

# **Procédures arithmétiques basiques pour la validation et le séquençage des nombres premiers**

Auteur : Dominique Tremblay

(Chercheur indépendant)

514-707-4691 / les64cases@gmail.com

## *Résumé*

Dans cet article, nous avons l'intention de présenter deux procédures de simplicité élémentaire, l'une permettant de prédire la séquence complète des nombres premiers, la seconde étant plus spécifiquement dédiée au repérage des paires de nombres premiers jumeaux, avec pour motivation première de parvenir à créer la méthode la plus concise de parvenir à cette fin. Pour détecter les nombres premiers dans le continuum des entiers naturels, notre étude s'inspire d'un algorithme bien connu des mathématiciens, soit la formule  $p^2 = 24n + 1$ , à laquelle nous avons greffé deux étapes supplémentaires de tamisage visant à discriminer les faux positifs. La procédure visant à prédire la suite spécifique des nombres premiers jumeaux peut se concevoir de manière indépendante ou se jumeler opérationnellement à la précédente. Nous soumettons aussi à votre attention un ensemble de onze postulats concernant les nombres premiers jumeaux, ainsi qu'un échantillon de onze hypothèses supplémentaires de l'ordre de la conjecture.

## **1. Prédire la séquence des nombres premiers au moyen d'une procédure simple et infaillible**

La recherche d'un modèle théorique formel révélant l'existence d'une structure cohérente dans l'ordonnement des nombres premiers à l'intérieur de notre système de numération a toujours suscité une grande fascination dans les milieux scientifiques, ainsi que chez le grand public. Il existe des méthodes permettant de détecter ces nombres, dont certaines se basent sur des formules assez basiques d'arithmétique algébrique, avec des résultats de satisfaction variable. Dans la présente étude, nous avons l'intention de comprendre les limitations de l'une de ces formules et d'y apporter les améliorations nécessaires sous la forme d'une procédure, aussi minimaliste que possible, permettant de repérer et valider la suite complète des nombres premiers, sans erreur ni omission et sans l'apport de données supplémentaires.

## 1.1 L'algorithme de départ

Sans plus attendre, présentons ledit algorithme et effectuons quelques calculs en guise de démonstration. L'équation algébrique peut s'écrire sous deux formes différentes, soit la variante A, qui est celle que l'on connaît, et la variante B, que nous vous proposons ici. Ces deux variantes correspondent aux deux principaux angles d'attaque à notre disposition pour identifier ou valider le nombre premier  $p$ .

Variante A :

$p$  = Nombre premier vérifié ou recherché.

$n$  = Nombre entier agissant comme facteur multiplicatif du nombre 24.

$$p = \sqrt{24n + 1} \quad \text{ou} \quad p^2 = 24n + 1$$

Variante B :

$p$  = Nombre premier vérifié ou recherché.

$n$  = N'importe quel nombre entier positif résultant d'une manipulation de  $p$ .

$$n = \frac{p^2 - 1}{24}$$

Dans les deux cas, la variable  $p$  est considérée comme un nombre premier potentiel si et seulement si  $n$  est un nombre entier. Autrement dit, jamais  $p$  ne sera premier si  $n$  n'est pas un nombre entier, mais l'affirmative ne constitue pas une validation pour autant. Nous pouvons traduire ces algorithmes sous forme d'énoncé ou de règle heuristique.

Règle générale : Le carré moins 1 de tous les nombres premiers est divisible par 24.

L'algorithme présente un taux de réussite de 100% dans le repérage des nombres premiers, n'omettant aucun d'eux. En d'autres mots, nous parvenons toujours à obtenir une correspondance entre le carré des nombres premiers et le nombre 24, en tant que facteur multiplicatif ou diviseur. La difficulté vient plutôt du fait que l'algorithme retient également des nombres composés dans ses filets, alors qu'il aurait dû les rejeter à l'eau. Nous considérons ces nombres composés comme étant des faux positifs.

Dans la présente étude, nous nous sommes lancé le défi de pousser la logique un peu plus loin, au point d'établir une procédure complète pour détecter les nombres premiers qui élimine les faux positifs et donne un aperçu de l'intrication arithmétique qui détermine la distribution des nombres premiers.

Une procédure adéquate de repérage des nombres premiers devrait comporter une fonction de triage visant à identifier ces faux positifs, de manière à les rejeter. C'est ce problème que nous avons choisi de résoudre. Pour y parvenir, il importe de comprendre la logique arithmétique causant la sélection erronée des nombres composés. C'est cette compréhension qui nous permettra d'ajuster notre procédure en conséquence en effectuant les réglages qui conviennent. Or, comme nous le montrerons plus loin, il est facile d'effectuer la mise au point nécessaire. Mais penchons-nous d'abord sur cette correspondance entre le carré des nombres premiers et les multiples du nombre 24.

## 1.2 Les blocs de la pyramide

Le tableau qui suit met en évidence la relation de proximité qui unit les nombres premiers et le nombre 24.

**Tableau 1 : Lien entre le carré des nombres premiers et le nombre 24**

| Nombre premier | Son carré | Multiples de 24 | Multiples de 24 + 1 |
|----------------|-----------|-----------------|---------------------|
| 5              | 25        | 24 (1 x 24)     | 25                  |
| 7              | 49        | 48 (2 x 24)     | 49                  |
| 11             | 121       | 120 (5 x 24)    | 121                 |
| 13             | 169       | 168 (7 x 24)    | 169                 |
| 17             | 289       | 288 (12 x 24)   | 289                 |
| 19             | 361       | 360 (15 x 24)   | 361                 |
| 23             | 529       | 528 (22 x 24)   | 529                 |
| 29             | 841       | 840 (35 x 24)   | 841                 |
| 31             | 961       | 960 (40 x 24)   | 961                 |
| 37             | 1 369     | 1 368 (57 x 24) | 1 369               |
| 41             | 1 681     | 1 680 (70 x 24) | 1 681               |
| 43             | 1 849     | 1 848 (77 x 24) | 1 849               |
| 47             | 2 209     | 2 208 (92 x 24) | 2 209               |

