

# Codetheorie: Ontcijferopdracht

Mathias Beke - 20120536  
Jakob Struye - 20120612  
Robin Verachtert - 20121405

26 march 2015

## Contents

<b>1</b>	<b>Vigenère</b>	<b>3</b>
1.1	Opdracht . . . . .	3
1.2	Vigenère detecteren: Index of coincidence . . . . .	3
1.3	Ongedaan maken van de kolomtranspositie . . . . .	3
1.4	Vigenere oplossen . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Playfair</b>	<b>4</b>
2.1	De opdracht . . . . .	4
2.2	Poging 1: frequentieanalyse . . . . .	5
2.3	Poging 2: slimme frequentie analyse . . . . .	5
2.4	Poging 3: Hill Climb Algoritme . . . . .	5
2.5	Poging 4: Churn Algoritme . . . . .	6
2.6	Verbeteringen aan het algoritme . . . . .	7
<b>3</b>	<b>ADFGVX</b>	<b>7</b>
3.1	De opdracht . . . . .	7
3.2	Morse decoderen . . . . .	7
3.3	De kolomtranspositie . . . . .	7
3.4	Bepalen van de taal . . . . .	8
3.5	Bepalen van de plaintext . . . . .	8
<b>4</b>	<b>Enigma</b>	<b>9</b>
4.1	Opdracht . . . . .	9
4.2	Een beetje extra onderzoek . . . . .	9
4.3	Maken van de Enigma machine . . . . .	10
4.4	Crib graph en beginpositie van de rotors . . . . .	10
4.5	Bepalen van het plugboard en ontcijferen van de tekst . . . . .	11

<b>5</b>	<b>Diffie-Hellman</b>	<b>12</b>
5.1	De opdracht . . . . .	12
5.2	Gezamenlijke sleutel: eerste pogingen . . . . .	12
5.3	Gezamenlijke sleutel: Pohlig-Hellman . . . . .	12
5.4	De titels . . . . .	13
	<b>Appendices</b>	<b>13</b>
<b>A</b>	<b>Oplossingen</b>	<b>13</b>
A.1	Vigenère . . . . .	13
A.2	ADFGVX . . . . .	14
A.3	Playfair . . . . .	15
A.4	Enigma . . . . .	16
A.5	Diffie-Hellman . . . . .	18

# 1 Vigenère

## 1.1 Opdracht

De eerste ciphertekst was versleuteld met een Vigenère cipher gevolgd door een enkele kolomtranspositie. Bij het ontcijferen moesten we dus eerst de kolomtranspositie ongedaan maken om een ciphertekst te bekomen die enkel met Vigenère versleuteld was.

## 1.2 Vigenère detecteren: Index of coincidence

We zochten een manier om snel te checken of een ciphertekst met Vigenère versleuteld was, zodat we de kolomtranspositie konden bruteforcen in een haalbare tijd. Hiervoor vonden we de "index of coincidence" (IC). Deze wordt als volgt berekend:  $IC = \frac{\sum_{i=1}^c n_i(n_i-1)}{N(N-1)/c}$  met  $n_i$  de frequenties van de  $c$  verschillende letters in een tekst lengte  $N$ . In essentie is dit een frequentietabel samengevat in 1 waarde. Hoe groter de IC, hoe groter de kans dat twee willekeurig gekozen letters in een plaintext dezelfde zijn, met  $IC = 1$  voor een random tekst waarbij elke letter evenveel voorkomt. Voor een Engelse tekst ligt de IC rond de 1.73. Merk op dat bij deze waarde geen rekening gehouden wordt met welke frequentie bij welke letter hoort. Dit betekent dat een plaintext na een monoalfabetische substitutie zijn IC behoudt. Bij een Vigenère ciphertekst met sleutellengte  $n$  wordt op elke letter dezelfde monoalfabetische substitutie toegepast als op elke letter er op  $kn$  posities vandaan ( $k$  geheel). Als we een sleutellengte gokken, kunnen we de tekst verdelen in verzamelingen letters die met dezelfde substitutie versleuteld zouden zijn. Indien de gegokte lengte correct is, moet (indien de ciphertekst lang genoeg was) elke verzameling een redelijk hoge IC hebben, en moeten deze waarden redelijk dicht bij elkaar liggen. Indien de gegokte lengte fout is, zijn de letters in een verzameling niet met dezelfde monoalfabetische substitutie versleuteld (tenzij de gegokte lengte een veelvoud van de correcte is) en lijkt dit eerder een willekeurige verzameling letters, wat een IC dicht bij 1 zal opleveren.

## 1.3 Ongedaan maken van de kolomtranspositie

Voor onze ciphertekst konden we dus alle mogelijke kolomtransposities ongedaan maken tot een bepaald aantal kolommen om dan te controleren of een mogelijke Vigenère sleutellengte een hoge IC opleverde. Voor een ciphertekst waarop een enkele kolomtranspositie toegepast is met  $k \in [1, n]$  kolommen, zijn  $\sum_{k=1}^n k!$  transposities mogelijk. Dit wordt al snel onmogelijk om in een haalbare tijd uit te rekenen, maar gelukkig is het aantal kolommen doorgaans klein.

Het ongedaan maken van de transposities gebeurt voor elke mogelijke permutatie van  $k$  kolommen als volgt: de ciphertekst lengte  $l$  bestaat uit opeenvolgend de letters uit kolommen 1 t.e.m.  $k$ . In elke kolom komen minstens  $\lfloor \frac{l}{k} \rfloor$  voor. In de eerste  $l \% k$  kolommen (in de volgorde bepaald door het codewoord voor de kolomtranspositie = gepermuteerde kolommen) komt nog 1 extra letter voor, zodat alle kolommen samen uiteindelijk  $l$  letters bevatten. We kunnen de kolommen makkelijk opvullen door gewoon de ciphertekst te overlopen en 1 voor 1 de kolommen op te vullen. Daarna overlopen we de kolommen round-robin in gepermuteerde volgorde en halen we telkens de eerstvolgende letter uit de kolom. In deze volgorde vormen de letters de ciphertekst voor de kolomtranspositie. Op elk van deze cipherteksten voeren we dan, voor elke mogelijke sleutellengte  $l_v$  tot een bepaalde waarde, de volgende Vigenèretest uit: we verdelen de ciphertekst in  $l_v$  groepen door de letters 1 voor 1 round-robin over de groepen te verdelen. Elk van deze groepen zou dan door dezelfde monoalfabetische substitutie versleuteld zijn. We berekenen de IC van elke groep en dan het gemiddelde ervan. Indien dit gemiddelde boven een vooraf ingestelde waarde komt, is dit waarschijnlijk de correctie sleutellengte (of een veelvoud ervan).

