}(K) = 4$. On rappelle que $E(K, M) = M \oplus k$. Chiffrer le message 01011100 avec la clé 0101.

(b) Malheureusement votre adversaire sait que le message clair M commence par 0101, et il sait que $C = 01101100$. Que peut-il faire pour trouver la clé ? Comment s'appelle ce type d'attaque ?

(c) L'attaque précédente a-t-elle encore un intérêt si $\text{long}(K) = \text{long}(M) = 8$, et la clé K n'est plus utilisée par la suite (masque jetable) ?

(d) Maintenant $\text{long}(K) = \text{long}(M) = 4$. On veut comparer $E(K, M) = M \oplus K$ (xor bit à bit), et $E'(K, M) = (M + K) \pmod{16}$ (addition modulo 16 des entiers M et k codés en base 2). Est-ce la même chose ?

PFEOH OPCBL JVBCZ FVCYQ LHZEB UXOUN KVBCZ OUMYW EGUWZ YZRPR TSBZP CBLYE BYRSZ JGFPM OSUMY SCYOZ SYXSU NGIIL AWAXK HVOZS ZFKGJ FUQOY YGVHT
OUNGU YUTRL PUZLY JOUMR OALOD SYKBJ YOBAY JSSUI WAYJS SOTWC YXGPN KSAXK ZHPOZ SYISU YYHJY VSUXG BAJGG BHPCB LJCUN RVPMZ CPLKO PNMOY XKGVO
BSUCX EBYRS ZCDXH HBWLL SWSFK EBUZF LWKBA KAOAL KJPHM HKYAL YCKBK YTCAU HZLXG BZFKJ LHKAL HZEBC SSANG WAUOB ZCKBI LGBSY JSZFK AHNOB SYYQS
IIVLM KHSYY PVOXU LIOGK YVOYC YQLHK HHCZB POTOZ MGIAX KDPWG FKMUI KYHCB LMIPA TCUMT WBHKQ OUYGL GKBLY KBWLU QLMYW VHTWB HKFLP UZAYJ SJIRW
LLYRH HYZHP OUUYJ SSUGG UCABL YTHYY KRLHU HYYJW ANXSZ LKRVO ZSZYO UUYAF TITGP YAFSY XCPHO ALGKI UYHSS FKDLH JOPMU BKYRO YLUBZ YZRLF GFYIT
BLMYS ZUROQ OYHPW KRLJG FPM

a	*b*	*IC*	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*	*I*	*J*	*K*	*L*	*M*	*N*	*O*	*P*	*Q*	*R*	*S*	*T*	*U*	*V*	*W*	*X*	*Y*	*Z*
1	0	0.048	24	34	22	4	7	17	25	33	15	19	35	38	16	9	35	24	7	15	36	13	37	13	17	14	58	31
2	0	0.060	20	17	2	1	2	0	13	10	5	14	34	23	3	0	13	19	1	7	15	13	24	9	1	7	23	23
2	1	0.054	4	17	20	3	5	17	12	23	10	5	1	15	13	9	22	5	6	8	21	0	13	4	16	7	35	8
3	0	0.048	6	12	7	0	1	6	9	13	6	6	10	12	4	2	14	10	1	7	13	5	14	3	6	4	20	9
3	1	0.044	10	7	7	3	3	6	6	9	5	5	15	15	10	4	10	5	2	3	11	5	12	6	8	5	16	11
3	2	0.048	8	15	8	1	3	5	10	11	4	8	10	11	2	3	11	9	4	5	12	3	11	4	3	5	22	11
4	0	0.082	14	15	2	0	1	0	0	7	2	4	6	23	0	0	2	16	1	0	13	1	15	7	1	0	8	12
4	1	0.098	1	0	11	0	0	8	3	15	5	3	1	14	13	9	8	4	0	1	0	0	9	0	3	6	35	1
4	2	0.081	6	2	0	1	1	0	13	3	3	10	28	0	3	0	11	3	0	7	2	12	9	2	0	7	15	11
4	3	0.068	3	17	9	3	5	9	9	8	5	2	0	1	0	0	14	1	6	7	21	0	4	4	13	1	0	7
5	0	0.053	4	7	2	0	3	5	2	9	1	6	10	9	1	1	8	5	1	1	10	3	5	2	3	2	14	6
5	1	0.047	6	6	7	1	0	3	6	8	3	3	8	5	1	2	5	3	1	2	10	2	9	7	3	2	11	6
5	2	0.043	5	6	5	2	2	4	3	6	5	1	6	7	6	2	6	7	1	5	3	5	11	2	2	2	11	5
5	3	0.046	7	8	5	0	1	2	7	6	2	4	4	8	5	1	10	5	1	5	7	0	4	2	4	6	11	4
5	4	0.045	2	7	3	1	1	3	7	4	4	5	7	9	3	3	6	4	3	2	6	3	8	0	5	2	11	10
6	0	0.058	5	6	0	0	0	0	5	3	1	6	10	6	1	0	6	9	0	3	3	5	11	3	1	1	7	8
6	1	0.045	2	5	6	3	2	6	3	6	2	1	1	5	8	4	7	2	2	2	4	0	4	2	8	1	10	4
6	2	0.055	7	9	1	1	1	0	5	4	1	4	10	7	0	0	4	7	1	3	5	3	5	2	0	2	10	8
6	3	0.061	1	6	7	0	1	6	4	10	5	0	0	6	3	2	8	1	1	4	10	0	3	0	5	3	13	1
6	4	0.061	8	2	1	0	1	0	3	3	3	4	14	10	2	0	3	3	0	1	7	5	8	4	0	4	6	7
6	5	0.048	1	6	7	0	2	5	5	7	3	4	0	4	2	3	7	2	3	2	7	0	6	2	3	3	12	3

Chaque ligne de cette table présente le nombre d'occurences de chaque lettre dans la sous-séquence $C[ax + b]$ pour les valeurs a et b présentées dans les deux premières colonnes. La colonne IC indique l'indice de coïncidence de cette sous-séquence.