Ces résultats témoignent de la correspondance avérée entre la séquence des nombres premiers et les multiples du nombre 24, comme si les nombres premiers s'articulaient et se distribuaient en fonction de lui. Bien sûr, les nombres 2 et 3, aussi premiers, sont exclus de notre tableau puisque leur carré est inférieur à 24, ce qui rend la division par 24 impossible. Nous pouvons néanmoins leur appliquer un même genre de procédé en divisant leur carré par des nombres inférieurs arithmétiquement liés au nombre 24, soit ses facteurs, considérant que le nombre 24 peut s'interpréter comme étant le produit de deux nombres.

$$24 = \mathbf{3 \times 8}$$

$$2^2 = 4 \quad 4 - 1 = 3 \quad 3 \div \mathbf{3} = 1 \text{ (nombre entier)}$$

$$3^2 = 9 \quad 9 - 1 = 8 \quad 8 \div \mathbf{8} = 1 \text{ (nombre entier)}$$

De même que :

$$5^2 = 25 \quad 25 - 1 = 24 \quad 24 \div 24 = 1 \quad (\text{ou } 24 \div 8 = 3 \text{ et } 3 \div 3 = 1)$$

Ainsi, les nombres premiers 2 et 3 font bel et bien partie intégrante de la même construction arithmétique que l'ensemble des nombres premiers. Nous obtenons un amusant résultat en poursuivant ce petit jeu de division par 2, 3, 8, 12, 24 ou 48 sur les carrés de la séquence croissante des nombres premiers.

|                  |                 |          |                                                                                     |
|------------------|-----------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| $5^2 - 1 = 24$   | $24 \div 24 =$  | <b>1</b> |                                                                                     |
| $7^2 - 1 = 48$   | $48 \div 24 =$  | <b>2</b> | (ou $48 \div 3 = 16$ $16 \div 8 = 2$ )                                              |
| $11^2 - 1 = 120$ | $120 \div 24 =$ | <b>5</b> | (ou $120 \div 12 = 10$ $10 \div 2 = 5$ )<br>(ou $120 \div 8 = 15$ $15 \div 3 = 5$ ) |
| $13^2 - 1 = 168$ | $168 \div 24 =$ | <b>7</b> | (ou $168 \div 12 = 14$ $14 \div 2 = 7$ )<br>(ou $168 \div 8 = 21$ $21 \div 3 = 7$ ) |

La séquence des nombres premiers de 2 à 7 est quasi complète, car seul le nombre 3 est manquant. Nous l'obtenons tout de même au moyen de diverses opérations qui font appel au nombre 24 et à ses facteurs (2, 3, 4, 6, 8, 12) :

|                  |                   |                |          |
|------------------|-------------------|----------------|----------|
| $7^2 - 1 = 48$   | $48 \div 8 = 6$   | $6 \div 2 =$   | <b>3</b> |
| $48 \div 24 = 2$ | $8 \times 2 = 16$ | $48 \div 16 =$ | <b>3</b> |
| $48 \div 12 = 4$ | $4^2 = 16$        | $48 \div 16 =$ | <b>3</b> |

Dans la logique de cette suite arithmétique, qui vise à obtenir la liste croissante des nombres premiers pour résultat, il faut aussi comprendre que plus le nombre augmente, plus il faut augmenter le diviseur pour maintenir la séquence (i.e. passer du diviseur 24, au 48, au 72, etc.). Ainsi, pour les nombres premiers qui succèdent à 7 dans la séquence, soit 11, 13, 17, 19, 23, 29, etc., il est toujours possible de les obtenir en faisant appel à la même technique, consistant à mettre un nombre au carré, à lui soustraire 1 et à le diviser par un multiple de 24.

$$\begin{array}{llll}
 23^2 - 1 = 528 & 528 \div 48 = & \mathbf{11} & (\text{ou } 528 \div 24 = 22 \quad 22 \div 2 = 11) \\
 & & & (\text{ou } 528 \div 12 = 44 \quad 44 \div 4 = 11) \\
 25^2 - 1 = 624 & 624 \div 48 = & \mathbf{13} & (\text{ou } 624 \div 24 = 26 \quad 26 \div 2 = 13) \\
 35^2 - 1 = 1224 & 1224 \div 72 = & \mathbf{17} & (\text{ou } 1224 \div 24 = 51 \quad 51 \div 3 = 17)
 \end{array}$$

Bref, la séquence des nombres premiers nous apparaît à la suite de ces simples opérations de multiplication et de division s'articulant autour du nombre 24 ou de ses complices (ses facteurs et ses multiples), témoignage de l'adéquation de cet assemblage numéral. Il est vrai que le nombre 24 possède certains attributs distinctifs qui l'amènent à jouer un rôle particulier dans certains contextes arithmétiques, dont celui de l'étude des nombres premiers, nous incitant à réfléchir sur ses propriétés particulières, mais notre étude vise des objectifs différents.

### 1.3 Conditions à remplir pour reconnaître l'intégrité et la validité de notre procédure

En ayant l'algorithme  $p = \sqrt{24n + 1}$  comme point de départ, le pas suivant consiste en l'élaboration d'une procédure qui traduit cette structure arithmétique sous la forme d'une suite d'étapes ayant une valeur prédictive. Idéalement, cette procédure devrait répondre adéquatement aux exigences et conditions suivantes :

- 1) Permettre une validation des nombres comme étant premiers ou non et prédire la suite des nombres premiers en ordre croissant ou décroissant, en ayant pour seul point de départ un nombre entier, premier ou non.
- 2) N'omettre aucun élément de la séquence (la suite des nombres premiers). Bref, ne pas rater une seule cible.

3) Ne pas reconnaître comme étant premier un nombre qui ne l'est pas, i.e. produire des résultats faux positifs. Elle doit être munie de tests de validation simples et efficaces permettant de repérer les intrus et de les éliminer de la liste, exposant le rationnel derrière cette apparente anomalie au moyen d'un nombre minimal d'opérations arithmétiques.