Bij het toepassen van dit principe bij de gegeven ciphertekst, moesten we eerst wat spelen met de variabelen (maximale keylengtes voor Vigenère en kolomtranspositie en minimale IC), maar uiteindelijk vonden we (met een runtime van slechts een viertal seconden) zes kolomtransposities van zes kolommen waarbij Vigenère met sleutellengte 8 een IC van ongeveer 2.15 opleverde. Na vergelijken met wat andere zelf berekende IC's van Nederlandstalige teksten, waren we hier al redelijk zeker dat deze plaintext Nederlands was.

## 1.4 Vigenere oplossen

Daarna berekenden we bij elk van de zes mogelijke transposities voor elk van de 8 groepen letters de meest voorkomende letter. Aannemend dat dit de E was (in het Nederlands erg waarschijnlijk) konden we meteen de monoalfabetische substitutie ongedaan maken op elke groep. Door de volgorde van de letters te reconstrueren, bekwamen we bij een van de zes transposities een Nederlandstalige plaintext, een fragment uit "Erik of het Klein Insectenboek" door Godfried Bomans.

## 2 Playfair

### 2.1 De opdracht

De tweede ciphertekst was versleuteld met Playfair. We moesten dus de key zien te vinden waarmee een matrix was opgesteld om digrammen te

versleutelen. We hadden op dit punt al een Nederlandse en een Franse tekst ontcijferd, dus we gingen ervanuit dat dit Engels was. Het oplossen van Playfair bleek moeilijker als ADFGVX en Vigenere, na 3 gefaalde pogingen is het ons uiteindelijk gelukt.

## 2.2 Posing 1: frequentieanalyse

Onze eerste poging bestond uit een frequentieanalyse van de digrammen. We vergeleken die waarden met gekende waarden voor digrammen in het Engels die we zelf hadden berekend aan de hand van enkele Engelse teksten. Na veel puzzelwerk raakten we echter niet erg ver. Er zijn 600 digrammen in Playfair (hoewel ze niet allemaal in de ciphertext voorkwamen) en door dicht bij elkaar gelegen frequenties was het bijna onmogelijk ze juist te kiezen. We bekeken ook de frequenties van opeenvolgende digrammen samen en we hielden rekening met frequente digrammen waarvan ook het omgekeerde frequent was, maar raakten ook hiermee niet verder.

## 2.3 Posing 2: slimme frequentie analyse

Aangezien we door gewoon naar de frequenties te kijken toch 2 digrammen vrij zeker wisten ("OS"  $\leftrightarrow$  "th", "OB"  $\leftrightarrow$  "he"), probeerden we om gebruik te maken van de structuur van het Playfairvierkant<sup>1</sup>. Dit werkte echter ook niet, omdat we geen van de andere digrammen echt zeker wisten, en diegenen die we dachten juist te gokken niet in het vierkant bleken te passen. We probeerden de ciphertext te bruteforcen met keys waarbij deze reeds gevonden digrammen klopten, maar vonden ook zo het antwoord niet.

## 2.4 Posing 3: Hill Climb Algoritme

Daarna gooiden we het over een andere boeg en gingen we op zoek naar een algoritme om de ciphertext volledig geautomatiseerd te kraken. Eerst maakten we een implementatie van een hill climb algoritme. We startten door uit een startset van mogelijke keys (in ons geval 100 random gekozen keys) de besten op basis van Index of Coincidence<sup>23</sup> te selecteren en deze te wijzigen. Die gewijzigde keys beschouwden we dan als nieuwe startset. Op een gegeven moment bereiken we een (lokaal) maximum, wat als resultaat gezien wordt. Doordat we bij het wijzigen telkens de best scorende keys uit heel wat opties selecteerden, werkte het algoritme redelijk traag of belandde het direct in een lokaal maximum.

---

<sup>1</sup><http://www.umich.edu/~umich/fm-34-40-2/ch7.pdf>

<sup>2</sup><http://practicalcryptography.com/cryptanalysis/text-characterisation/index-coincidence/>

<sup>3</sup>[http://en.wikipedia.org/wiki/Index\\_of\\_coincidence](http://en.wikipedia.org/wiki/Index_of_coincidence)

## 2.5 Posing 4: Churn Algoritme

Daarna stooten we op het zogenaamde Churn algoritme<sup>4</sup><sup>5</sup>. Dit algoritme is gelijkaardig aan simulated annealing, alleen heel wat simpeler om te implementeren.

Elke plaintext krijgt een score toegewezen als volgt: voor elke mogelijke digram in het Engels werd de frequentie geanalyseerd. Hiervan werden telkens de log genomen om de invloed van erg grote waarden te beperken, en werden deze waarden herschaald naar 0-9. Nu is de score van de plaintext de som van de frequenties van elk van de  $l - 1$  digrams in de plaintext lengte  $l$ . Hoe hoger de score, hoe waarschijnlijker dat de tekst Engels is. In het algoritme starten we met een zogenaamde parent key (bv. gewoon het alfabet) waarmee we de ciphertext ontcijferen en een score toekennen. Daarna voeren we een kleine verandering (permutatie van letters, kolommen of rijen) door aan de parent key en noemen we het resultaat de child key. De plaintext voor de child key wordt ook geëvalueerd. Indien de child key beter scoorde, vervangt deze de parent key. Indien de parent key beter scoorde, wordt een willekeurig getal uit een array van 100 getallen gekozen. Indien het verschil tussen parent en child key scores minder was dan dit gekozen getal, vervangt de child key toch de parent key. Hierdoor kan het algoritme uit lokale maxima raken. Het algoritme blijft oneindig lopen en print de uitkomst van een iteratie enkel indien een nieuwe topscore bereikt is. Merk op dat de 100 getallen in de genoemde array zodanig gekozen zijn dat de kans dat child parent vervangt, gelijkaardig is aan die bij simulated annealing. Bij sommige runs van het algoritme vonden we al na een tweeduizendtal iteraties een tekst die heel erg op Engels leek. Het antwoord was niet helemaal correct gezien bij de score geen rekening gehouden werd met de meer voorkomende X bij Playfair. Het was wel dicht genoeg bij Engels dat we de laatste aanpassingen handmatig konden doorvoeren. We vonden als key "A brief history of time", met als plaintext het begin van "A Brief History of Time: From the Big Bang to Black Holes" door Stephen Hawking.<sup>6</sup> Merk op dat we de twee lijsten met waarden op <http://www.cryptoden.com/> vonden, maar de code verder helemaal zelf geschreven is en enkel gebaseerd is op de beschrijving van het algoritme. Het bijbehorende vierkant is hieronder afgebeeld.

---

<sup>4</sup><http://www.cryptoden.com/index.php/algorithms/churn-algorithm/20-churn-algorithm>

<sup>5</sup><http://s13.zetaboards.com/Crypto/topic/6781204/1/>

<sup>6</sup>[http://www.fisica.net/relatividade/stephen\\_hawking\\_a\\_brief\\_history\\_of\\_time.pdf#page=3](http://www.fisica.net/relatividade/stephen_hawking_a_brief_history_of_time.pdf#page=3)

## 2.6 Verbeteringen aan het algoritme

Het algoritme in `playfair.py` is een licht aangepaste versie van wat we eerst gebruikten. Het geeft vaker snel een antwoord door rollbacks uit te voeren als een tijdje geen vooruitgang geboekt wordt, of zelfs helemaal opnieuw te beginnen. Ook is het scoren nu aangepast aan de X'en in Playfair waardoor exact de correcte plaintext wordt gevonden. De gevonden key matrix is niet altijd de matrix gegenereerd met "abriefhistoryoftime", maar wel altijd een correcte matrix. Gezien niet alle digrammen voorkomen, zijn meerdere correcte matrices mogelijk.

