

1. Introduction

On présente une simulation, à l'aide de la bibliothèque Qiskit, d'un algorithme quantique inspiré de l'algorithme de Grover pour rechercher des décompositions de Goldbach. Pour un entier pair n donné, on crée une superposition uniforme de tous les entiers impairs p tels que $3 \leq p \leq n/2$, on utilise un oracle qui marque les états pour lesquels p et $q = n - p$ sont tous deux premiers, et on applique une itération de l'algorithme de Grover pour amplifier la probabilité de mesurer un état marqué.

2. Programme Qiskit

```
"""
Simulation quantique de la conjecture de Goldbach
Version finale      Avec visualisation des circuits pour certains n
Necessite : pip install qiskit qiskit-aer
Denise Vella-Chemla, juillet 2026
"""

from qiskit import QuantumCircuit, transpile
from qiskit_aer import Aer
import numpy as np
import time

def premier(x):
    """Test de primalité classique (pour de très petits nombres)."""
    if x < 2:
        return False
    for i in range(2, int(np.sqrt(x)) + 1):
        if x % i == 0:
            return False
    return True

def circuit_goldbach(n):
    """Prépare un circuit quantique pour la conjecture de Goldbach."""
    p_vals = [p for p in range(3, n//2 + 1, 2)]
    m = len(p_vals)

    if m == 0:
        return None

    n_qubits = max(1, int(np.ceil(np.log2(m))))

    oracle = np.eye(2**n_qubits)
    for k in range(m):
        p = p_vals[k]
        q = n - p
        if premier(p) and premier(q):
            oracle[k, k] = -1
```

```

qc = QuantumCircuit(n_qubits, n_qubits)
qc.h(range(n_qubits))
qc.unitary(oracle, range(n_qubits), label="Oracle")
qc.h(range(n_qubits))
qc.x(range(n_qubits))
qc.h(n_qubits - 1)
qc.mcx(list(range(n_qubits - 1)), n_qubits - 1)
qc.h(n_qubits - 1)
qc.x(range(n_qubits))
qc.h(range(n_qubits))
qc.measure(range(n_qubits), range(n_qubits))

return qc, p_vals

# ===== EXECUTION =====
if __name__ == "__main__":
    tic = time.time()
    VISUALISER = [6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 98]
    N_MAX = 104

    print("==== Simulation quantique pour la conjecture de Goldbach ====\n")

    for n_test in range(6, N_MAX + 1, 2):
        resultat = circuit_goldbach(n_test)
        if resultat is None:
            continue

        qc, p_vals = resultat
        m = len(p_vals)
        n_qubits = max(1, int(np.ceil(np.log2(m))))
        nb_goldbach = sum(1 for p in p_vals if premier(p) and premier(n_test - p))

        print(f"—— n = {n_test} ——")
        print(f"  p dans [3, {n_test//2}] : {p_vals}")
        print(f"  Nombre de d compositions de Goldbach : {nb_goldbach}")
        print(f"  Qubits : {n_qubits} (espace de {2**n_qubits} tats ,
                        {m} utilis s)")

    # Visualisation du circuit pour certains n
    if n_test in VISUALISER:
        print(f"\n  Circuit quantique ({n_qubits} qubit(s)) :")
        print(qc.draw())
        print()

    # Ex cution sur le simulateur
    simulator = Aer.get_backend('aer_simulator')
    qc_compiled = transpile(qc, simulator)
    job = simulator.run(qc_compiled, shots=1024)
    counts = job.result().get_counts()

    print(f"  R sultats des mesures (1024 tirs) :")
    for bitstring, count in sorted(counts.items(), key=lambda x: -x[1]):
        k = int(bitstring, 2)
        if k < m:

```

```

p = p_vals[k]
q = n_test - p
if premier(p) and premier(q):
    statut = "a (GOLDBACH !)"
elif premier(p) and not premier(q):
    statut = "c"
elif not premier(p) and premier(q):
    statut = "b"
else:
    statut = "d"
print(f"      |{ bitstring}> (k={k}) : p={p}, q={q} -> {statut} : *
      {count} tirs")
print()
tac = time.time()
print('execution en ',tac-tic, ' s.')
```

3. Circuits quantiques pour quelques valeurs de n

3.1. $n = 6$ (1 qubit)

Le circuit comporte un seul qubit. Il y a $m = 1$ valeur de p : $p = 3$, $q = 3$. Comme 3 est premier, l'unique état $|0\rangle$ est marqué par l'oracle.

3.2. $n = 10$ (1 qubit)

$m = 2$ valeurs de p : 3 et 5. Les deux donnent des décompositions de Goldbach ($3 + 7$ et $5 + 5$). Les deux états $|0\rangle$ et $|1\rangle$ sont marqués.

3.3. $n = 14$ (2 qubits)

$m = 3$ valeurs de p : 3, 5, 7. Deux décompositions de Goldbach : $3+11$ et $7+7$. L'état $|1\rangle$ ($p = 5, 5+9$) n'est pas marqué.

3.4. $n = 98$ (5 qubits)

$m = 24$ valeurs de p . L'espace quantique comporte $2^5 = 32$ états, dont 24 sont utilisés. Les 8 états supplémentaires correspondent à des indices hors liste et ne sont pas marqués. Les décompositions de Goldbach de 98 sont nombreuses : $19 + 79$, $31 + 67$, $37 + 61$, etc.

4. Conclusion

Cette simulation illustre le principe de l'algorithme de Grover appliqué à un problème arithmétique. Bien que limitée à de petites valeurs de n par la simulation classique (le nombre de qubits croît logarithmiquement avec $n/4$), elle montre comment la superposition quantique et l'amplification de Grover peuvent être utilisées pour rechercher des décompositions de Goldbach.

Cette approche ne constitue pas une démonstration de la conjecture, mais elle offre une reformulation originale du problème dans le langage du calcul quantique, en exploitant l'intrication entre p et $q = n - p$ pour sonder simultanément toutes les décompositions possibles.

5. Annexe : Résultat de l'exécution du programme quantique pour la conjecture de Goldbach

Je commence par fournir ci-dessous les copies d'écran des circuits générés avec des caractères spéciaux que je n'arrive pas à intégrer correctement en L^AT_EX . Je n'ai fait générer les circuits que pour les nombres et 98.

```
--- n = 6 ---  
p dans [3, 3] : [3]  
Nombre de décompositions de Goldbach : 1  
Qubits : 1 (espace de 2 états, 1 utilisés)  
  
Circuit quantique (1 qubit(s)) :  
q: ──[ H ]──[ Oracle ]──[ H ]──[ X ]──[ H ]──[ X ]──[ H ]──[ X ]──[ H ]──[ M ]──┐  
c: 1/═══════════════════════════════════════════════════════════════════════0
```

Résultats des mesures (1024 tirs) :

|0> (k=0) : p=3, q=3 -> a (GOLDBACH !) : 508 tirs

```
--- n = 8 ---  
p dans [3, 4] : [3]  
Nombre de décompositions de Goldbach : 1  
Qubits : 1 (espace de 2 états, 1 utilisés)  
  
Circuit quantique (1 qubit(s)) :  
  
q: ┌ H ─ Oracle ─ H ─ X ─ H ─ X ─ H ─ X ─ H ─ M ┐  
c: 1/═══════════════════════════════════════════0
```

Résultats des mesures (1024 tirs) :

|0> (k=0) : p=3, q=5 -> a (GOLDBACH !) : 503 tirs

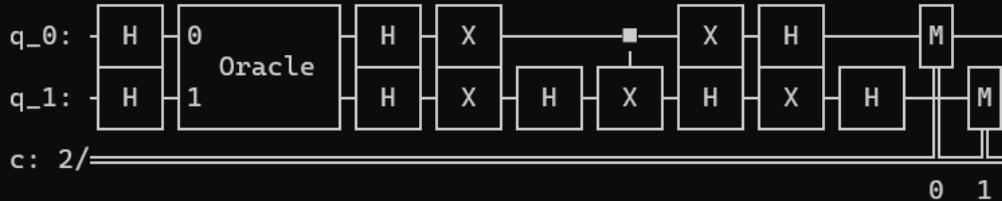
--- n = 18 ---

p dans [3, 9] : [3, 5, 7, 9]

Nombre de décompositions de Goldbach : 2

Qubits : 2 (espace de 4 états, 4 utilisés)

Circuit quantique (2 qubit(s)) :