4) Être autosuffisante, en ce sens qu'il n'est pas nécessaire de lui greffer une chaîne d'opérations supplémentaires, ni de lui injecter des informations additionnelles non admises initialement pour obtenir le résultat attendu. Autrement dit, la procédure doit générer par elle-même les données dont elle aura besoin pour remplir sa tâche de validation/prédiction.

#### 1.4 Les faux positifs : justification et solution

Les nombres pointés par l'algorithme sont parfois des faux positifs, i.e. identifiés par notre formule comme étant des nombres premiers alors qu'ils n'auraient pas dû l'être. Plus l'ordre de grandeur des nombres augmente, plus se multiplient les faux positifs. Afin de se donner une idée plus précise de cela, nous avons cherché à connaître le ratio qui existe entre le nombre de faux positifs ( $fp$ ) – i.e. les nombres erronément retenus par l'algorithme – et le nombre de faux positifs potentiels ( $fpp$ ) – i.e. l'ensemble des nombres qui pourraient être erronément identifiés par notre algorithme comme étant premiers, soit l'ensemble des nombres impairs non premiers (excluant ceux se terminant par le chiffre 5, que nous savons ne pas être premiers). Les pourcentages représentent le taux de rétention de  $fp$  sur l'ensemble des  $fpp$ . Ils s'accroissent progressivement en fonction de la taille des nombres, jusqu'à dépasser légèrement la barre des 50%.

**Tableau 2 : Pourcentage de nombres faux positifs par tranches croissantes**

| <b>Échantillons de nombres</b>                             | <b>Pourcentage de faux positifs</b><br>(numérateur = $fp$ , dénominateur = $fpp$ ) |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 à 100                                                    | 18,75% (3/16) (ce sont 49, 77 et 91)                                               |
| 101 à 200                                                  | 36,84% (7/19)                                                                      |
| 201 à 300                                                  | 40% (10/25)                                                                        |
| 301 à 400                                                  | 41,66% (10/24)                                                                     |
| Entre 841(29 <sup>2</sup> ) et 961 (31 <sup>2</sup> )      | 48,14% (13/27)                                                                     |
| Entre 1 681 (41 <sup>2</sup> ) et 1 849 (43 <sup>2</sup> ) | 50% (21/42)                                                                        |

|                                                |                |
|------------------------------------------------|----------------|
| Entre 3 481 ( $59^2$ ) et 3 721 ( $61^2$ )     | 49,2% (31/63)  |
| Entre 5 041 ( $71^2$ ) et 5 329 ( $73^2$ )     | 56,09% (46/84) |
| Entre 10 201 ( $101^2$ ) et 10 609 ( $103^2$ ) | 55% (66/120)   |

Il nous fallait aborder et résoudre ce problème. Nous nous sommes donc penchés sur l'analyse des propriétés des nombres premiers faux positifs, ce qui nous a permis de leur découvrir des caractéristiques communes qui les rend d'emblée faciles à identifier et à écarter. Comme le montre les exemples ci-après, leur détection par l'algorithme résulte toujours de l'une ou l'autre des deux raisons suivantes :

A) Ils sont une puissance d'un nombre premier ou semi-premier.

|                   |                           |                                   |                                                                                       |
|-------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| $5^2 = 25$        | $25 - 1 = 24$             | $24 \div 24 = 1$                  | (5 est un nombre premier)                                                             |
| $25^2 = 625$      | $625 - 1 = 624$           | $624 \div 24 = 26$                | (25 est un <i>fp</i> car $5^2 = 25$ )                                                 |
| $7^2 = 49$        | $49 - 1 = 48$             | $48 \div 24 = 2$                  | (7 est un nombre premier)                                                             |
| $49^2 = 2\,401$   | $2\,401 - 1 = 2\,400$     | $2\,400 \div 24 = 100$            | (49 est un <i>fp</i> car $7^2 = 49$ )                                                 |
| $11^2 = 121$      | $121 - 1 = 120$           | $120 \div 24 = 5$                 | (11 est un nombre premier)                                                            |
| $121^2 = 14\,641$ | $14\,641 - 1 = 14\,640$   | $14\,640 \div 24 = 610$           | (121 est un <i>fp</i> car $11^2 = 121$ )                                              |
| $7^3 = 343$       | $343^2 = 117\,649$        | $117\,649 - 1 = 117\,648$         | $117\,648 \div 24 = 4\,902$<br>(343 est un <i>fp</i> car $7^3 = 343$ )                |
| $7^4 = 2\,401$    | $2\,401^2 = 5\,764\,801$  | $5\,764\,801 - 1 = 5\,764\,800$   | $5\,764\,800 \div 24 = 240\,200$<br>(2 401 est un <i>fp</i> car $7^4 = 2\,401$ )      |
| $77^2 = 5\,929$   | $5\,929^2 = 35\,153\,041$ | $35\,153\,041 - 1 = 35\,153\,040$ | $35\,153\,040 \div 24 = 1\,464\,710$<br>(5 929 est un <i>fp</i> car $77^2 = 5\,929$ ) |

B) Ils possèdent une paire de nombres premiers pour seuls facteurs.

|                                                     |                   |                         |                            |
|-----------------------------------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| $13 \times 17 = 221$                                | $221^2 = 48\,841$ | $48\,841 - 1 = 48\,840$ | $48\,840 \div 24 = 2\,035$ |
| (221 est un faux positif car $13 \times 17 = 221$ ) |                   |                         |                            |
| $11 \times 23 = 253$                                | $253^2 = 64\,009$ | $64\,009 - 1 = 64\,008$ | $64\,008 \div 24 = 2\,667$ |
| (253 est un faux positif car $11 \times 23 = 253$ ) |                   |                         |                            |

On pourrait argumenter qu'un seul test s'avère nécessaire, puisqu'un nombre premier à la puissance 2 est l'équivalent du produit de deux nombres premiers, mais ce serait faire fi du fait que l'exposant peut être supérieur à 2. Par exemple, le nombre 2401 ( $7^4$ ) est un faux positif. Nous avons aussi découvert que, plus les nombres augmentent en taille, plus la probabilité augmente de retrouver des faux positifs qui sont des puissances de nombres semi-premiers (ex : 5 929 est un nombre composé issu de

77<sup>2</sup>). La plupart du temps, bien sûr, les faux positifs sont le produit de deux nombres premiers. Ces nombres sont connus sous le nom de semi-premiers. En d'autres termes, la grande majorité des faux positifs représente un sous-ensemble des nombres semi-premiers.