In de eerste twee lijntjes van het Churn algoritme wordt een vaste seed ingesteld. Deze levert al na 2406 iteraties het antwoord op. Om met een andere seed te proberen, moeten de eerste twee regels code verwijderd worden. Hierdoor kan het algoritme wel langer duren. De variërende runtime is een gevolg van de niet-deterministische aard van het algoritme. Gezien de code niet concurrent is, is het aangewezen om het programma meerdere keren tegelijk te draaien om sneller tot een resultaat te komen.

A	B	R	I	E
F	H	S	T	O
Y	M	D	G	J
K	L	N	P	Q
U	V	W	X	Z

Figure 1: Playfairvierkant key "A brief history of time"

## 3 ADFGVX

### 3.1 De opdracht

Om ADFGVX te kraken moeten we eerst de morsecode decoderen, daarna de kolomtranspositie ongedaan maken en vervolgens het vierkant vinden om de oorspronkelijke tekst te bekomen.

### 3.2 Morse decoderen

Dit is snel gedaan door de tekst op te splitsen en deze via een simpele map om te zetten naar hun bijbehorende characters.

### 3.3 De kolomtranspositie

Aangezien ADFGVX eindigt met een enkele kolomtranspositie, moesten we deze eerst ongedaan maken. Hiervoor gebruikten we hetzelfde systeem als beschreven bij Vigenère: voor alle mogelijke transposities tot een bepaald aantal kolommen werd de index of coincidence berekend, waarna die met de

hoogste IC gekozen werd. Merk op dat we hierbij de digrammen moesten gebruiken om de index te berekenen. Uiteindelijk vonden we 4 mogelijke kolomtransposities met 4 kolommen, met elk een even grote IC.

### 3.4 Bepalen van de taal

Door eerst een frequentieanalyse te doen op een van de 4 meest waarschijnlijke teksten, kregen we de onderstaande tabel.

'FV'	16.93	'AA'	8.26	'DX'	8.02	'AD'	7.80
'XV'	7.32	'VD'	7.18	'AF'	6.15	'FF'	5.80
'GG'	5.64	'DD'	4.91	'XD'	3.64	'XG'	3.18
'FA'	3.10	'DG'	2.94	'VX'	1.59	'DF'	1.21
'VA'	1.16	'VG'	1.16	'GF'	0.99	'GD'	0.67
'AV'	0.56	'GX'	0.51	'FG'	0.32	'XX'	0.13
'AG'	0.13	'VV'	0.10	'FD'	0.08	'XF'	0.08
'FX'	0.05	'XA'	0.05	'DA'	0.05	'VF'	0.05
'DV'	0.05	'AX'	0.02	'GA'	0.0	'GV'	0.0

Deze tabel vergelijken we gewoon met gekende frequenties<sup>7</sup>. Dit kan omdat de digrammen in ADFGVX voor enkele characters staan. In ADFGVX kunnen ook cijfers voorkomen. Deze staan niet in de gekende frequentietabellen vermeld, maar dit is niet echt een probleem aangezien deze waarschijnlijk een redelijk kleine frequentie hebben. Dit gaf ons wel een vervormde index of coincidence, waardoor we puur op deze waarde de taal niet konden bepalen. Het viel ons wel op dat het meest voorkomende digram, 'FV' bijna dubbel zo frequent was als het tweede. Van de waarschijnlijke talen voor deze tekst, zijn het Frans en Duits de enige met dit kenmerk. Aangezien de Enigma code in het Duits is, is het zeer waarschijnlijk dat deze tekst in het Frans is geschreven.

### 3.5 Bepalen van de plaintext

Voordat we begonnen met letters te vervangen hebben we eerst het aantal mogelijke teksten teruggebracht van 4 naar 2. We berekenden de frequenties van paren van digrammen. Bij 2 teksten scoorde een paar van twee keer hetzelfde digram erg goed. Gezien geen enkele opeenvolging van twee keer hetzelfde teken in het Frans erg frequent is, konden we deze teksten al elimineren.

Nu we nog 2 mogelijke teksten hadden, probeerden we met twee elk om een van de twee teksten te ontcijferen.

Door eerst de meest frequente letters in te vullen (bv .FV=e, DX=n, ... ) en daarna met trial en error de andere redelijk frequente characters in te

<sup>7</sup>[http://en.wikipedia.org/wiki/Letter\\_frequency](http://en.wikipedia.org/wiki/Letter_frequency)



vullen, verschenen er Franse woorden, of strings die erg leken op een Frans woord. Hierdoor konden we ook de minder frequente letters invullen. Eens ongeveer de helft van de digrammen was vervangen door een character, konden we hier en daar zinnen lezen. Eens we de eerste zin zeker wisten konden we Google aanspreken <sup>8</sup> en vonden we dat het ging om het eerste hoofdstuk van "*Vingt mille lieues sous les mers*" van Jules Verne.

Zoals reeds vermeld hadden we 2 teksten ontcijferd. Beide gaven dezelfde tekst. Als we kijken naar de vierkanten die beide gaven (Figure 2 en 3), zien we dat de ene de getransponeerde versie van de andere is. Dit betekent dat de digrammen voor de ene versie de omgekeerde zijn van de andere versie. De ene ciphertekst is dus gelijk aan de andere ciphertekst met elk digram omgedraaid, voor de kolomtranspositie. Gezien de kolomtranspositie met een even aantal kolommen gebeurde, kan door een verschillende kolomtranspositie toe te passen op beide teksten, dezelfde uiteindelijke ciphertekst bekomen worden.

	A	D	F	G	V	X
A	a	5	c	?	q	w
D	s	o	2	x	i	d
F	r	g	l	b	0	1
G	6	m	y	u	f	p
V	h	3	e	?	z	t
X	4	n	8	j	v	k

Figure 2: Vierkant van de 1e tekst

	A	D	F	G	V	X
A	a	s	r	6	h	4
D	5	o	g	m	3	n
F	c	2	i	y	e	8
G	?	x	b	u	?	j
V	q	l	0	f	z	v
X	w	d	1	p	t	k

Figure 3: Vierkant van de 2e tekst

## 4 Enigma

### 4.1 Opdracht

De vierde ciphertekst was versleuteld met Enigma. Eerst implementeerden we een volledige Enigma machine. Daarna gingen we op zoek naar de gebruikte rotoren en hun beginstand.