Résultats des mesures (1024 tirs) :

|01> (k=1) : p=5, q=13 -> a (GOLDBACH !) : 263 tirs

|00> (k=0) : p=3, q=15 -> c : 260 tirs

|10> (k=2) : p=7, q=11 -> a (GOLDBACH !) : 251 tirs

|11> (k=3) : p=9, q=9 -> d : 250 tirs

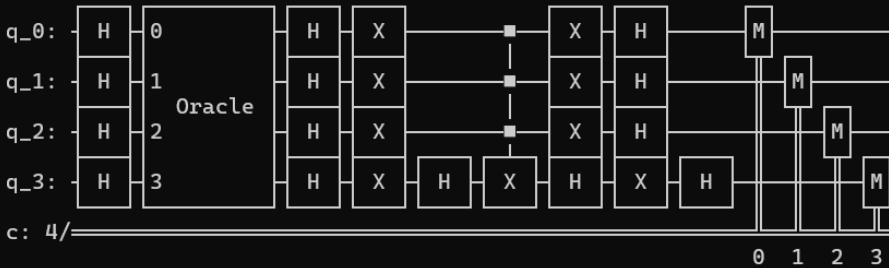
--- n = 68 ---

p dans [3, 34] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33]

Nombre de décompositions de Goldbach : 2

Qubits : 4 (espace de 16 états, 16 utilisés)

Circuit quantique (4 qubit(s)) :



Résultats des mesures (1024 tirs) :

|0010> (k=2) : p=7, q=61 -> a (GOLDBACH !) : 402 tirs

|1110> (k=14) : p=31, q=37 -> a (GOLDBACH !) : 399 tirs

|0001> (k=1) : p=5, q=63 -> c : 23 tirs

|0111> (k=7) : p=17, q=51 -> c : 22 tirs

|1101> (k=13) : p=29, q=39 -> c : 19 tirs

|1001> (k=9) : p=21, q=47 -> b : 18 tirs

|1100> (k=12) : p=27, q=41 -> b : 18 tirs

|1111> (k=15) : p=33, q=35 -> d : 17 tirs

|0110> (k=6) : p=15, q=53 -> b : 17 tirs

|0100> (k=4) : p=11, q=57 -> c : 15 tirs

|0101> (k=5) : p=13, q=55 -> c : 14 tirs

|1000> (k=8) : p=19, q=49 -> c : 13 tirs

|0011> (k=3) : p=9, q=59 -> b : 13 tirs

|1010> (k=10) : p=23, q=45 -> c : 12 tirs

|0000> (k=0) : p=3, q=65 -> c : 11 tirs

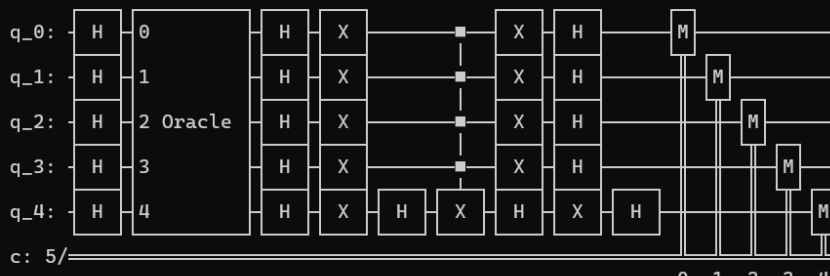
|1011> (k=11) : p=25, q=43 -> b : 11 tirs

```

--- n = 98 ---
p dans [3, 49] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39, 41, 43, 45, 47, 49]
Nombre de décompositions de Goldbach : 3
Qubits : 5 (espace de 32 états, 24 utilisés)

Circuit quantique (5 qubit(s)) :

```



```

c: 5/
0 1 2 3 4

Résultats des mesures (1024 tirs) :
|01000> (k=8) : p=19, q=79 -> a (GOLDBACH !) : 234 tirs
|10001> (k=17) : p=37, q=61 -> a (GOLDBACH !) : 223 tirs
|01110> (k=14) : p=31, q=67 -> a (GOLDBACH !) : 222 tirs
|00001> (k=1) : p=5, q=93 -> c : 18 tirs
|10011> (k=19) : p=41, q=57 -> c : 17 tirs
|10010> (k=18) : p=39, q=59 -> b : 17 tirs
|10110> (k=22) : p=47, q=51 -> c : 17 tirs
|00011> (k=3) : p=9, q=89 -> b : 16 tirs
|10111> (k=23) : p=49, q=49 -> d : 14 tirs
|00010> (k=2) : p=7, q=91 -> c : 13 tirs
|01010> (k=10) : p=23, q=75 -> c : 13 tirs
|00100> (k=4) : p=11, q=87 -> c : 12 tirs
|00000> (k=0) : p=3, q=95 -> c : 10 tirs
|10100> (k=20) : p=43, q=55 -> c : 10 tirs
|01101> (k=13) : p=29, q=69 -> c : 9 tirs
|01001> (k=9) : p=21, q=77 -> d : 9 tirs
|00111> (k=7) : p=17, q=81 -> c : 9 tirs
|00110> (k=6) : p=15, q=83 -> b : 9 tirs
|00101> (k=5) : p=13, q=85 -> c : 8 tirs
|01100> (k=12) : p=27, q=71 -> b : 8 tirs
|10000> (k=16) : p=35, q=63 -> d : 7 tirs
|01011> (k=11) : p=25, q=73 -> b : 7 tirs
|10101> (k=21) : p=45, q=53 -> b : 6 tirs
|01111> (k=15) : p=33, q=65 -> d : 4 tirs

```

== Simulation quantique pour la conjecture de Goldbach ==

```

--- n = 6 ---
p dans [3, 3] : [3]
Nombre de d compositions de Goldbach : 1
Qubits : 1 (espace de 2 tats , 1 utilis s)

Circuit quantique (1 qubit(s)) :
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|0> (k=0) : p=3, q=3 -> a (GOLDBACH !) : 525 tirs

execution en 0.12746238708496094 s.

--- n = 8 ---
p dans [3, 4] : [3]
Nombre de d compositions de Goldbach : 1
Qubits : 1 (espace de 2 tats , 1 utilis s)

Circuit quantique (1 qubit(s)) :
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|0> (k=0) : p=3, q=5 -> a (GOLDBACH !) : 499 tirs

```



```

execution en 0.21678566932678223 s.
— n = 10 —
p dans [3, 5] : [3, 5]
Nombre de d compositions de Goldbach : 2
Qubits : 1 (espace de 2 tats , 2 utilis s)

Circuit quantique (1 qubit(s)) :
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|0> (k=0) : p=3, q=7 -> a ( GOLDBACH ! ) : 513 tirs
|1> (k=1) : p=5, q=5 -> a ( GOLDBACH ! ) : 511 tirs

execution en 0.3116300106048584 s.
— n = 12 —
p dans [3, 6] : [3, 5]
Nombre de d compositions de Goldbach : 1
Qubits : 1 (espace de 2 tats , 2 utilis s)

Circuit quantique (1 qubit(s)) :
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|0> (k=0) : p=3, q=9 -> c : 514 tirs
|1> (k=1) : p=5, q=7 -> a ( GOLDBACH ! ) : 510 tirs

execution en 0.4037034511566162 s.
— n = 14 —
p dans [3, 7] : [3, 5, 7]
Nombre de d compositions de Goldbach : 2
Qubits : 2 (espace de 4 tats , 3 utilis s)

Circuit quantique (2 qubit(s)) :
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|00> (k=0) : p=3, q=11 -> a ( GOLDBACH ! ) : 255 tirs
|10> (k=2) : p=7, q=7 -> a ( GOLDBACH ! ) : 255 tirs
|01> (k=1) : p=5, q=9 -> c : 251 tirs

execution en 0.49207615852355957 s.
— n = 16 —
p dans [3, 8] : [3, 5, 7]
Nombre de d compositions de Goldbach : 2
Qubits : 2 (espace de 4 tats , 3 utilis s)

Circuit quantique (2 qubit(s)) :
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|10> (k=2) : p=7, q=9 -> c : 266 tirs
|01> (k=1) : p=5, q=11 -> a ( GOLDBACH ! ) : 248 tirs
|00> (k=0) : p=3, q=13 -> a ( GOLDBACH ! ) : 247 tirs

execution en 0.5857114791870117 s.
— n = 18 —
p dans [3, 9] : [3, 5, 7, 9]
Nombre de d compositions de Goldbach : 2
Qubits : 2 (espace de 4 tats , 4 utilis s)

Circuit quantique (2 qubit(s)) :
R sultats des mesures (1024 tirs) :

```

```

|01> (k=1) : p=5, q=13 -> a ( GOLDBACH ! ) : 259 tirs
|11> (k=3) : p=9, q=9 -> d : 256 tirs
|10> (k=2) : p=7, q=11 -> a ( GOLDBACH ! ) : 255 tirs
|00> (k=0) : p=3, q=15 -> c : 254 tirs

```

execution en 0.6696131229400635 s.