**Tableau 3 : Les nombres faux positifs et leur factorisation**

| <b>Nombres faux positifs (<i>fp</i>)</b> | <b><i>fp</i><sup>2</sup></b> | <b><math>(n^2 - 1) \div 24</math></b> | <b>Facteurs des <i>fp</i></b> |
|------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| 49                                       | 2 401                        | 100                                   | 7 <sup>2</sup>                |
| 77                                       | 5 929                        | 247                                   | 7 x 11                        |
| 91                                       | 8 281                        | 345                                   | 7 x 13                        |
| 119                                      | 14 161                       | 590                                   | 7 x 17                        |
| 121                                      | 14 641                       | 610                                   | 11 <sup>2</sup>               |
| 133                                      | 19 019                       | 737                                   | 17 x 19                       |
| 143                                      | 20 449                       | 852                                   | 11 x 13                       |
| 161                                      | 25 921                       | 1 080                                 | 7 x 23                        |
| 169                                      | 28 561                       | 1 190                                 | 13 <sup>2</sup>               |
| 187                                      | 34 969                       | 1 457                                 | 11 x 17                       |
| 203                                      | 41 209                       | 1 717                                 | 7 x 29                        |
| 209                                      | 43 681                       | 1 820                                 | 11 x 19                       |
| 217                                      | 47 089                       | 1 962                                 | 7 x 31                        |
| 221                                      | 48 841                       | 2 035                                 | 13 x 17                       |
| 247                                      | 61 009                       | 2 542                                 | 13 x 19                       |
| 253                                      | 64 009                       | 2 667                                 | 11 x 23                       |
| 259                                      | 67 081                       | 2 795                                 | 7 x 37                        |
| 287                                      | 82 369                       | 3 432                                 | 7 x 41                        |
| 289                                      | 83 521                       | 3 480                                 | 17 <sup>2</sup>               |
| 299                                      | 89 401                       | 3 725                                 | 13 x 23                       |
| 301                                      | 90 601                       | 3 775                                 | 7 x 43                        |
| 319                                      | 101 761                      | 4 240                                 | 11 x 29                       |
| 323                                      | 104 329                      | 4 347                                 | 17 x 19                       |
| 329                                      | 108 241                      | 4 510                                 | 7 x 47                        |
| 341                                      | 116 281                      | 4 845                                 | 11 x 31                       |
| 343                                      | 117 649                      | 4 902                                 | 7 <sup>3</sup>                |

|     |         |       |                 |
|-----|---------|-------|-----------------|
| 361 | 130 321 | 5 430 | 19 <sup>2</sup> |
| 371 | 137 641 | 5 735 | 7 x 53          |
| 377 | 142 129 | 5 922 | 13 x 29         |
| 391 | 152 881 | 6 370 | 17 x 23         |

Cela ne signifie pas que tous les nombres semi-premiers – i.e. tous ceux qui sont le produit d'une paire de nombres premiers – sortiront de notre procédure en tant que faux positifs. Par exemple, les nombres semi-premiers peuvent être pairs, alors que notre procédure de validation n'identifiera jamais un nombre pair comme étant un nombre premier potentiel, le rejetant d'emblée dès la première étape du processus d'analyse. Pareillement, les nombres semi-premiers se terminant par un 5 ne sont pas pertinents, car nous savons déjà que ces nombres ne sont pas des nombres premiers et que, par conséquent, ils doivent être exclus sans autre considération.

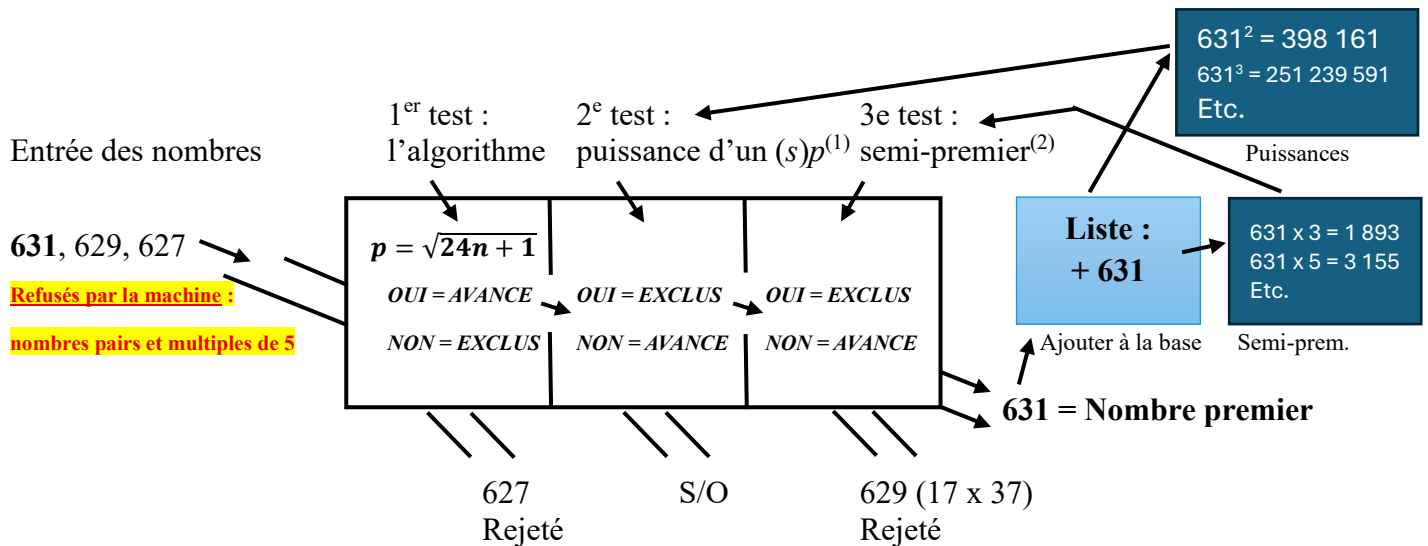
Plutôt que d'invalider notre modèle, ces faux positifs ne font que nous rappeler que l'édifice numérique est une charpente traversée par une armature savamment articulée et dont les poutres d'acier sont les nombres premiers, ceux-là même qui en assurent l'intégrité et agissent à travers lui selon un principe d'extension et de redondance infailliblement rigoureux présidant à leur distribution.