### 4.2 Een beetje extra onderzoek

Voor we aan het kraken van enigma begonnen hebben we eerst het internet nog gebruikt om wat extra informatie te verzamelen. Deze info en de nota's van de les stelden ons in staat om de tekst relatief eenvoudig te kraken.

<sup>8</sup>[https://www.google.be/search?q=1%27annee+1966+fut+marquee+par+une+evenement&oq=1%27annee+1966+fut+marquee+par+une+evenement&aqs=chrome..69i57.1740j0j7&sourceid=chrome&es\\_sm=122&ie=UTF-8#q=1%27annee+1966+fut+marquee+par+un+evenement+bizarre](https://www.google.be/search?q=1%27annee+1966+fut+marquee+par+une+evenement&oq=1%27annee+1966+fut+marquee+par+une+evenement&aqs=chrome..69i57.1740j0j7&sourceid=chrome&es_sm=122&ie=UTF-8#q=1%27annee+1966+fut+marquee+par+un+evenement+bizarre)

Hieronder een korte oplistng met de belangrijkste bronnen van informatie die we gebruikten om meer te leren over Enigma, de geschiedenis en het kraken.

- [https://www.youtube.com/watch?v=G2\\_Q9FoD-oQ](https://www.youtube.com/watch?v=G2_Q9FoD-oQ)  
Een video over de werking van Enigma, de internals, het elektrisch circuit ed.
- [https://www.youtube.com/watch?v=d2NWPG2gB\\_A](https://www.youtube.com/watch?v=d2NWPG2gB_A) [https://www.youtube.com/watch?v=kj\\_7Jc1mS9k](https://www.youtube.com/watch?v=kj_7Jc1mS9k) Een iets meer in depth gesprek over de geschiedenis van Enigma en de handelingen in Bletchley park.
- De Wikipediapagina's over Enigma en Alan Turing
  - [http://en.wikipedia.org/wiki/Alan\\_Turing](http://en.wikipedia.org/wiki/Alan_Turing)
  - [http://en.wikipedia.org/wiki/Enigma\\_machine](http://en.wikipedia.org/wiki/Enigma_machine)
- <http://www.bletchleypark.org.uk/content/hist/>  
De Pagina van Bletchley Park met een heel stuk geschiedenis rond Enigma.

### 4.3 Maken van de Enigma machine

Eerste stap om Enigma te kunnen ontcijferen was om een werkende Enigma machine te maken. Als taal kozen we voor Go, omdat deze het heel eenvoudig maakt om concurrent functies uit te voeren. Op deze manier zouden we verschillende rotorposities tegelijk kunnen proberen, net als "The Bombe" dit deed in Wereldoorlog II. De implementatie was niet zo moeilijk; met de info die we hadden uit de les konden we eenvoudig de verschillende componenten implementeren: Rotor, Reflector en Plugboard. Voor elk van deze componenten schreven we testen zodat we zeker waren dat er geen fouten inzaten voor we ze samenbrachten in de Enigma klasse. Deze zorgde voor het linken van de componenten: character per character gaat naar componenten en output wordt geconcateneerd tot de geëncrypteerde of decrypteerde tekst. Om de volledige machine eenvoudig te kunnen gebruiken hebben we een JSON parser toegevoegd die een JSON file neemt en uit de info in deze file een Enigma construeert. Een voorbeeldfile is te vinden in de appendix. Om de machine te testen encrypteerden we enkele teksten via de webapp<sup>9</sup>. Dit gaf telkens hetzelfde resultaat als onze implementatie.

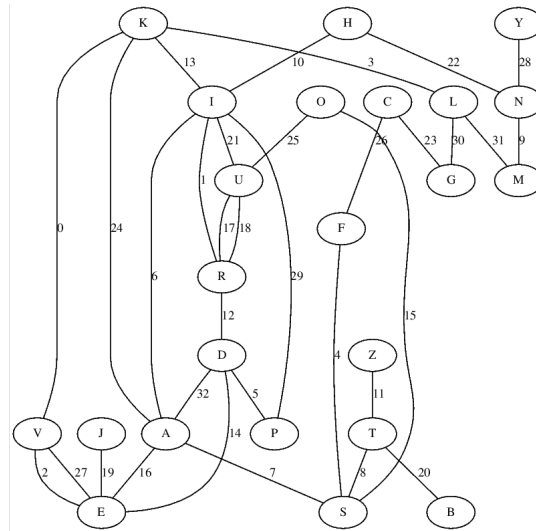
### 4.4 Crib graph en beginpositie van de rotors

Er was een crib gegeven, dus we konden makkelijk een crib graph opstellen. Hiervoor stelden we manueel een .dot file op, waarmee we een visuele

---

<sup>9</sup><http://www.algebra.ua.ac.be/stijn/enigma.phtml>

voorstelling genereerden. Deze is hieronder weergegeven.



Aan de hand van de graph konden we op zoek naar gesloten paden. Door de lengte van de crib waren er heel wat mogelijkheden. We bepaalden voor de letter U 6 gesloten paden. We gingen dan, met elke mogelijke volgorde van rotoren, op zoek naar een  $k$  waarvoor een letter invariant bleef op elk van die paden. Hiervoor was een kleine modificatie aan onze geïmplementeerde Engima machine voldoende. We vonden dat er hiervoor slechts één optie was, namelijk rotorvolgorde 420 met als beginstand KSY. De invariante letter was hier de U, wat betekent dat de U door het plugboard niet aangepast wordt. We herhaalden deze test met de letters A, D en I, waarvoor we ook telkens 5 à 6 gesloten paden zochten. Hier vonden we ook telkens slechts 1 of 2 resultaten, waaronder altijd **rotorvolgorde 420 met beginstand KSY**. Dit was dus zeker het juiste antwoord. Uit deze resultaten vonden we ook dat het plugboard I en Y verwisselt, en de A en de D niet aanpast. Nu moesten we enkel nog op zoek naar de rest van het plugboard.

#### 4.5 Bepalen van het plugboard en ontcijferen van de tekst

Omdat we een behoorlijk grote crib hadden, waren er voor de meeste letters gesloten paden te vinden in de graph. We konden dus gewoon een versimpelde versie van de voorgaande code draaien voor elke letter met gesloten paden om het plugboard verder te bepalen. Hiervoor hoefden we de test enkel voor de correcte rotorvolgorde en beginstand draaien. De enige letters zonder gesloten paden waren B, J, Q, T, W, X, Y en Z waarbij Q, W en X helemaal niet in de graph voorkwamen, en we al wisten dat Y met I werd omgewisseld. We vonden toch de mappings voor B, Q, W en Z omdat ze elk verwisseld werden met een letter die wel gesloten paden had. We hadden

het plugboard dus op J, T en X na bepaald. Er waren nu echter maar 4 mogelijke plugboards over: ofwel werden twee van de drie letters met elkaar gewisseld ofwel werd geen enkele gewisseld. Door de ciphertekst met elk van de vier opties te decipheren, vonden we dat enkel die waarbij J, T en X niet werden aangepast de crib juist ontcijferde en dus juist was. Hiermee hadden we ook het plugboard volledig bepaald en konden we de tekst volledig ontcijferen. Het was een deel uit Die Blechtrommel van Günter Grass <sup>10</sup>.