— n = 20 —

```

p dans [3, 10] : [3, 5, 7, 9]
Nombre de d compositions de Goldbach : 2
Qubits : 2 (espace de 4 tats , 4 utilis s)
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|11> (k=3) : p=9, q=11 -> b : 282 tirs
|01> (k=1) : p=5, q=15 -> c : 249 tirs
|00> (k=0) : p=3, q=17 -> a ( GOLDBACH ! ) : 247 tirs
|10> (k=2) : p=7, q=13 -> a ( GOLDBACH ! ) : 246 tirs

```

execution en 0.7485253810882568 s.

— n = 22 —

```

p dans [3, 11] : [3, 5, 7, 9, 11]
Nombre de d compositions de Goldbach : 3
Qubits : 3 (espace de 8 tats , 5 utilis s)
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|100> (k=4) : p=11, q=11 -> a ( GOLDBACH ! ) : 299 tirs
|001> (k=1) : p=5, q=17 -> a ( GOLDBACH ! ) : 293 tirs
|000> (k=0) : p=3, q=19 -> a ( GOLDBACH ! ) : 292 tirs
|011> (k=3) : p=9, q=13 -> b : 36 tirs
|010> (k=2) : p=7, q=15 -> c : 30 tirs

```

execution en 0.8347971439361572 s.

— n = 24 —

```

p dans [3, 12] : [3, 5, 7, 9, 11]
Nombre de d compositions de Goldbach : 3
Qubits : 3 (espace de 8 tats , 5 utilis s)
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|100> (k=4) : p=11, q=13 -> a ( GOLDBACH ! ) : 307 tirs
|010> (k=2) : p=7, q=17 -> a ( GOLDBACH ! ) : 288 tirs
|001> (k=1) : p=5, q=19 -> a ( GOLDBACH ! ) : 276 tirs
|011> (k=3) : p=9, q=15 -> d : 32 tirs
|000> (k=0) : p=3, q=21 -> c : 31 tirs

```

execution en 0.913032054901123 s.

— n = 26 —

```

p dans [3, 13] : [3, 5, 7, 9, 11, 13]
Nombre de d compositions de Goldbach : 3
Qubits : 3 (espace de 8 tats , 6 utilis s)
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|101> (k=5) : p=13, q=13 -> a ( GOLDBACH ! ) : 294 tirs
|000> (k=0) : p=3, q=23 -> a ( GOLDBACH ! ) : 284 tirs
|010> (k=2) : p=7, q=19 -> a ( GOLDBACH ! ) : 276 tirs
|001> (k=1) : p=5, q=21 -> c : 39 tirs
|100> (k=4) : p=11, q=15 -> c : 33 tirs
|011> (k=3) : p=9, q=17 -> b : 28 tirs

```

execution en 0.9982142448425293 s.

— n = 28 —

```

p dans [3, 14] : [3, 5, 7, 9, 11, 13]
Nombre de d compositions de Goldbach : 2
Qubits : 3 (espace de 8 tats , 6 utilis s)
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|100> (k=4) : p=11, q=17 -> a (GOLDBACH !) : 527 tirs
|001> (k=1) : p=5, q=23 -> a (GOLDBACH !) : 497 tirs

execution en 1.0841550827026367 s.
— n = 30 —
p dans [3, 15] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15]
Nombre de d compositions de Goldbach : 3
Qubits : 3 (espace de 8 tats , 7 utilis s)
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|100> (k=4) : p=11, q=19 -> a (GOLDBACH !) : 296 tirs
|101> (k=5) : p=13, q=17 -> a (GOLDBACH !) : 288 tirs
|010> (k=2) : p=7, q=23 -> a (GOLDBACH !) : 280 tirs
|011> (k=3) : p=9, q=21 -> d : 36 tirs
|000> (k=0) : p=3, q=27 -> c : 34 tirs
|001> (k=1) : p=5, q=25 -> c : 34 tirs
|110> (k=6) : p=15, q=15 -> d : 25 tirs

execution en 1.168377161026001 s.
— n = 32 —
p dans [3, 16] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15]
Nombre de d compositions de Goldbach : 2
Qubits : 3 (espace de 8 tats , 7 utilis s)
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|101> (k=5) : p=13, q=19 -> a (GOLDBACH !) : 543 tirs
|000> (k=0) : p=3, q=29 -> a (GOLDBACH !) : 481 tirs

execution en 1.2515654563903809 s.
— n = 34 —
p dans [3, 17] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17]
Nombre de d compositions de Goldbach : 4
Qubits : 3 (espace de 8 tats , 8 utilis s)
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|010> (k=2) : p=7, q=27 -> c : 138 tirs
|001> (k=1) : p=5, q=29 -> a (GOLDBACH !) : 134 tirs
|111> (k=7) : p=17, q=17 -> a (GOLDBACH !) : 133 tirs
|011> (k=3) : p=9, q=25 -> d : 132 tirs
|000> (k=0) : p=3, q=31 -> a (GOLDBACH !) : 127 tirs
|101> (k=5) : p=13, q=21 -> c : 123 tirs
|110> (k=6) : p=15, q=19 -> b : 122 tirs
|100> (k=4) : p=11, q=23 -> a (GOLDBACH !) : 115 tirs

execution en 1.3313846588134766 s.
— n = 36 —
p dans [3, 18] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17]
Nombre de d compositions de Goldbach : 4
Qubits : 3 (espace de 8 tats , 8 utilis s)
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|011> (k=3) : p=9, q=27 -> d : 146 tirs
|001> (k=1) : p=5, q=31 -> a (GOLDBACH !) : 141 tirs
|110> (k=6) : p=15, q=21 -> d : 139 tirs
|101> (k=5) : p=13, q=23 -> a (GOLDBACH !) : 129 tirs

```

```

|010> (k=2) : p=7, q=29 -> a (GOLDBACH !) : 120 tirs
|000> (k=0) : p=3, q=33 -> c : 118 tirs
|100> (k=4) : p=11, q=25 -> c : 116 tirs
|111> (k=7) : p=17, q=19 -> a (GOLDBACH !) : 115 tirs

```

execution en 1.4105641841888428 s.

— n = 38 —

```

p dans [3, 19] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19]
Nombre de d compositions de Goldbach : 2
Qubits : 4 (espace de 16 tats , 9 utilis s)
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|1000> (k=8) : p=19, q=19 -> a (GOLDBACH !) : 410 tirs
|0010> (k=2) : p=7, q=31 -> a (GOLDBACH !) : 397 tirs
|0110> (k=6) : p=15, q=23 -> b : 16 tirs
|0011> (k=3) : p=9, q=29 -> b : 16 tirs
|0111> (k=7) : p=17, q=21 -> c : 16 tirs
|0001> (k=1) : p=5, q=33 -> c : 12 tirs
|0000> (k=0) : p=3, q=35 -> c : 11 tirs
|0100> (k=4) : p=11, q=27 -> c : 11 tirs
|0101> (k=5) : p=13, q=25 -> c : 10 tirs

```

execution en 1.481755256652832 s.

— n = 40 —

```

p dans [3, 20] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19]
Nombre de d compositions de Goldbach : 3
Qubits : 4 (espace de 16 tats , 9 utilis s)
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|0111> (k=7) : p=17, q=23 -> a (GOLDBACH !) : 330 tirs
|0000> (k=0) : p=3, q=37 -> a (GOLDBACH !) : 326 tirs
|0100> (k=4) : p=11, q=29 -> a (GOLDBACH !) : 312 tirs
|0011> (k=3) : p=9, q=31 -> b : 7 tirs
|0101> (k=5) : p=13, q=27 -> c : 6 tirs
|0010> (k=2) : p=7, q=33 -> c : 5 tirs
|0110> (k=6) : p=15, q=25 -> d : 4 tirs
|0001> (k=1) : p=5, q=35 -> c : 3 tirs
|1000> (k=8) : p=19, q=21 -> c : 3 tirs

```

execution en 1.5727207660675049 s.

— n = 42 —

```

p dans [3, 21] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21]
Nombre de d compositions de Goldbach : 4
Qubits : 4 (espace de 16 tats , 10 utilis s)
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|1000> (k=8) : p=19, q=23 -> a (GOLDBACH !) : 281 tirs
|0100> (k=4) : p=11, q=31 -> a (GOLDBACH !) : 271 tirs
|0001> (k=1) : p=5, q=37 -> a (GOLDBACH !) : 239 tirs
|0101> (k=5) : p=13, q=29 -> a (GOLDBACH !) : 233 tirs

```

execution en 1.6552345752716064 s.

— n = 44 —

```

p dans [3, 22] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21]
Nombre de d compositions de Goldbach : 3
Qubits : 4 (espace de 16 tats , 10 utilis s)
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|0000> (k=0) : p=3, q=41 -> a (GOLDBACH !) : 332 tirs

```

```

|0101> (k=5) : p=13, q=31 -> a (GOLDBACH !) : 328 tirs
|0010> (k=2) : p=7, q=37 -> a (GOLDBACH !) : 318 tirs
|1000> (k=8) : p=19, q=25 -> c : 7 tirs
|0111> (k=7) : p=17, q=27 -> c : 7 tirs
|0001> (k=1) : p=5, q=39 -> c : 2 tirs
|0011> (k=3) : p=9, q=35 -> d : 2 tirs
|1001> (k=9) : p=21, q=23 -> b : 1 tirs
|0110> (k=6) : p=15, q=29 -> b : 1 tirs
|0100> (k=4) : p=11, q=33 -> c : 1 tirs

```

execution en 1.7355587482452393 s.