Cette analyse nous a directement conduits à l'ajout d'une étape supplémentaire à notre procédure de repérage des nombres premiers, que nous nommons « tamisage », à l'image des chercheurs d'or qui s'efforcent de ne conserver dans leur tamis que les pépites tant prisées. Nos pépites sont évidemment la constellation des nombres premiers, mais nous devons également souligner le rôle prépondérant des nombres semi-premiers dans la procédure de validation de notre modèle et leur rôle potentiel dans l'ensemble de l'architecture numérique. Nous verrons d'ailleurs plus loin qu'ils sont directement impliqués dans le séquençage des paires de nombres premiers jumeaux, ce qui, selon nous, leur confère des propriétés organisationnelles toutes particulières, sinon essentielles, dans notre système de numération, ainsi qu'un précieux pouvoir de prédiction.

### **1.5 Opérationnalisation de l'algorithme au moyen de la procédure de tamisage**

De manière graphique, notre modèle pourrait se voir représenté sous l'aspect d'une « machine » effectuant un contrôle de qualité ou un test de conformité sur une chaîne de production, comme le montre l'illustration suivante. Notons que le même assemblage, présenté de manière visuelle pour les besoins de notre exposé, peut évidemment se traduire sous la forme d'un programme informatique.

**Diagramme 1 : La machine à détecter des nombres premiers**



<sup>(1)</sup> Vérifier si le nombre testé est une puissance d'un nombre premier (ex : 7<sup>3</sup>) ou d'un nombre semi-premier (ex : 77<sup>2</sup>).

<sup>(2)</sup> Vérifier si le nombre testé est le produit de deux nombres premiers (ex: 19 x 31).

Exemple :

Quel sont les deux nombres premiers qui succèdent à 251?

Appliquons la formule A, mais prenons tout d'abord le temps de vérifier si 251 est bel et bien un nombre premier.

$$p = \sqrt{24n + 1}$$

$$251 = \sqrt{24n + 1}$$

$$251^2 = 24n + 1$$

$$63\,001 - 1 = 24n$$

$$63\,000 = 24n$$

$$\frac{63\,000}{24} = n = 2\,625$$

Le résultat de la division par 24 du carré moins 1 de 251 est un nombre entier (2 625), 251 n'est pas une puissance d'un nombre premier et n'est pas le produit de deux nombres premiers, il est donc un nombre premier. Passons maintenant à l'étape suivante, qui consiste à choisir le nombre suivant à insérer

dans notre machine. Il ne doit pas s'agir d'un nombre pair ni d'un multiple de 5, ce qui élimine par défaut les nombres 252, 254, 255, 256, 258, 260, etc. Nous testerons donc dans l'ordre les nombres 253, 257, 259, 261, 263, etc.

$$p = \sqrt{24n + 1}$$

$$253 = \sqrt{24n + 1}$$

$$253^2 = 24n + 1$$

$$64\,009 - 1 = 24n$$

$$64\,008 = 24n$$

$$\frac{64008}{24} = 2\,667$$

Le carré moins 1 du nombre 253 est un multiple de 24, ce qui fait de lui un nombre premier potentiel ou « candidat ». Passons maintenant à l'étape suivante de notre procédure de validation, soit le tamisage à double filtre du nombre 253 :

1<sup>er</sup> filtre : Est-il une puissance d'un nombre premier?

Réponse : NON → Passer au second filtre.

2<sup>e</sup> filtre : Possède-t-il deux nombres premiers pour seuls facteurs (mis à part 1 et lui-même)?

Réponse : OUI (11 et 23) → Exclure, puisque c'est un nombre semi-premier.

Le nombre 253 doit donc être rejeté en tant que nombre premier, car il échoue l'épreuve de tamisage du 2<sup>e</sup> filtre. Passons au nombre 257.

$$p = \sqrt{24n + 1}$$

$$257 = \sqrt{24n + 1}$$

$$257^2 = 24n + 1$$

$$66\,049 - 1 = 24n$$

$$66\,048 = 24n$$

$$\frac{64008}{24} = 2\,752$$

Le carré moins 1 du nombre 257 est un multiple de 24, ce qui fait de lui un nombre premier candidat. Après vérification, nous savons que ce nombre satisfait aux deux conditions de notre test de conformité. Nous sommes donc en présence d'un nombre premier.