## 5 Diffie-Hellman

### 5.1 De opdracht

De opdracht rond Diffie-Hellman bestond uit twee delen: ten eerste het berekenen van de gezamenlijke sleutel en ten tweede het achterhalen van de titels waaruit de geheime sleutels gegenereerd werden.

### 5.2 Gezamenlijke sleutel: eerste pogingen

...index calculus, priemontbinding, blabla...

We hebben ook overwogen om met een lijst van titels de sleutels proberen te achterhalen, maar dit was onbegonnen werk aangezien niets geweten was over taal, soort boek, gebruik van hoofdletters en speciale tekens, spaties, ...

### 5.3 Gezamenlijke sleutel: Pohlig-Hellman

We stapten vervolgens over op het Pohlig-Hellman algoritme. Dit is in theorie trager dan index calculus, maar veel makkelijker te implementeren. Pohlig-Hellman is namelijk veel makkelijker om volledig automatisch te laten verlopen; het bevat geen vage en lastig te implementeren stappen als "kies een aantal kleine priemgetallen". Ook hoeft slechts van één getal de priemontbinding berekend te worden, terwijl dit bij index calculus elke stap gebeurt. We berekenden de priemontbinding van  $p - 1$  met Wolfram-Alpha. Gezien vele wiskundige pakketten ingebouwde functies hiervoor hebben, vonden we het niet nodig dit met eigen code te berekenen. We hadden hiervoor wel code, alleen werkte deze verschrikkelijk traag.

Pohlig-Hellman werkt het snelst met kleine priemfactoren. De grootste priemfactor was 60432007, wat niet restrictief groot bleek te zijn.

Het algoritme implementeerden we wel helemaal zelf in Python. We baseerden ons op deze uitleg van het algoritme. Eerst berekenden we, met inputs de gegeven  $A$ ,  $g$  en  $p$ , voor elke priemfactor  $p_i$  (of macht van priemfactor, bij meermaals voorkomende factoren) een  $a_i$  zodat  $a \equiv a_i \pmod{p_i}$ . Hieruit haalden we dan  $a \pmod{p - 1}$  via de Chinese reststelling. Daarna draaiden

---

<sup>10</sup><http://www.lawrencelatze.com/germ3230/texte/grass1.htm>

we het algoritme opnieuw met  $B$  om  $b$  te bepalen. Gezien voor elke  $a_i$  tot  $p_i$  mogelijke waarden met trial and error geprobeerd moeten worden, kan het algoritme makkelijk een tiental uur nodig hebben om een resultaat te vinden. We versnelden dit enigszins door het algoritme enkele keren naast elkaar te draaien en verschillende waarden te laten testen. Enkel  $a$  of  $b$  is voldoende om de gezamenlijke sleutel te bepalen, maar we bepaalden ze allebei om ons resultaat te verifiëren en omdat we ze toch nodig hebben voor het tweede deel van de opdracht.

## 5.4 De titels

Tsja.

# Appendices

## A Oplossingen

Dit zijn de teksten, waarden en instellingen die we vonden na het decoderen

### A.1 Vigenère

DEKLEINEERIKLAGJUISTOPHETOGENBLIKDATDITBOEKJEBEGINTINHETOUDEBE  
DVANGROOTMOEDERPINKSTERBLOMMETDETROONHEMELENDEZIJDENKWASTE  
NENKEEKOVERDERANDVANHETBLANKELAKENDESCHEMERIGEKAMERINHETWA  
SHETUURWAAROPDEKLEINEMENSENNAARBEDGAANHETUURWAARDEGROTEME  
NSENNIETVANWETENALLEVERTROUWDEDINGENVANDEMUURVERVAGENZOETJ  
ESAANINHETGROEIENDEDUISTERENDEWERELDWORDTSTILZOSTILDATZIJZELFS  
NIETMEERADEMTBUITENSTAPTNOGIEMANDVOORBIJSTAPSTAPZOKLINKTHETEN  
INDEVERTEROEPTTEENJONGETJEHOOGENFIJNNAAREENANDERJONGETJEIJNST  
EMKLINKTINDEAVONDENJEDENKTDAAARISTOCHEENJONGETJEOPDEWERELDDAT  
NOGNIETINBEDLIGTERIKLAGSTILTEKIJKENNAARHETRAAMINDEVERTEENNAAR  
DESCHEMERENDEPORTRETTENVANDEMUURHETISNETDACHTHIJOERIETSGEBE  
URENGAATENMISSCHIENGAATEROOKWELIETSGEBEURENENHIJBESLOOTOMNUE  
ENSNIETGELIJKOPANDEREAVONDENINSLAAPTEVALLENMAARGOEDOPTELETTE  
NOFERMISSCHIENIETSGEBEURENGINGNUWASDAARENGOEDMIDDELVOORWAN  
TONDERZIJNHOOFDKUSSENLAGREENBOEKJESOLMSBEKNOPTENATUURLIJKEHIST  
ORIEGEHETENENERIKMOESTDAARVOORMORGENALLEINSECTENUITKENNENHIJ  
HADERDEZEHELEWOENSDAGMIDDAGUITZITTENLERENENWASTOTAANDEMEIKE  
VERSGEKOMENMORGENOCHTENDONDERHETSPEELKWARTIERZOUHIJDEMEIKEV  
ERSERBIJNEMENLAATEENSKIJKENMOMPELDEERIKHOEVEELPOTENHEEFTEENW  
ESPOOKALWEERZESDEOGENZIJNAPARTVERSTELBAARENSTAANVOORINDEKOPM  
OOIZIJLEVENNIETINKORVENGELIJKDEBIJENMAARJAWAARLEVENZIJDANZIJZULL  
ENAPARTLEVENDENKIKNUDATDOETEROOKNIETTOEZIJBEHORENTOTDEFAMILIE