— n = 46 —

```

p dans [3, 23] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23]
Nombre de d compositions de Goldbach : 4
Qubits : 4 (espace de 16 tats , 11 utilis s)
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|1010> (k=10) : p=23, q=23 -> a (GOLDBACH !) : 280 tirs
|0111> (k=7) : p=17, q=29 -> a (GOLDBACH !) : 265 tirs
|0001> (k=1) : p=5, q=41 -> a (GOLDBACH !) : 240 tirs
|0000> (k=0) : p=3, q=43 -> a (GOLDBACH !) : 239 tirs

```

execution en 1.8144330978393555 s.

— n = 48 —

```

p dans [3, 24] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23]
Nombre de d compositions de Goldbach : 5
Qubits : 4 (espace de 16 tats , 11 utilis s)
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|0010> (k=2) : p=7, q=41 -> a (GOLDBACH !) : 217 tirs
|0001> (k=1) : p=5, q=43 -> a (GOLDBACH !) : 204 tirs
|0111> (k=7) : p=17, q=31 -> a (GOLDBACH !) : 200 tirs
|1000> (k=8) : p=19, q=29 -> a (GOLDBACH !) : 198 tirs
|0100> (k=4) : p=11, q=37 -> a (GOLDBACH !) : 166 tirs
|1010> (k=10) : p=23, q=25 -> c : 6 tirs
|0011> (k=3) : p=9, q=39 -> d : 4 tirs
|0110> (k=6) : p=15, q=33 -> d : 4 tirs
|1001> (k=9) : p=21, q=27 -> d : 4 tirs
|0101> (k=5) : p=13, q=35 -> c : 3 tirs
|0000> (k=0) : p=3, q=45 -> c : 2 tirs

```

execution en 1.89215087890625 s.

— n = 50 —

```

p dans [3, 25] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25]
Nombre de d compositions de Goldbach : 4
Qubits : 4 (espace de 16 tats , 12 utilis s)
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|0101> (k=5) : p=13, q=37 -> a (GOLDBACH !) : 282 tirs
|0010> (k=2) : p=7, q=43 -> a (GOLDBACH !) : 254 tirs
|0000> (k=0) : p=3, q=47 -> a (GOLDBACH !) : 253 tirs
|1000> (k=8) : p=19, q=31 -> a (GOLDBACH !) : 235 tirs

```

execution en 1.9761435985565186 s.

— n = 52 —

```

p dans [3, 26] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25]
Nombre de d compositions de Goldbach : 3
Qubits : 4 (espace de 16 tats , 12 utilis s)

```

R sultats des mesures (1024 tirs) :

```

|1010> (k=10) : p=23, q=29 -> a ( GOLDBACH ! ) : 352 tirs
|0001> (k=1) : p=5, q=47 -> a ( GOLDBACH ! ) : 316 tirs
|0100> (k=4) : p=11, q=41 -> a ( GOLDBACH ! ) : 312 tirs
|0011> (k=3) : p=9, q=43 -> b : 7 tirs
|1001> (k=9) : p=21, q=31 -> b : 5 tirs
|0010> (k=2) : p=7, q=45 -> c : 4 tirs
|0101> (k=5) : p=13, q=39 -> c : 4 tirs
|0000> (k=0) : p=3, q=49 -> c : 2 tirs
|0110> (k=6) : p=15, q=37 -> b : 2 tirs
|0111> (k=7) : p=17, q=35 -> c : 2 tirs
|1000> (k=8) : p=19, q=33 -> c : 2 tirs
|1011> (k=11) : p=25, q=27 -> d : 1 tirs

```

execution en 2.0570154190063477 s.

— n = 54 —

p dans [3, 27] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27]

Nombre de d compositions de Goldbach : 5

Qubits : 4 (espace de 16 tats , 13 utilis s)

R sultats des mesures (1024 tirs) :

```

|0101> (k=5) : p=13, q=41 -> a ( GOLDBACH ! ) : 207 tirs
|0100> (k=4) : p=11, q=43 -> a ( GOLDBACH ! ) : 202 tirs
|0111> (k=7) : p=17, q=37 -> a ( GOLDBACH ! ) : 200 tirs
|0010> (k=2) : p=7, q=47 -> a ( GOLDBACH ! ) : 195 tirs
|1010> (k=10) : p=23, q=31 -> a ( GOLDBACH ! ) : 177 tirs
|1011> (k=11) : p=25, q=29 -> b : 7 tirs
|0000> (k=0) : p=3, q=51 -> c : 5 tirs
|0011> (k=3) : p=9, q=45 -> d : 3 tirs
|0110> (k=6) : p=15, q=39 -> d : 3 tirs
|1001> (k=9) : p=21, q=33 -> d : 3 tirs
|1100> (k=12) : p=27, q=27 -> d : 3 tirs
|1000> (k=8) : p=19, q=35 -> c : 2 tirs

```

execution en 2.1348583698272705 s.

— n = 56 —

p dans [3, 28] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27]

Nombre de d compositions de Goldbach : 3

Qubits : 4 (espace de 16 tats , 13 utilis s)

R sultats des mesures (1024 tirs) :

```

|0101> (k=5) : p=13, q=43 -> a ( GOLDBACH ! ) : 333 tirs
|1000> (k=8) : p=19, q=37 -> a ( GOLDBACH ! ) : 332 tirs
|0000> (k=0) : p=3, q=53 -> a ( GOLDBACH ! ) : 313 tirs
|0110> (k=6) : p=15, q=41 -> b : 8 tirs
|0010> (k=2) : p=7, q=49 -> c : 6 tirs
|0111> (k=7) : p=17, q=39 -> c : 5 tirs
|1010> (k=10) : p=23, q=33 -> c : 4 tirs
|0001> (k=1) : p=5, q=51 -> c : 3 tirs
|0011> (k=3) : p=9, q=47 -> b : 3 tirs
|1011> (k=11) : p=25, q=31 -> b : 3 tirs
|0100> (k=4) : p=11, q=45 -> c : 2 tirs
|1001> (k=9) : p=21, q=35 -> d : 1 tirs

```

execution en 2.2151401042938232 s.

— n = 58 —

p dans [3, 29] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29]

Nombre de d compositions de Goldbach : 4
 Qubits : 4 (espace de 16 tats , 14 utilis s)
 R sultats des mesures (1024 tirs) :
 |0111> (k=7) : p=17, q=41 → a (GOLDBACH !) : 265 tirs
 |1101> (k=13) : p=29, q=29 → a (GOLDBACH !) : 257 tirs
 |0100> (k=4) : p=11, q=47 → a (GOLDBACH !) : 253 tirs
 |0001> (k=1) : p=5, q=53 → a (GOLDBACH !) : 249 tirs

execution en 2.295945882797241 s.

— n = 60 —
 p dans [3, 30] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29]
 Nombre de d compositions de Goldbach : 6
 Qubits : 4 (espace de 16 tats , 14 utilis s)
 R sultats des mesures (1024 tirs) :
 |0111> (k=7) : p=17, q=43 → a (GOLDBACH !) : 164 tirs
 |1010> (k=10) : p=23, q=37 → a (GOLDBACH !) : 145 tirs
 |1000> (k=8) : p=19, q=41 → a (GOLDBACH !) : 144 tirs
 |1101> (k=13) : p=29, q=31 → a (GOLDBACH !) : 140 tirs
 |0101> (k=5) : p=13, q=47 → a (GOLDBACH !) : 137 tirs
 |0010> (k=2) : p=7, q=53 → a (GOLDBACH !) : 137 tirs
 |0110> (k=6) : p=15, q=45 → d : 21 tirs
 |1100> (k=12) : p=27, q=33 → d : 19 tirs
 |0100> (k=4) : p=11, q=49 → c : 16 tirs
 |0001> (k=1) : p=5, q=55 → c : 15 tirs
 |1011> (k=11) : p=25, q=35 → d : 15 tirs
 |1001> (k=9) : p=21, q=39 → d : 15 tirs
 |0011> (k=3) : p=9, q=51 → d : 13 tirs
 |0000> (k=0) : p=3, q=57 → c : 11 tirs

execution en 2.3723347187042236 s.