Malgré la simplicité apparente de notre procédure, force est de reconnaître qu'elle fonctionne à merveille. Elle répond aux troisième et quatrième conditions de validation telles qu'exposées précédemment, puisqu'elle est munie d'une composante de vérification à deux volets, simple et efficace, dont la fonction est de détecter et d'éliminer les faux positifs. Le fait de connaître les attributs spécifiques des intrus réduit drastiquement le nombre d'opérations et le temps de calcul nécessaires à un programme informatique pour effectuer la validation (i.e. confirmer si un nombre doit être exclu ou retenu), puisque'il n'est plus obligatoire de chercher des diviseurs en dehors de cette classe de nombres et de la collection de facteurs déjà dans la base. De plus, si l'on postule que le programme démarre sa recherche à partir de zéro, celui-ci aura construit sa base de données à même les nombres premiers qu'il aura précédemment détectés et stockés en banque au cours du processus. En d'autres mots, cela signifie qu'il possédera déjà, dans un module de mémoire, la liste des facteurs premiers à utiliser pour effectuer sa tâche de tamisage et n'aura donc nul besoin d'être alimenté par l'ajout de nouvelles données, les mailles de son double filtre d'exclusion ayant été tissées par les informations recueillies au cours de l'opérationnalisation même de la procédure. Ce faisant, le nombre de facteurs que notre moteur est appelé à croiser pour générer sa liste de nombres semi-premiers est aussi limité que l'échantillon des nombres premiers faisant déjà partie intégrante de sa collection.

## **2. La caractérisation des nombres premiers jumeaux : postulats et hypothèses**

### **2.1 Postulats**

Comme nous le savons, nous sommes en présence d'une paire de nombres premiers jumeaux lorsque ceux-ci sont séparés par un seul nombre. Pour autant, nous ignorons la raison pour laquelle il en est ainsi. Quel beau défi que celui de mieux comprendre les propriétés des nombres premiers jumeaux et de trouver une règle d'organisation présidant à la répartition de ces nombres. Il est raisonnable de supposer qu'un modèle apte à générer la suite des nombres premiers pourrait se révéler utile pour toute autre tâche concernant les nombres appartenant à cette même catégorie, comme celle d'établir des correspondances

ou de repérer des régularités entre les nombres premiers jumeaux, voire celle de prédire leur suite. Pareil résultat témoignerait de sa polyvalence et irait dans le sens de sa validation par généralisation.

Ainsi, principalement par jeu d'association entre les carrés des paires de nombres jumeaux, des schémas nous sont apparus, nous invitant à formuler avec confiance un nombre de onze postulats, que nous vous proposons ci-après, précédés d'un exemple de postulat déjà connu du même acabit.

Exemple de postulat : La différence entre les sommes respectives de deux paires de nombres premiers jumeaux (successives ou non) est toujours un multiple de 12. [1]

Postulat 1) La différence entre le produit des nombres de deux paires de nombres premiers jumeaux (consécutives ou non et en excluant la paire (3, 5)) est toujours un multiple de 12.

Postulat 2) La somme des carrés moins 2 d'une paire de nombres premiers (jumeaux ou non, successifs ou non et excluant les nombres 2 et 3) est toujours un multiple du nombre 24. Cette propriété n'est pas unique aux nombres premiers jumeaux, puisqu'elle est vraie pour toute paire de nombres premiers, quels qu'ils soient, mais nous jugeons pertinent de la mentionner ici, puisqu'elle est fondamentale à notre modèle sur les nombres premiers dans leur ensemble. Attention : il n'est pas dit ici que tout multiple du nombre 24 correspond à la somme des carrés d'une paire de nombres premiers jumeaux moins 2. C'est plutôt l'inverse.

Postulat 3) La différence entre les carrés d'une paire de nombres premiers (jumeaux ou non / successifs ou non) est toujours un multiple de 24 (sauf pour la paire 3/5, dont la somme des carrés est inférieure à 24). Comme précédemment, cette propriété n'est pas exclusive aux nombres premiers jumeaux, puisqu'elle est vraie pour toute paire de nombres premiers, mais son importance est majeure dans l'élaboration de notre modèle, vu son lien avec le nombre 24.

Postulat 4) L'écart entre la somme des carrés de deux paires (successives ou non) de nombres premiers jumeaux est toujours un multiple du nombre 24 (hormis pour l'écart entre les paires 3/5 et 5/7).

Postulat 5) De même, l'écart entre la différence des carrés de deux paires (successives ou non) de nombres premiers jumeaux est toujours un multiple du nombre 24 (hormis pour l'écart entre les paires 3/5 et 5/7).

Postulat 6) La différence entre les carrés d'une paire de nombres premiers jumeaux, lorsque divisée par 24, est toujours un diviseur de la somme moins 2 de leurs carrés, divisée par 24. Autrement dit, le quotient obtenu de la division par 24 de la somme moins 2 des carrés de deux nombres premiers jumeaux est toujours un multiple du quotient obtenu de la division par 24 de la différence entre ces mêmes carrés.

Postulat 7) La somme des deux nombres d'une paire de nombres premiers jumeaux, lorsqu'on la prend comme diviseur et que le dividende est le carré moins 1 de l'un ou l'autre de ces deux mêmes nombres, donnera toujours pour résultat un nombre entier, dont l'ordre de grandeur va croissant proportionnellement au nombre de départ.

Postulat 8) La somme des carrés moins 2 de deux nombres premiers jumeaux est toujours divisible par la somme de ceux-ci.

Postulat 9) Le nombre séparateur ( $ns$ ) est le nombre situé entre les deux nombres d'une paire de nombres premiers jumeaux ( $pj$ ). Faire la différence entre le carré du nombre séparateur ( $ns$ ) d'une paire de nombres premiers jumeaux et le carré d'un nombre de deux unités inférieur. Faire la différence entre le carré d'un nombre de deux unités supérieur au  $ns$  et le carré du  $ns$ . L'addition de ces deux résultats est égal à  $8ns$  (huit fois le  $ns$ ). Cela est vrai pour toute paire de nombres séparés de deux unités. La particularité avec le  $ns$  d'une paire de nombres  $pj$  est que l'addition de ces deux résultats est un multiple de 24, qui correspond à  $24 \frac{ns}{3}$ .

Postulat 10) La différence entre les carrés d'une paire de nombres  $pj$  est égale à leur somme multipliée par deux. Vrai pour toute paire de nombres dont la différence est de deux unités. La particularité d'une paire de nombres  $pj$  est que le résultat est un multiple de 24 dont le facteur multiplicatif correspond à leur somme divisée par 12 ou au nombre séparateur ( $ns$ ) divisé par 6.