DERVLIESVLEUGELIGENENHEBBENGEKNIKTESPRIETENENHOESTAATHETMETDE  
VLINDERS

## A.2 ADFGVX

LANNEE1866FUTMARQUEEPARUNEVENEMENTBIZARREUNPHENOMENEINEXPLIQ  
UEETINEXPLICABLEQUEPERSONNENASANSDOUETOUBLIESANSPARLERDESRUME  
URSQUIAGITAIENTLESPOPULATIONSDESPORTSETSUREXCITAIENTLESPRITPUBLI  
CALINTERIEURDESCONTINENTSLESGENSDEMERFURENTPARTICULIEREMENTEM  
USLENEGOCIANTSARMATEURSCAPITAINESDENAVIRESSKIPPERSETMASTERSDE  
LEUROPEETDELAMERIQUEOFFICIERSDESMARINESMILITAIRESDETOUSPAYSETAP  
RESEUXLESGOUVERNEMENTSDESDIVERSETATSDESDEUXCONTINENTSSEPREOCC  
UPERENTDECEFAITAUPLUSHAUTPOINTNEFFETDEPUISQUELQUETEMPSPLUSIEU  
RSNAVIRESSETAIENTRENCONTRESSURMERAVECUNECHOSEENORMEUNOBJETLO  
NGFUSIFORMEPARFOISPHOSPHORESCENTINFINIMENTPLUSVASTEETPLUSRAPIDE  
QUUNEBALEINELESFAITSRELATIFSACETTEAPPARITIONCONSIGNESAUXDIVERSLI  
VRESDEBORDSACCORDAIENTASSEZEXACTEMENTSURLASTRUCTUREDELOBJETO  
UDELETREENQUESTIONLAVITESSEINOUEDESESMOUVEMENTSLAPUISSANCESURP  
RENANTEDESALOCOMOTIONLAVIEPARTICULIEREDONTILSEMBLAITDOUESICETA  
ITUNCETACEILSURPASSAITENVOLUMETOUSCEUXQUELASCIENCEAVAITCLASSES  
JUSQUALORSNICUVIERNILACEPEDENIMDUMERILNIMDEQUATREFAGESNEUSSENT  
ADMISLEXISTENCEDUNTELMONSTREAMOINSDELAVOIRVUCEQUISAPPELLEVUDE  
LEURSPROPRESYEUXDESAVANTSAPRENDRELAMOYENNEDESOBSERVATIONSFAI  
TESADIVERSESREPRISESENREJETANTLESEVALUATIONSTIMIDESQUIASSIGNAIENT  
ACETOBJETUNELONGUEURDEDEUXCENTSPIEDSETENREPOUSSANTLESOPINIONS  
EXAGEREESQUILEDISAIENTLARGEDUNMILLEETLONGDETROISONPOUVAITAFFIR  
MERCEPENDANTQUECETETREPHENOMENALDEPASSAITDEBEAUCOUPTOUTESLE  
SDIMENSIONSADMISESJUSQUACEJOURPARLESICHTYOLOGISTESSILEXISTAITTOU  
TEFOISORILEXISTAITLEFAITENLUIMEMENETAITPLUSNIABLEETAVECCEPENCHA  
NTQUIPOUSSEAU MERVEILLEUXLACERVELLEHUMAINEONCOMPRENDRALEMOTIO  
NPRODUITEDANSLEMONDEENTIERPARCETTESURNATURELLEAPPARITIONQUAN  
TALAREJETERAURANGDESFAIBLESILFALLAITYRENONCERENEFFETLE20JUILLET1  
866LESTEAMERGOVERNORHIGGINSONDECALCUTTAANDBURNACHSTEAMNAVIGA  
TIONCOMPANYAVAITRENCONTRECETTEMASSEMOUVANTEACINQMILLESANSLE  
STDESCOTESDELAUSTRALIELECAPITAINEBAKERSECRUTTOUTDABORDENPRESEN  
CEDUNECUEILINCONNUILSEDISPOSAITMEMEAENDETERMINERLASITUATIONEXA  
CTEQUANDDEUXCOLONNESDEAUPROJETEESPARLINEXPLICABLEOBJETSELANCE  
RENTENSIFFLANTACENTCINQUANTEPIEDSDANSLAIRDONCAMOINSQUECETECUEI  
LNEFTSOU MIS AUX EXPANSIONSINTERMITTENTESDUNGEYSERLEGOVERNORHIGG  
INSONAVAITAFFAIREBELETBIENAQUELQUEMAMMIFEREAQUATIQUEINCONNUJU  
SQUELAQUIREJETAITPARSESEVENTSDESCOLONNESDEAUMELANGEESDAIRETDE  
VAPEURPAREILFAITFUTEGALEMENTOBSERVELE23JUILLETDELAMEMEEANNEEDA  
NSLES MERS DUPACIFIQUEPARLECRISTOBALCOLONDEESTINDIAANDPACIFICSTEA  
MNAVIGATIONCOMPANYDONCCETACEEXTRAORDINAIREPOUVAITSETRANSPO

RTERDUNENDROITAUNAUTREAVECUNEVELOCITESURPRENANTEPUISQUEATROIS  
 JOURS D'INTERVALLE LE GOUVERNEUR HIGGINSON ET LE CRISTOBAL COLON LA VAIENT  
 OBSERVE EN DEUX POINTS DE LA CARTE SEPARÉS PAR UNE DISTANCE DE PLUS DE SEPT  
 CENTS LIEUES MARINES QUINZE JOURS PLUS TARD A DEUX MILLE LIEUES DE LA HELVE  
 TI DE LA COMPAGNIE NATIONALE ET LES HANNON DU ROYAL MAIL MARCHANT A CON  
 TREBORD DANS CETTE PORTION DE L'ATLANTIQUE COMPRENANT LES ETATS UNIS  
 ET L'EUROPE SE SIGNALERENT RESPECTIVEMENT LE MONSTRE PAR 42°15' DE LATITUDE  
 NORD ET 60°35' DE LONGITUDE AL OUEST DU MERIDIEN DE GREENICH DANS CETTE OBSER  
 VATION SIMULTANEE ON CRUT POUVOIR EVALUER LA LONGUEUR MINIMUM D'UN  
 MIFERE A PLUS DE TROIS CENT CINQUANTE PIEDS ANGLAIS PUIS QUE LES HANNON ET  
 LES HELVETIA ET AIENT DE DIMENSION INFERIEURE ALI BIEN QU'ILS MESURASSENT CENT  
 METRES DE LE TRAVERSE A L'AMBOTOIR LES PLUS VASTES BALEINES SCÉLÉRES QUI FREQU  
 ENT LES PARAGES DES ILES AL OUESTIENNES LE KULAMMA ET LE LUMGULLICK N'ONT  
 JAMAIS DÉPASSÉ LA LONGUEUR DE CINQUANTE SIX METRES SIMPLEMENT LA TÊTE  
 EN TOUTES RAPPORTS ARRIVÉS COUPS SUR COUP DENOUVELLES OBSERVATIONS FAITES  
 A BORD DU TRANSATLANTIQUE LE PERE IRE UN A BORDAGE ENTRE LE TNA DE LA LIGNE  
 IN MAN ET LE MONSTRE UN PROCES VERBAL DRESSÉ PAR LES OFFICIERS DE LA FREGAT  
 E FRANÇAISE LA NORMANDIE UN TRESSERIEUX RELEVEMENT OBTENU PAR LETAT MAJ  
 OR DU COMMODE FITZ JAMES A BORD DU LORD CLYDE EMURENT PROFONDEMENT L  
 OPINION PUBLIQUE DANS LE PAYS DU HUMEUR LEGERE ON PLAISANT A LE PHENOMENE  
 MAIS LE PAYS GRAVE ET PRATIQUES L'ANGLETERRE L'AMERIQUE L'ALLEMAGNE SE  
 PREOCCUPENT VIVEMENT