— n = 62 —
 p dans [3, 31] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31]
 Nombre de d compositions de Goldbach : 3
 Qubits : 4 (espace de 16 tats , 15 utilis s)
 R sultats des mesures (1024 tirs) :
 |1000> (k=8) : p=19, q=43 → a (GOLDBACH !) : 329 tirs
 |1110> (k=14) : p=31, q=31 → a (GOLDBACH !) : 325 tirs
 |0000> (k=0) : p=3, q=59 → a (GOLDBACH !) : 323 tirs
 |1100> (k=12) : p=27, q=35 → d : 7 tirs
 |1001> (k=9) : p=21, q=41 → b : 5 tirs
 |0001> (k=1) : p=5, q=57 → c : 5 tirs
 |0100> (k=4) : p=11, q=51 → c : 5 tirs
 |1101> (k=13) : p=29, q=33 → c : 4 tirs
 |0111> (k=7) : p=17, q=45 → c : 4 tirs
 |1011> (k=11) : p=25, q=37 → b : 3 tirs
 |0011> (k=3) : p=9, q=53 → b : 3 tirs
 |0010> (k=2) : p=7, q=55 → c : 3 tirs
 |1010> (k=10) : p=23, q=39 → c : 3 tirs
 |0101> (k=5) : p=13, q=49 → c : 2 tirs
 |0110> (k=6) : p=15, q=47 → b : 1 tirs

execution en 2.454409599304199 s.

— n = 64 —
 p dans [3, 32] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31]
 Nombre de d compositions de Goldbach : 5

Qubits : 4 (espace de 16 tats , 15 utilis s)
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|0000> (k=0) : p=3, q=61 -> a (GOLDBACH !) : 206 tirs
|0100> (k=4) : p=11, q=53 -> a (GOLDBACH !) : 199 tirs
|0001> (k=1) : p=5, q=59 -> a (GOLDBACH !) : 198 tirs
|1010> (k=10) : p=23, q=41 -> a (GOLDBACH !) : 194 tirs
|0111> (k=7) : p=17, q=47 -> a (GOLDBACH !) : 191 tirs
|1101> (k=13) : p=29, q=35 -> c : 7 tirs
|0110> (k=6) : p=15, q=49 -> d : 5 tirs
|1011> (k=11) : p=25, q=39 -> d : 4 tirs
|0010> (k=2) : p=7, q=57 -> c : 3 tirs
|0101> (k=5) : p=13, q=51 -> c : 3 tirs
|0011> (k=3) : p=9, q=55 -> d : 3 tirs
|1001> (k=9) : p=21, q=43 -> b : 3 tirs
|1000> (k=8) : p=19, q=45 -> c : 2 tirs
|1110> (k=14) : p=31, q=33 -> c : 2 tirs
|1100> (k=12) : p=27, q=37 -> b : 1 tirs

execution en 2.537928819656372 s.

— n = 66 —
p dans [3, 33] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33]
Nombre de d compositions de Goldbach : 6
Qubits : 4 (espace de 16 tats , 16 utilis s)
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|0101> (k=5) : p=13, q=53 -> a (GOLDBACH !) : 163 tirs
|1010> (k=10) : p=23, q=43 -> a (GOLDBACH !) : 156 tirs
|0010> (k=2) : p=7, q=59 -> a (GOLDBACH !) : 154 tirs
|1101> (k=13) : p=29, q=37 -> a (GOLDBACH !) : 144 tirs
|1000> (k=8) : p=19, q=47 -> a (GOLDBACH !) : 137 tirs
|0001> (k=1) : p=5, q=61 -> a (GOLDBACH !) : 129 tirs
|0100> (k=4) : p=11, q=55 -> c : 19 tirs
|0110> (k=6) : p=15, q=51 -> d : 17 tirs
|1001> (k=9) : p=21, q=45 -> d : 17 tirs
|1011> (k=11) : p=25, q=41 -> b : 16 tirs
|1110> (k=14) : p=31, q=35 -> c : 16 tirs
|0111> (k=7) : p=17, q=49 -> c : 15 tirs
|0011> (k=3) : p=9, q=57 -> d : 14 tirs
|0000> (k=0) : p=3, q=63 -> c : 12 tirs
|1111> (k=15) : p=33, q=33 -> d : 12 tirs
|1100> (k=12) : p=27, q=39 -> d : 3 tirs

execution en 2.6162469387054443 s.

— n = 68 —
p dans [3, 34] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33]
Nombre de d compositions de Goldbach : 2
Qubits : 4 (espace de 16 tats , 16 utilis s)
R sultats des mesures (1024 tirs) :
|0010> (k=2) : p=7, q=61 -> a (GOLDBACH !) : 397 tirs
|1110> (k=14) : p=31, q=37 -> a (GOLDBACH !) : 396 tirs
|0000> (k=0) : p=3, q=65 -> c : 22 tirs
|0111> (k=7) : p=17, q=51 -> c : 22 tirs
|1111> (k=15) : p=33, q=35 -> d : 20 tirs
|0101> (k=5) : p=13, q=55 -> c : 19 tirs
|0100> (k=4) : p=11, q=57 -> c : 19 tirs
|1100> (k=12) : p=27, q=41 -> b : 18 tirs


```

|1101> (k=13) : p=29, q=39 -> c : 16 tirs
|0001> (k=1) : p=5, q=63 -> c : 15 tirs
|0110> (k=6) : p=15, q=53 -> b : 14 tirs
|1010> (k=10) : p=23, q=45 -> c : 14 tirs
|1011> (k=11) : p=25, q=43 -> b : 14 tirs
|1001> (k=9) : p=21, q=47 -> b : 13 tirs
|0011> (k=3) : p=9, q=59 -> b : 13 tirs
|1000> (k=8) : p=19, q=49 -> c : 12 tirs

```

execution en 2.69873046875 s.

— n = 70 —

p dans [3, 35] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35]

Nombre de d compositions de Goldbach : 5

Qubits : 5 (espace de 32 tats , 17 utilis s)

R sultats des mesures (1024 tirs) :

```

|00100> (k=4) : p=11, q=59 -> a ( GOLDBACH ! ) : 197 tirs
|01010> (k=10) : p=23, q=47 -> a ( GOLDBACH ! ) : 175 tirs
|01101> (k=13) : p=29, q=41 -> a ( GOLDBACH ! ) : 173 tirs
|00000> (k=0) : p=3, q=67 -> a ( GOLDBACH ! ) : 172 tirs
|00111> (k=7) : p=17, q=53 -> a ( GOLDBACH ! ) : 168 tirs
|00011> (k=3) : p=9, q=61 -> b : 8 tirs
|01000> (k=8) : p=19, q=51 -> c : 7 tirs
|01001> (k=9) : p=21, q=49 -> d : 7 tirs
|00010> (k=2) : p=7, q=63 -> c : 6 tirs
|10000> (k=16) : p=35, q=35 -> d : 6 tirs
|01111> (k=15) : p=33, q=37 -> b : 5 tirs
|00110> (k=6) : p=15, q=55 -> d : 5 tirs
|01110> (k=14) : p=31, q=39 -> c : 4 tirs
|00001> (k=1) : p=5, q=65 -> c : 4 tirs
|00101> (k=5) : p=13, q=57 -> c : 4 tirs
|01011> (k=11) : p=25, q=45 -> d : 3 tirs
|01100> (k=12) : p=27, q=43 -> b : 2 tirs

```

execution en 2.779940366744995 s.

— n = 72 —

p dans [3, 36] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35]

Nombre de d compositions de Goldbach : 6

Qubits : 5 (espace de 32 tats , 17 utilis s)

R sultats des mesures (1024 tirs) :

```

|00001> (k=1) : p=5, q=67 -> a ( GOLDBACH ! ) : 174 tirs
|01000> (k=8) : p=19, q=53 -> a ( GOLDBACH ! ) : 170 tirs
|00100> (k=4) : p=11, q=61 -> a ( GOLDBACH ! ) : 167 tirs
|01110> (k=14) : p=31, q=41 -> a ( GOLDBACH ! ) : 160 tirs
|01101> (k=13) : p=29, q=43 -> a ( GOLDBACH ! ) : 155 tirs
|00101> (k=5) : p=13, q=59 -> a ( GOLDBACH ! ) : 146 tirs
|00000> (k=0) : p=3, q=69 -> c : 5 tirs
|00011> (k=3) : p=9, q=63 -> d : 3 tirs
|00010> (k=2) : p=7, q=65 -> c : 3 tirs
|01001> (k=9) : p=21, q=51 -> d : 3 tirs
|01010> (k=10) : p=23, q=49 -> c : 2 tirs
|00110> (k=6) : p=15, q=57 -> d : 2 tirs
|00111> (k=7) : p=17, q=55 -> c : 2 tirs
|10000> (k=16) : p=35, q=37 -> b : 1 tirs
|01111> (k=15) : p=33, q=39 -> d : 1 tirs

```

execution en 2.862405300140381 s.