Postulat 11) Les multiples du carré du nombre 24 (i.e. les multiples de 576) correspondent *parfois* à la différence entre la somme des carrés de deux paires de nombres premiers jumeaux (successives ou non). Comme nous le verrons plus loin, ce dernier postulat nécessite une analyse plus poussée et une meilleure compréhension de notre part pour refléter correctement et plus généralement le principe arithmétique qu'il sous-tend.

Pour les fins de nos analyses, nous ignorerons les postulats qui sont des vérités mathématiques universelles, i.e. qui concernent toutes les paires de nombres entiers dont la différence est 2, qu'ils soient

premiers ou non. Dans tel cas, ils sont de peu d'utilité pour discerner les spécificités des nombres premiers jumeaux. L'Annexe A en propose quelques exemples.

Afin de faciliter la compréhension des calculs qui vont servir à la démonstration de nos postulats, nous vous proposons les trois tableaux de données suivants, qui visent à brosser un portrait comparatif entre les paires de nombres premiers, avec l'objectif de repérer des *patterns* (des constantes et des correspondances). Cette approche exploratoire est celle que nous adoptons et préconisons de manière générale dans le cadre de cette étude. Ce n'est qu'un maigre échantillon, mais il nous aide à mieux visualiser les nombres avec lesquels nous jonglerons et pourra servir de point de départ à ceux et celles qui sont intéressés à analyser les nombres premiers jumeaux à travers le prisme de nos postulats et des lignes directrices de notre modèle. La majorité de nos postulats en sont inspirés.

**Tableau 4 : Nombres premiers jumeaux et leurs carrés (1)**

| <b>Paires de<br/>n<sup>bre</sup> premiers</b> | <b>Carré de ces<br/>nombres</b> | <b>Somme<br/>des carrés</b> | <b>Écart entre ces<br/>sommes</b> | <b>Différence entre<br/>les carrés</b> | <b>Écart<br/>entre ces diff.</b> |
|-----------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|
| 3 / 5                                         | 9 / 25                          | 34                          | Nul                               | 16 (2 x 8)                             | Nul                              |
| 5 / 7                                         | 25 / 49                         | 74 (3x24+2)                 | +40 (5 x 8)                       | 24 (1 x 24)                            | +8 (1 x 8)                       |
| 11 / 13                                       | 121 / 169                       | 290 (12x24+2)               | +216 (9 x 24)                     | 48 (2 x 24)                            | +24 (1 x 24)                     |
| 17 / 19                                       | 289 / 361                       | 650 (27x24+2)               | +360 (15 x 24)                    | 72 (3 x 24)                            | +24 (1 x 24)                     |
| 29 / 31                                       | 841 / 961                       | 1 802 (75x24+2)             | +1 152 (2 x 24 <sup>2</sup> )     | 120 (5 x 24)                           | +48 (2 x 24)                     |
| 41 / 43                                       | 1 681 / 1 849                   | 3 530 (147x24+2)            | +1 728 (3 x 24 <sup>2</sup> )     | 168 (7 x 24)                           | +48 (2 x 24)                     |
| 59 / 61                                       | 3 481 / 3 721                   | 7 202 (300x24+2)            | +3 672 (153 x 24)                 | 240 (10 x 24)                          | +72 (3 x 24)                     |
| 71 / 73                                       | 5 041 / 5 329                   | 10 370 (432x24+2)           | +3 168 (132 x 24)                 | 288 (12 x 24)                          | +48 (2 x 24)                     |
| 101 / 103                                     | 10 201 / 10 609                 | 20 810 (867x24+2)           | +10 440 (435 x 24)                | 408 (17 x 24)                          | +120 (5 x 24)                    |
| 107 / 109                                     | 11 449 / 11 881                 | 23 330 (972x24+2)           | +2 520 (105 x 24)                 | 432 (18 x 24)                          | +24 (1 x 24)                     |
| 137 / 139                                     | 18 769 / 19 321                 | 38 090 (1587x24+2)          | +14 760 (615 x 24)                | 552 (23 x 24)                          | +120 (5 x 24)                    |
| 149 / 151                                     | 22 201 / 22 801                 | 45 002 (1875x24+2)          | +6 912 (288 x 24)                 | 600 (25 x 24)                          | +48 (2 x 24)                     |

**Tableau 5 : Nombres premiers jumeaux et leurs carrés (2)**

| <b>A</b><br>Paires de<br>n <sup>bre</sup> premiers | <b>B</b><br>Somme des<br>carrés -2 ÷ 24 | <b>C</b><br>Différence entre<br>les carrés ÷ 24 | <b>D</b><br>C x n = B | <b>E</b><br>n = C x 3 |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 3 / 5                                              | 32 ÷ 8 = 4                              | 16 ÷ 24                                         | Nul                   | Nul                   |
| 5 / 7                                              | 72 ÷ 24 = 3                             | 24 ÷ 24 = 1                                     | 1 x 3 = 3             | 3 = 1 x 3             |
| 11 / 13                                            | 288 ÷ 24 = 12                           | 48 ÷ 24 = 2                                     | 2 x 6 = 12            | 6 = 2 x 3             |
| 17 / 19                                            | 648 ÷ 24 = 27                           | 72 ÷ 24 = 3                                     | 3 x 9 = 27            | 9 = 3 x 3             |
| 29 / 31                                            | 1 800 ÷ 24 = 75                         | 120 ÷ 24 = 5                                    | 5 x 15 = 75           | 15 = 5 x 3            |
| 41 / 43                                            | 3 528 ÷ 24 = 147                        | 168 ÷ 24 = 7                                    | 7 x 21 = 147          | 21 = 7 x 3            |
| 59 / 61                                            | 7 200 ÷ 24 = 300                        | 240 ÷ 24 = 10                                   | 10 x 30 = 300         | 30 = 10 x 3           |
| 71 / 73                                            | 10 368 ÷ 24 = 432                       | 288 ÷ 24 = 12                                   | 12 x 36 = 432         | 36 = 12 x 3           |
| 101 / 103                                          | 20 808 ÷ 24 = 867                       | 408 ÷ 24 = 17                                   | 17 x 51 = 867         | 51 = 17 x 3           |
| 107 / 109                                          | 23 328 ÷ 24 = 972                       | 432 ÷ 24 = 18                                   | 18 x 54 = 972         | 54 = 18 x 3           |
| 137 / 139                                          | 38 088 ÷ 24 = 1 587                     | 552 ÷ 24 = 23                                   | 23 x 69 = 1 587       | 69 = 23 x 3           |
| 149 / 151                                          | 45 000 ÷ 24 = 1 875                     | 600 ÷ 24 = 25                                   | 25 x 75 = 1875        | 75 = 25 x 3           |