### A.3 Playfair

AWELX L KNOWN SCIENTISTS SOME SAY IT WAS BERTRAND RUSSELLX L ONCE GAVE A P  
 UBLIC LECTURE ON ASTRONOMY HE DESCRIBED HOW THE EARTH ORBITS AROUND T  
 H E SUN AND HOW THE SUN IN TURN ORBITS AROUND THE CENTER OF A VAST COLLECT  
 ION OF STARS CALLED OUR GALAXY AT THE END OF THE LECTURE ALI TOLD L  
 ADY AT THE BACK OF THE ROOM GOT UP AND SAID WHAT YOU HAVE TOLD US IS RUBB  
 ISH THE WORLD IS REALX L A FLAT PLATE SUPPORTED ON THE BACK OF A GIANTX T  
 ORTOTOISE THE SCIENTIST GAVE A SUPERIOR SMILE BEFORE REPLYING WHAT IS THE T  
 ORTOTOISE STANDING ON YOU EVERY CLEVER YOUNG MAN VERY CLEVER SAID THE OLD  
 LADY BUT IT'S TURTLES ALX L THE WAY DOWN MOST PEOPLE WOULD FIND THE PICTUR  
 E OF FOUR UNIVERSES AN INFINITE TOWER OF TORTOISES RATHERX RIDICULOUS BUT  
 WHY DO WE THINK WE KNOW BETTER WHAT DO WE KNOW ABOUT THE UNIVERSE A  
 ND HOW DO WE KNOW IT WHERE DID THE UNIVERSE COME FROM AND WHERE IS IT GOIN  
 G DID THE UNIVERSE HAVE A BEGINNING AND IF SO WHAT HAPPENED BEFORE THEN  
 WHAT IS THE NATURE OF TIME WILX L IT EVER COME TO AN END CAN WE GO BACK IN TIM  
 E RECENT BREAKTHROUGHS IN PHYSICS MADE POSSIBLE IN PART BY FANTASTIC NE  
 W TECHNOLOGIESX SUGGEST ANSWERS TO SOME OF THESE LONGSTANDING QUEST  
 IONSX SOME DAY THESE ANSWERS MAY SEEM AS OBVIOUS TO US AS THE EARTH ORB  
 ITING THE SUN OR PERHAPS AS RIDICULOUS AS A TOWER OF TORTOISES ONLY TIME WH  
 ATEVER THAT MAY BE WILX L TELX L A LONG AGO AS THREE HUNDRED AND FOURTY

BCTHEGREXEKPHILOSOPHERARISTOTLEINHISBOXOKONTHEHEAVENSWASABLET  
 OPUTFORWARDTWOGOXODARGUMENTSFORBELIEVINGTHATXTHEXEARTHWAS  
 AROUNDSPHERERATHERTHANAHATPLATEFIRSTTHEREALIZEDTHATECLIPSESOFT  
 HEMOXONWERECAUSEDBYTHEXEARTHCOMINGBETWEXENTHESUNANDTHEMOX  
 ONTHEXEARTHSXSHADOWONTHEMOXONWASALWAYSROUNDWHICHWOULDBET  
 RUEONLYIFTHEXEARTHWASXS SPHERICALIFTHEXEARTHXHADBEXENAFLATDISK  
 THESHADOWXWOULDHAVEBEXENELONGATEDANDELXLIPTICALUNLESXSTHEXE  
 CLIPSEALWAYSOCXCURXREDATATIMEWHENTHESUNWASDIRECTLYUNDERTHEC  
 ENTEROFTHEDISKSECONDTHEGREXEKSKNEWFROMTHEIRTRAVELSTHATXTHEN  
 ORTHSTARAPXPEAREDLOWERINTHESKYWHENVIEWEDINTHESOUTHTHANITDIDI  
 NMORENORTHERLYREGIONSXSINCE THENORTHSTARLIESOVERTHENORTHPOLEI  
 TAPXPEARSTOBEDIRECTLYABOVEANOBSEVERATXTHENORTHPOLEBUTXTOSO  
 MEONELOXOKINGFROMTHEXEQUATORITAPXPEARSTOLIEIUSTATXTHEHORIZON  
 FROMTHEDIFXERENCEIN THEAPXPARENTPOSITIONOF THENORTHSTARINEGYPT  
 ANDGREXECEARISTOTLEXEVENQUOTEDANESTIMATE THATXTHEDISTANCEARO  
 UNDTHEXEARTHWASFOURHUNDREDTHOUSANDSTADIAITISNOTKNOWNEXACTLY  
 WHATLENGHTASTADIUMWASBUTITMAYHAVEBEXENABOUTXTWOHUNDREDYAR  
 DSWHICHWOULDMAKEARISTOTLESEESTIMATEABOUTXTWICETHECURXRENTLYA  
 CXCEPTEDFIGURETHEGREXEKSEVENHADATHIRDARGUMENTXTTHATXTHEXEART  
 HMUSTBEROUNDFORWHYELSEDOESONEFIRSTSEXETHESAILSOFASHIPCOMINGOV  
 ERTHEHORIZONANDONLYLATERSEXETHEHULXLARISTOTLETHOUGHTXTTHEXEAR  
 THWASXSTATIONARYANDTHATXTTHESUNTHEMOXONTHEPLANETSANDTHESTARS  
 MOVEDINCIRCULARORBITSABOUTXTHEXEARTHXHEBELIEVEDTHISBECAUSEHEF  
 ELTFORMYSTICALREASONSTHATXTHEXEARTHWASTHECENTEROF THEUNIVERSE  
 ANDTHATCIRCULARMOTIONWASTHEMOSTPERFECTXTTHISIDEAWASELABORATE  
 DBYPTOLEMYINTHESECONDCENTURYADINTOACOMLETECOSMOLOGICALMODE  
 LTHEXEARTHSTOXODATXTHECENTERSURXROUNDEDBYEIGHTSPHERESTHATCA  
 RXRIEDTHEMOXONTHE SUNTHESTARSANDTHEFIVEPLANETSKNOWNATXTHETIM  
 EMERCURYVENUSMARSIUPTERANDSATURNX

## A.4 Enigma

Rotorvolgorde: 420

Beginstand: KSY

Plugboard: AKEDCHGFYJBLWNZPSRQTUVMXIO

Verwisselingen in plugboard: B-K, C-E, F-H, I-Y, M-W, O-Z, Q-S

VIELSPASSMITDIESERUEBUNGAUFENIGMAZUGEgebenENICHBININSASSEINERHEIL  
 UNDPFLEGEANSTALTMEINPFLEGERBEOBACHTETMICHLASSTMICHKAUMAUSDEM  
 AUGEDENNINDERTURISTEINGUCKLOCHUNDMEINESPFLEGERSAUGEISTVONJENE  
 MBRAUNWELCHESMICHDENBLAU AUGIGENNICHTDURCHSCHAUENKANNMEINPFL  
 EGERKANNALSOGARNICHTMEINFEINDSEINLIEBGEWONNENHABEICHIHNERZAHL  
 EDEM GUCKERHINTERDERTURSOBALDERMEINZIMMERBETRITTBEGEBENHEITEN  
 AUSMEINEMLEBENDAMITERMICHTROTZDESIHNHINDERNDENGUCKLOCHESKENN  
 ENLERNTDERGUTESCHEINTMEINEERZAHLUNGENZUSCHATZENDENN SOBALDICH