— n = 74 —

p dans [3, 37] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37]

Nombre de d compositions de Goldbach : 5

Qubits : 5 (espace de 32 tats , 18 utilis s)

R sultats des mesures (1024 tirs) :

|00101> (k=5) : p=13, q=61 → a (GOLDBACH !) : 186 tirs
|01110> (k=14) : p=31, q=43 → a (GOLDBACH !) : 184 tirs
|10001> (k=17) : p=37, q=37 → a (GOLDBACH !) : 184 tirs
|00000> (k=0) : p=3, q=71 → a (GOLDBACH !) : 178 tirs
|00010> (k=2) : p=7, q=67 → a (GOLDBACH !) : 171 tirs
|00111> (k=7) : p=17, q=57 → c : 7 tirs
|00011> (k=3) : p=9, q=65 → d : 6 tirs
|01011> (k=11) : p=25, q=49 → d : 6 tirs
|00001> (k=1) : p=5, q=69 → c : 5 tirs
|10000> (k=16) : p=35, q=39 → d : 5 tirs
|00110> (k=6) : p=15, q=59 → b : 5 tirs
|01100> (k=12) : p=27, q=47 → b : 4 tirs
|01001> (k=9) : p=21, q=53 → b : 4 tirs
|01111> (k=15) : p=33, q=41 → b : 3 tirs
|01101> (k=13) : p=29, q=45 → c : 3 tirs
|01010> (k=10) : p=23, q=51 → c : 3 tirs
|00100> (k=4) : p=11, q=63 → c : 2 tirs
|01000> (k=8) : p=19, q=55 → c : 1 tirs

execution en 2.9448747634887695 s.

— n = 76 —

p dans [3, 38] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37]

Nombre de d compositions de Goldbach : 5

Qubits : 5 (espace de 32 tats , 18 utilis s)

R sultats des mesures (1024 tirs) :

|00001> (k=1) : p=5, q=71 → a (GOLDBACH !) : 199 tirs
|00111> (k=7) : p=17, q=59 → a (GOLDBACH !) : 196 tirs
|00000> (k=0) : p=3, q=73 → a (GOLDBACH !) : 196 tirs
|01010> (k=10) : p=23, q=53 → a (GOLDBACH !) : 160 tirs
|01101> (k=13) : p=29, q=47 → a (GOLDBACH !) : 151 tirs
|00110> (k=6) : p=15, q=61 → b : 7 tirs
|01110> (k=14) : p=31, q=45 → c : 7 tirs
|00010> (k=2) : p=7, q=69 → c : 6 tirs
|00100> (k=4) : p=11, q=65 → c : 6 tirs
|01011> (k=11) : p=25, q=51 → d : 5 tirs
|00101> (k=5) : p=13, q=63 → c : 5 tirs
|01111> (k=15) : p=33, q=43 → b : 5 tirs
|01000> (k=8) : p=19, q=57 → c : 4 tirs
|01001> (k=9) : p=21, q=55 → d : 4 tirs
|10000> (k=16) : p=35, q=41 → b : 4 tirs
|10001> (k=17) : p=37, q=39 → c : 2 tirs
|00011> (k=3) : p=9, q=67 → b : 2 tirs
|01100> (k=12) : p=27, q=49 → d : 2 tirs

execution en 3.022031784057617 s.

— n = 78 —

p dans [3, 39] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39]

Nombre de d compositions de Goldbach : 7

Qubits : 5 (espace de 32 tats , 19 utilis s)

R sultats des mesures (1024 tirs) :

```

|01110> (k=14) : p=31, q=47 -> a ( GOLDBACH ! ) : 159 tirs
|00001> (k=1) : p=5, q=73 -> a ( GOLDBACH ! ) : 148 tirs
|10001> (k=17) : p=37, q=41 -> a ( GOLDBACH ! ) : 147 tirs
|00100> (k=4) : p=11, q=67 -> a ( GOLDBACH ! ) : 145 tirs
|00111> (k=7) : p=17, q=61 -> a ( GOLDBACH ! ) : 144 tirs
|00010> (k=2) : p=7, q=71 -> a ( GOLDBACH ! ) : 140 tirs
|01000> (k=8) : p=19, q=59 -> a ( GOLDBACH ! ) : 133 tirs
|01111> (k=15) : p=33, q=45 -> d : 2 tirs
|01001> (k=9) : p=21, q=57 -> d : 1 tirs
|01100> (k=12) : p=27, q=51 -> d : 1 tirs
|01101> (k=13) : p=29, q=49 -> c : 1 tirs

```

execution en 3.1016273498535156 s.

— n = 80 —

p dans [3, 40] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39]

Nombre de d compositions de Goldbach : 4

Qubits : 5 (espace de 32 tats , 19 utilis s)

R sultats des mesures (1024 tirs) :

```

|10001> (k=17) : p=37, q=43 -> a ( GOLDBACH ! ) : 207 tirs
|00101> (k=5) : p=13, q=67 -> a ( GOLDBACH ! ) : 201 tirs
|00010> (k=2) : p=7, q=73 -> a ( GOLDBACH ! ) : 200 tirs
|01000> (k=8) : p=19, q=61 -> a ( GOLDBACH ! ) : 199 tirs
|00001> (k=1) : p=5, q=75 -> c : 14 tirs
|00100> (k=4) : p=11, q=69 -> c : 12 tirs
|01001> (k=9) : p=21, q=59 -> b : 11 tirs
|00000> (k=0) : p=3, q=77 -> c : 10 tirs
|01100> (k=12) : p=27, q=53 -> b : 9 tirs
|01101> (k=13) : p=29, q=51 -> c : 9 tirs
|00110> (k=6) : p=15, q=65 -> d : 8 tirs
|01111> (k=15) : p=33, q=47 -> b : 8 tirs
|10000> (k=16) : p=35, q=45 -> d : 7 tirs
|01011> (k=11) : p=25, q=55 -> d : 6 tirs
|01110> (k=14) : p=31, q=49 -> c : 6 tirs
|00011> (k=3) : p=9, q=71 -> b : 6 tirs
|10010> (k=18) : p=39, q=41 -> b : 5 tirs
|01010> (k=10) : p=23, q=57 -> c : 5 tirs
|00111> (k=7) : p=17, q=63 -> c : 4 tirs

```

execution en 3.1884799003601074 s.

— n = 82 —

p dans [3, 41] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39, 41]

Nombre de d compositions de Goldbach : 5

Qubits : 5 (espace de 32 tats , 20 utilis s)

R sultats des mesures (1024 tirs) :

```

|01010> (k=10) : p=23, q=59 -> a ( GOLDBACH ! ) : 194 tirs
|10011> (k=19) : p=41, q=41 -> a ( GOLDBACH ! ) : 182 tirs
|01101> (k=13) : p=29, q=53 -> a ( GOLDBACH ! ) : 179 tirs
|00100> (k=4) : p=11, q=71 -> a ( GOLDBACH ! ) : 175 tirs
|00000> (k=0) : p=3, q=79 -> a ( GOLDBACH ! ) : 163 tirs
|01000> (k=8) : p=19, q=63 -> c : 8 tirs
|00110> (k=6) : p=15, q=67 -> b : 8 tirs
|10001> (k=17) : p=37, q=45 -> c : 7 tirs
|00010> (k=2) : p=7, q=75 -> c : 7 tirs
|00101> (k=5) : p=13, q=69 -> c : 5 tirs

```

```

|00011> (k=3) : p=9, q=73 -> b : 5 tirs
|01001> (k=9) : p=21, q=61 -> b : 5 tirs
|01111> (k=15) : p=33, q=49 -> d : 5 tirs
|00111> (k=7) : p=17, q=65 -> c : 4 tirs
|01011> (k=11) : p=25, q=57 -> d : 4 tirs
|01100> (k=12) : p=27, q=55 -> d : 3 tirs
|10010> (k=18) : p=39, q=43 -> b : 3 tirs
|10000> (k=16) : p=35, q=47 -> b : 3 tirs
|01110> (k=14) : p=31, q=51 -> c : 2 tirs
|00001> (k=1) : p=5, q=77 -> c : 1 tirs

```

execution en 3.2688910961151123 s.

— n = 84 —

p dans [3, 42] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33,
35, 37, 39, 41]

Nombre de d compositions de Goldbach : 8

Qubits : 5 (espace de 32 tats , 20 utilis s)

R sultats des mesures (1024 tirs) :

```

|01010> (k=10) : p=23, q=61 -> a ( GOLDBACH ! ) : 139 tirs
|00100> (k=4) : p=11, q=73 -> a ( GOLDBACH ! ) : 136 tirs
|10011> (k=19) : p=41, q=43 -> a ( GOLDBACH ! ) : 134 tirs
|10001> (k=17) : p=37, q=47 -> a ( GOLDBACH ! ) : 128 tirs
|00101> (k=5) : p=13, q=71 -> a ( GOLDBACH ! ) : 124 tirs
|00111> (k=7) : p=17, q=67 -> a ( GOLDBACH ! ) : 123 tirs
|01110> (k=14) : p=31, q=53 -> a ( GOLDBACH ! ) : 122 tirs
|00001> (k=1) : p=5, q=79 -> a ( GOLDBACH ! ) : 118 tirs

```

execution en 3.350653648376465 s.