HMETWASVORGELOGENHABEZEIGTERMIRUMSICHERKENNTLICHZUGEBENSEINN  
EUESTESKNOTENGEBILDEOBEREINKUNSTLERISTBLEIBEDAHINGESTELLTEINEAU  
SSTELLUNGSEINERKREATIONENWURDEJEDOCHVONDERPRESSEGUTAUFGENOM  
MENWERDENAUCHEINIGEKAUFERHERBEILOCKENERKNOTETORDINAREBINDFAD  
ENDIEERNACHDENBESUCHSSTUNDENINDENZIMMERNSEINERPATIENTENSAMMEL  
TUNDENTWIRRTZUVIELSCHICHTIGVERKNORPELTENGESPENSTERNTAUCHTDIES  
EDANNINGIPSLASSTSIEERSTARRENUNDSPIESSTSIEMITSTRICKNADELNDIEAUFHO  
LZSOCKELCHENBEFESTIGTSINDOFTSPIELTERMITDEMGEDANKENSEINEWERKEF  
ARBIGZUGESTALTENICHRATEDAVONABWEISEAUFMEINWEISSLACKIERTESMETA  
LLBETTHINUNDBITTEIHNSICHDIESESVOLLKOMMENSTEBETTBUNTBEMALTVORZ  
USTELLENENTSETZTSCHLAGTERDANNSEINEPFLEGERHANDEUBERDEMKOPFZUS  
AMMENVERSUCHTINETWASZUSTARREMGESICHTALLENSCHRECKENGLEICHZEITI  
GAUSDRUCKZUGEBENUNDNIMMTABSTANDVONSEINENFARBIGENPLANENMEINW  
EISSLACKIERTESMETALLENESANSTALTSBETTISTALSOEINMASSSTABMIRISTESSO  
GARMEHRMEINBETTISTDASENDLICHERREICHTEZIELMEINTROSTISTESUNDKONN  
TEMEINGLAUBWERDENWENN MIRDIEANSTALTSLEITUNGERLAUBTEEINIGEAND  
ERUNGENVORZUNEHMENDASBETTGITTERMOCHTEICHERHOHENLASSENDAMITM  
IRNIEMANDMEHRZUNAHETRITTEINMALINDERWOCHEUNTERBRICHTEINBESUCHS  
TAGMEINEZWISCHENWEISSENMETALLSTABENGEFLOCHTENESTILLEDANNKOMM  
ENSIEDIEMICHRETTENWOLLENDENENESSPASSMACHTMICHZULIEBENDIESICHINM  
IRSCHATZENACHTENUNDKENNENLERNENMOCHTENWIEBLINDNERVOSWIEUNERZ  
OGENSIESINDKRATZENMITIHRENFINGERNAGELSCHERENANMEINEMWEISSLACKI  
ERTENBETTGITTERKRITZELNMITIHRENKUGELSCHREIBERNUNDBLAUSTIFTENDE  
MLADELANGGEZOGENEUNANSTANDIGESTRICHMANNCHENMEINANWALTSTULPT  
JEDESMALSOBALDERMITSEINEMHALLODASZIMMERSPRENGTDENNYLONHUTUBE  
RDENLINKENPFOSTENAMFUSSENDEMEINESBETTESSOLANGESEINBESUCHWAHRT  
UNDANWALTEWISSENVIELZUERZAHLENRAUBTERMIRDURCHDIESENGEWALTAKT  
DASGLEICHGEWICHTUND DIEHEITERKEITNACHDEMMEINEBESUCHERIHREGESCH  
ENKEAUFDEMWEISSENMITWACHSTUCHBEZOGENENTISCHCHENUNTERDEMANEM  
ONENAQUARELLDEPONIERTHABENNACHDEMESIHNENGELUNGENISTMIRIHREGE  
RADELAUFENDENODERGEPLANTENRETTUNGSVERSUCHEZUUNTERBREITENUND  
MICHDENSIEUNERMUDLICHRETTENWOLLENVOMHOHENSTANDARDIHRERNACHS  
TENLIEBEZUUBERZEUGENFINDENSIEWIEDERSPASSANDEREIGENENEXISTENZUND  
VERLASSENMICHDANNKOMMTMEINPFLEGERUMZULUFTENUNDDIEBINDFADEND  
ERGESCHENKPACKUNGENEINZUSAMMELNOFTMALSFINDETERNACHDEMLUFTEN  
NOCHZEITANMEINEMBETTSITZENDBINDFADENAUF DROSELNDSOLANGESTILLEZU  
VERBREITENBISICHDIESTILLEBRUNOUNDBRUNODIESTILLENENNEBRUNOMUNST  
ERBERGICHMEINEJETZTMEINENPFLEGERLASSEDASWORTSPIELHINTERMIRKAUF  
TEAUFMEINERECHNUNGFUNFHUNDERTBLATTSCHREIBPAPIERBRUNODERUNVER  
HEIRATETKINDERLOSISTUNDAUSDEMSAUERLANDSTAMMTWIRDSOLLTEDEVOR  
RATNICHTREICHENDIEKLEINESCHREIBWARENHANDLUNGINDERAUCHKINDERSP  
IELZEUGVERKAUFTWIRDNOCHEINMALAUFSUCHENUNDMIRDENNOTWENDIGENU  
NLINIERTENPLATZFURMEINHOFFENTLICHGENAUESERINNERUNGSVERMOGENBE  
SCHAFFENNIEMALSHATTEICHMEINEBESUCHERETWADENANWALTODERKLEPPU

MDIESENDIENSTBITTENKONNENBESORGTEMIRVERORDNETELIEBEHATTEDENFR  
EUNDENSICHERVERBOTENETWASSOGEFAHRLICHESWIEUNBESCHRIEBENESPAPI  
ERMITZUBRINGENUNDMEINEMUNABLASSIGSILBENAUSSCHEIDENDENGEISTZUMG  
EBRAUCHFREIZUGEBENALSICHZUBRUNOSAGTEACHBRUNOWURDESTDUMIRFUNF  
HUNDERTBLATTUNSCHULDIGESPAPIERKAUFENANTWORTETEBRUNOZURZIMME  
RDECKEBLICKENDUNDSEINENZEIGEFINGEREINENVERGLEICHHERAUSFORDERND  
INDIEGLEICHERICHTUNGSSCHICKENDSIEMEINENWEISSESPAPIERHERROSKAR

## A.5 Diffie-Hellman

Gezamenlijke sleutel:

76755567381519549143666616401510211097526907381540

Geheime sleutels:

29118405404220459917506399212097843017814710983140 (Annie)

42146349908839709291089275597341571419432358218840 (Boris)