— n = 86 —

p dans [3, 43] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33,
35, 37, 39, 41, 43]

Nombre de d compositions de Goldbach : 5

Qubits : 5 (espace de 32 tats , 21 utilis s)

R sultats des mesures (1024 tirs) :

```

|00010> (k=2) : p=7, q=79 -> a ( GOLDBACH ! ) : 199 tirs
|00000> (k=0) : p=3, q=83 -> a ( GOLDBACH ! ) : 192 tirs
|10100> (k=20) : p=43, q=43 -> a ( GOLDBACH ! ) : 184 tirs
|00101> (k=5) : p=13, q=73 -> a ( GOLDBACH ! ) : 164 tirs
|01000> (k=8) : p=19, q=67 -> a ( GOLDBACH ! ) : 164 tirs
|00001> (k=1) : p=5, q=81 -> c : 8 tirs
|10000> (k=16) : p=35, q=51 -> d : 6 tirs
|01100> (k=12) : p=27, q=59 -> b : 6 tirs
|01111> (k=15) : p=33, q=53 -> b : 6 tirs
|01101> (k=13) : p=29, q=57 -> c : 5 tirs
|01010> (k=10) : p=23, q=63 -> c : 5 tirs
|00111> (k=7) : p=17, q=69 -> c : 5 tirs
|00100> (k=4) : p=11, q=75 -> c : 4 tirs
|01110> (k=14) : p=31, q=55 -> c : 4 tirs
|00110> (k=6) : p=15, q=71 -> b : 4 tirs
|00011> (k=3) : p=9, q=77 -> d : 4 tirs
|10001> (k=17) : p=37, q=49 -> c : 4 tirs

```

```

|01011> (k=11) : p=25, q=61 -> b : 3 tirs
|10010> (k=18) : p=39, q=47 -> b : 3 tirs
|10011> (k=19) : p=41, q=45 -> c : 3 tirs
|01001> (k=9) : p=21, q=65 -> d : 2 tirs

```

execution en 3.4298691749572754 s.

— n = 88 —

p dans [3, 44] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39, 41, 43]

Nombre de d compositions de Goldbach : 4

Qubits : 5 (espace de 32 tats , 21 utilis s)

R sultats des mesures (1024 tirs) :

```

|00001> (k=1) : p=5, q=83 -> a ( GOLDBACH ! ) : 222 tirs
|10011> (k=19) : p=41, q=47 -> a ( GOLDBACH ! ) : 212 tirs
|00111> (k=7) : p=17, q=71 -> a ( GOLDBACH ! ) : 198 tirs
|01101> (k=13) : p=29, q=59 -> a ( GOLDBACH ! ) : 176 tirs
|10001> (k=17) : p=37, q=51 -> c : 14 tirs
|01011> (k=11) : p=25, q=63 -> d : 11 tirs
|00010> (k=2) : p=7, q=81 -> c : 10 tirs
|01110> (k=14) : p=31, q=57 -> c : 9 tirs
|00000> (k=0) : p=3, q=85 -> c : 8 tirs
|01000> (k=8) : p=19, q=69 -> c : 7 tirs
|01111> (k=15) : p=33, q=55 -> d : 7 tirs
|00110> (k=6) : p=15, q=73 -> b : 7 tirs
|01100> (k=12) : p=27, q=61 -> b : 6 tirs
|01010> (k=10) : p=23, q=65 -> c : 6 tirs
|10010> (k=18) : p=39, q=49 -> d : 6 tirs
|00100> (k=4) : p=11, q=77 -> c : 6 tirs
|10000> (k=16) : p=35, q=53 -> b : 5 tirs
|01001> (k=9) : p=21, q=67 -> b : 5 tirs
|00011> (k=3) : p=9, q=79 -> b : 5 tirs
|00101> (k=5) : p=13, q=75 -> c : 5 tirs
|10100> (k=20) : p=43, q=45 -> c : 4 tirs

```

execution en 3.5088372230529785 s.

— n = 90 —

p dans [3, 45] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39, 41, 43, 45]

Nombre de d compositions de Goldbach : 9

Qubits : 5 (espace de 32 tats , 22 utilis s)

R sultats des mesures (1024 tirs) :

```

|01101> (k=13) : p=29, q=61 -> a ( GOLDBACH ! ) : 140 tirs
|01110> (k=14) : p=31, q=59 -> a ( GOLDBACH ! ) : 117 tirs
|10100> (k=20) : p=43, q=47 -> a ( GOLDBACH ! ) : 117 tirs
|10001> (k=17) : p=37, q=53 -> a ( GOLDBACH ! ) : 117 tirs
|00010> (k=2) : p=7, q=83 -> a ( GOLDBACH ! ) : 112 tirs
|00111> (k=7) : p=17, q=73 -> a ( GOLDBACH ! ) : 112 tirs
|01000> (k=8) : p=19, q=71 -> a ( GOLDBACH ! ) : 108 tirs
|01010> (k=10) : p=23, q=67 -> a ( GOLDBACH ! ) : 97 tirs
|00100> (k=4) : p=11, q=79 -> a ( GOLDBACH ! ) : 92 tirs
|10000> (k=16) : p=35, q=55 -> d : 3 tirs
|00001> (k=1) : p=5, q=85 -> c : 2 tirs
|10011> (k=19) : p=41, q=49 -> c : 2 tirs
|00101> (k=5) : p=13, q=77 -> c : 2 tirs
|00000> (k=0) : p=3, q=87 -> c : 1 tirs

```

|00110> (k=6) : p=15, q=75 → d : 1 tirs

execution en 3.5888867378234863 s.

— n = 92 —

p dans [3, 46] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33,
35, 37, 39, 41, 43, 45]

Nombre de d compositions de Goldbach : 4

Qubits : 5 (espace de 32 tats , 22 utilis s)

R sultats des mesures (1024 tirs) :

|00000> (k=0) : p=3, q=89 → a (GOLDBACH !) : 226 tirs
|01110> (k=14) : p=31, q=61 → a (GOLDBACH !) : 197 tirs
|00101> (k=5) : p=13, q=79 → a (GOLDBACH !) : 193 tirs
|01000> (k=8) : p=19, q=73 → a (GOLDBACH !) : 188 tirs
|00011> (k=3) : p=9, q=83 → b : 13 tirs
|10101> (k=21) : p=45, q=47 → b : 12 tirs
|10011> (k=19) : p=41, q=51 → c : 12 tirs
|01101> (k=13) : p=29, q=63 → c : 12 tirs
|00001> (k=1) : p=5, q=87 → c : 9 tirs
|01010> (k=10) : p=23, q=69 → c : 9 tirs
|00010> (k=2) : p=7, q=85 → c : 8 tirs
|01111> (k=15) : p=33, q=59 → b : 8 tirs
|10010> (k=18) : p=39, q=53 → b : 8 tirs
|10001> (k=17) : p=37, q=55 → c : 7 tirs
|00100> (k=4) : p=11, q=81 → c : 7 tirs
|01001> (k=9) : p=21, q=71 → b : 7 tirs
|00111> (k=7) : p=17, q=75 → c : 7 tirs
|00110> (k=6) : p=15, q=77 → d : 6 tirs
|10000> (k=16) : p=35, q=57 → d : 6 tirs
|01100> (k=12) : p=27, q=65 → d : 6 tirs
|10100> (k=20) : p=43, q=49 → c : 5 tirs
|01011> (k=11) : p=25, q=67 → b : 5 tirs

execution en 3.666738271713257 s.

— n = 94 —

p dans [3, 47] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33,
35, 37, 39, 41, 43, 45, 47]

Nombre de d compositions de Goldbach : 5

Qubits : 5 (espace de 32 tats , 23 utilis s)

R sultats des mesures (1024 tirs) :

|00001> (k=1) : p=5, q=89 → a (GOLDBACH !) : 198 tirs
|10110> (k=22) : p=47, q=47 → a (GOLDBACH !) : 194 tirs
|00100> (k=4) : p=11, q=83 → a (GOLDBACH !) : 183 tirs
|10011> (k=19) : p=41, q=53 → a (GOLDBACH !) : 181 tirs
|01010> (k=10) : p=23, q=71 → a (GOLDBACH !) : 176 tirs
|01000> (k=8) : p=19, q=75 → c : 7 tirs
|10010> (k=18) : p=39, q=55 → d : 6 tirs
|10101> (k=21) : p=45, q=49 → d : 5 tirs
|01011> (k=11) : p=25, q=69 → d : 4 tirs
|01110> (k=14) : p=31, q=63 → c : 4 tirs
|01100> (k=12) : p=27, q=67 → b : 4 tirs
|01111> (k=15) : p=33, q=61 → b : 4 tirs
|00101> (k=5) : p=13, q=81 → c : 4 tirs
|00010> (k=2) : p=7, q=87 → c : 4 tirs
|01001> (k=9) : p=21, q=73 → b : 3 tirs
|10000> (k=16) : p=35, q=59 → b : 3 tirs

```

|10001> (k=17) : p=37, q=57 -> c : 3 tirs
|00000> (k=0) : p=3, q=91 -> c : 3 tirs
|00110> (k=6) : p=15, q=79 -> b : 2 tirs
|01101> (k=13) : p=29, q=65 -> c : 2 tirs
|10100> (k=20) : p=43, q=51 -> c : 1 tirs
|00111> (k=7) : p=17, q=77 -> c : 1 tirs

```

execution en 3.7503933906555176 s.

— n = 96 —

p dans [3, 48] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33,
35, 37, 39, 41, 43, 45, 47]

Nombre de d compositions de Goldbach : 7

Qubits : 5 (espace de 32 tats , 23 utilis s)

R sultats des mesures (1024 tirs) :

```

|00101> (k=5) : p=13, q=83 -> a ( GOLDBACH ! ) : 170 tirs
|01010> (k=10) : p=23, q=73 -> a ( GOLDBACH ! ) : 160 tirs
|01101> (k=13) : p=29, q=67 -> a ( GOLDBACH ! ) : 153 tirs
|00010> (k=2) : p=7, q=89 -> a ( GOLDBACH ! ) : 143 tirs
|10100> (k=20) : p=43, q=53 -> a ( GOLDBACH ! ) : 141 tirs
|00111> (k=7) : p=17, q=79 -> a ( GOLDBACH ! ) : 129 tirs
|10001> (k=17) : p=37, q=59 -> a ( GOLDBACH ! ) : 118 tirs
|10110> (k=22) : p=47, q=49 -> c : 2 tirs
|00000> (k=0) : p=3, q=93 -> c : 1 tirs
|00110> (k=6) : p=15, q=81 -> d : 1 tirs
|10010> (k=18) : p=39, q=57 -> d : 1 tirs
|10000> (k=16) : p=35, q=61 -> b : 1 tirs

```

execution en 3.832848310470581 s.

— n = 98 —

p dans [3, 49] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33,
35, 37, 39, 41, 43, 45, 47, 49]

Nombre de d compositions de Goldbach : 3

Qubits : 5 (espace de 32 tats , 24 utilis s)

Circuit quantique (5 qubit(s)) :

R sultats des mesures (1024 tirs) :

```

|01110> (k=14) : p=31, q=67 -> a ( GOLDBACH ! ) : 230 tirs
|10001> (k=17) : p=37, q=61 -> a ( GOLDBACH ! ) : 224 tirs
|01000> (k=8) : p=19, q=79 -> a ( GOLDBACH ! ) : 218 tirs
|10000> (k=16) : p=35, q=63 -> d : 19 tirs
|00010> (k=2) : p=7, q=91 -> c : 18 tirs
|00101> (k=5) : p=13, q=85 -> c : 17 tirs
|10011> (k=19) : p=41, q=57 -> c : 16 tirs
|00110> (k=6) : p=15, q=83 -> b : 15 tirs
|01100> (k=12) : p=27, q=71 -> b : 15 tirs
|00111> (k=7) : p=17, q=81 -> c : 14 tirs
|00100> (k=4) : p=11, q=87 -> c : 13 tirs
|01111> (k=15) : p=33, q=65 -> d : 13 tirs
|00000> (k=0) : p=3, q=95 -> c : 13 tirs
|00001> (k=1) : p=5, q=93 -> c : 13 tirs
|10110> (k=22) : p=47, q=51 -> c : 11 tirs
|10010> (k=18) : p=39, q=59 -> b : 10 tirs
|10101> (k=21) : p=45, q=53 -> b : 10 tirs
|01010> (k=10) : p=23, q=75 -> c : 10 tirs
|01011> (k=11) : p=25, q=73 -> b : 10 tirs

```

```

|10111> (k=23) : p=49, q=49 -> d : 9 tirs
|01101> (k=13) : p=29, q=69 -> c : 9 tirs
|00011> (k=3) : p=9, q=89 -> b : 9 tirs
|10100> (k=20) : p=43, q=55 -> c : 7 tirs
|01001> (k=9) : p=21, q=77 -> d : 6 tirs

```

— n = 100 —

p dans [3, 50] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39, 41, 43, 45, 47, 49]

Nombre de d compositions de Goldbach : 6

Qubits : 5 (espace de 32 tats , 24 utilis s)

R sultats des mesures (1024 tirs) :

```

|00100> (k=4) : p=11, q=89 -> a ( GOLDBACH ! ) : 181 tirs
|00111> (k=7) : p=17, q=83 -> a ( GOLDBACH ! ) : 169 tirs
|10011> (k=19) : p=41, q=59 -> a ( GOLDBACH ! ) : 160 tirs
|00000> (k=0) : p=3, q=97 -> a ( GOLDBACH ! ) : 160 tirs
|10110> (k=22) : p=47, q=53 -> a ( GOLDBACH ! ) : 155 tirs
|01101> (k=13) : p=29, q=71 -> a ( GOLDBACH ! ) : 144 tirs
|00011> (k=3) : p=9, q=91 -> d : 6 tirs
|10001> (k=17) : p=37, q=63 -> c : 5 tirs
|10100> (k=20) : p=43, q=57 -> c : 3 tirs
|01000> (k=8) : p=19, q=81 -> c : 3 tirs
|00110> (k=6) : p=15, q=85 -> d : 3 tirs
|00001> (k=1) : p=5, q=95 -> c : 2 tirs
|00101> (k=5) : p=13, q=87 -> c : 2 tirs
|01010> (k=10) : p=23, q=77 -> c : 2 tirs
|01100> (k=12) : p=27, q=73 -> b : 2 tirs
|10000> (k=16) : p=35, q=65 -> d : 2 tirs
|10101> (k=21) : p=45, q=55 -> d : 2 tirs
|01111> (k=15) : p=33, q=67 -> b : 2 tirs
|01001> (k=9) : p=21, q=79 -> b : 1 tirs
|01110> (k=14) : p=31, q=69 -> c : 1 tirs
|01011> (k=11) : p=25, q=75 -> d : 1 tirs
|10010> (k=18) : p=39, q=61 -> b : 1 tirs

```

— n = 102 —

p dans [3, 51] : [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39, 41, 43, 45, 47, 49, 51]

Nombre de d compositions de Goldbach : 8

Qubits : 5 (espace de 32 tats , 25 utilis s)

R sultats des mesures (1024 tirs) :

```

|01000> (k=8) : p=19, q=83 -> a ( GOLDBACH ! ) : 149 tirs
|01110> (k=14) : p=31, q=71 -> a ( GOLDBACH ! ) : 131 tirs
|01101> (k=13) : p=29, q=73 -> a ( GOLDBACH ! ) : 131 tirs
|00101> (k=5) : p=13, q=89 -> a ( GOLDBACH ! ) : 130 tirs
|10011> (k=19) : p=41, q=61 -> a ( GOLDBACH ! ) : 128 tirs
|01010> (k=10) : p=23, q=79 -> a ( GOLDBACH ! ) : 128 tirs
|00001> (k=1) : p=5, q=97 -> a ( GOLDBACH ! ) : 114 tirs
|10100> (k=20) : p=43, q=59 -> a ( GOLDBACH ! ) : 113 tirs

```

execution en 4.095046043395996 s.\\\vspace{0.3cm}

Références

- [1] <https://denisevellachemla.eu/mat-quant-d.pdf>.
- [2] <https://denisevellachemla.eu/probaquant.pdf>.
- [3] Cours de Philippe Grangier <https://denisevellachemla.eu/transgrangier.pdf>.
- [4] <https://denisevellachemla.eu/spherequantique.pdf>.
- [5] avec l'ia mistral <https://denisevellachemla.eu/analyse-quantique-Goldbach-mistral-dvc.pdf>.
- [6] avec l'ia gemini <https://denisevellachemla.eu/analyse-quantique-Goldbach-gemini-dvc.pdf>.
- [7] avec l'ia claude <https://denisevellachemla.eu/reprise-notes-sujet-phyquant-claude-dvc.pdf>.
- [8] avec l'ia deepseek <https://denisevellachemla.eu/1-CG-intrication-deepseek-dvc-20260714.pdf>.
- [9] avec l'ia deepseek <https://denisevellachemla.eu/2-CG-qiskit-deepseek-dvc-20260714.pdf>.