**Tableau 6 : Nombres premiers jumeaux et leurs carrés (3)**

| <b>A</b><br>Paires de<br>n <sup>bres</sup> premiers | <b>B</b><br>Somme de<br>ces deux n <sup>bres</sup> | <b>C</b><br>Carrés de ces<br>deux n <sup>bres</sup> - 1 | <b>D</b><br>C ÷ B                  | <b>E</b><br>B ÷ par 12 ou 24 | <b>F</b><br>Somme de<br>C ÷ B |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 3 / 5                                               | 3 + 5 = 8                                          | 8 / 24                                                  | 8 ÷ 8 = 1<br>24 ÷ 8 = 3            | nil                          | 4 (32 ÷ 8)                    |
| 5 / 7                                               | 5 + 7 = 12                                         | 24 / 48                                                 | 24 ÷ 12 = 2<br>48 ÷ 12 = 4         | 12 ÷ 12 = 1                  | 6                             |
| 11 / 13                                             | 11 + 13 = 24                                       | 120 / 168                                               | 120 ÷ 24 = 5<br>168 ÷ 24 = 7       | 24 ÷ 12 = 2<br>24 ÷ 24 = 1   | 12                            |
| 17 / 19                                             | 17 + 19 = 36                                       | 288 / 360                                               | 288 ÷ 36 = 8<br>360 ÷ 36 = 10      | 36 ÷ 12 = 3<br>36 ÷ 24 = 1,5 | 18                            |
| 29 / 31                                             | 29 + 31 = 60                                       | 840 / 960                                               | 840 ÷ 60 = 14<br>960 ÷ 60 = 16     | 60 ÷ 12 = 5<br>60 ÷ 24 = 2,5 | 30                            |
| 41 / 43                                             | 41 + 43 = 84                                       | 1 680 / 1 848                                           | 1 680 ÷ 84 = 20<br>1 848 ÷ 84 = 22 | 84 ÷ 12 = 7<br>84 ÷ 24 = 3,5 | 42                            |

|           |                   |                 |                                                    |                                            |     |
|-----------|-------------------|-----------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----|
| 59 / 61   | $59 + 61 = 120$   | 3 480 / 3 720   | $3\,480 \div 120 = 29$<br>$3\,720 \div 120 = 31$   | $120 \div 12 = 10$<br>$120 \div 24 = 5$    | 60  |
| 71 / 73   | $71 + 73 = 144$   | 5 040 / 5 328   | $5\,040 \div 144 = 35$<br>$5\,328 \div 144 = 37$   | $144 \div 12 = 12$<br>$144 \div 24 = 6$    | 72  |
| 101 / 103 | $101 + 103 = 204$ | 10 200 / 10 608 | $10\,200 \div 204 = 50$<br>$10\,608 \div 204 = 52$ | $204 \div 12 = 17$<br>$204 \div 24 = 8,5$  | 102 |
| 107 / 109 | $107 + 109 = 216$ | 11 448 / 11 880 | $11\,448 \div 216 = 53$<br>$11\,880 \div 216 = 55$ | $216 \div 12 = 18$<br>$216 \div 24 = 9$    | 108 |
| 137 / 139 | $137 + 139 = 276$ | 18 768 / 19 320 | $18\,768 \div 276 = 68$<br>$19\,320 \div 276 = 70$ | $276 \div 12 = 23$<br>$276 \div 24 = 11,5$ | 138 |
| 149 / 151 | $149 + 151 = 300$ | 22 200 / 22 800 | $22\,200 \div 300 = 74$<br>$22\,800 \div 300 = 76$ | $300 \div 12 = 25$<br>$300 \div 24 = 12,5$ | 300 |

### Quelques observations :

Nous avons repéré diverses correspondances entre les nombres de nos différents tableaux, dont nous ignorons la raison d'être d'ordre arithmétique. En voici quelques-unes.

Le nombre 288 est : - Le carré moins 1 du nombre 17.

- La différence entre les carrés des nombres jumeaux (71, 72).

- La somme des carrés moins 2 divisée par 24 de la paire des nombres jumeaux (11, 13).

Le nombre 360 est : - Le carré moins 1 du nombre 19.

- La différence entre la somme des carrés des paires de nombres jumeaux (11, 13) et (17, 19).

Le nombre 432 est : - La différence entre les carrés de la paire de nombres jumeaux (107, 109).

- La somme des carrés moins 2 divisée par 24 de la paire de nombres jumeaux (71, 73).

Le nombre 1 680 est : - Le carré moins 1 du nombre 41.

- La différence entre les carrés de la paire de nombres jumeaux (419, 421).

Voici maintenant l'illustration détaillée de notre liste de dix postulats, formules à l'appui, précédée d'un exemple déjà connu du même type.

Postulat en exemple)

La différence entre les sommes respectives de deux paires de nombres premiers jumeaux est toujours un multiple de 12.

Exemple détaillé :

Paire (11, 13)

$$11 + 13 = 24$$

Paire (29, 31)

$$29 + 31 = 60$$

$$60 - 24 = 46$$

$$46 \div 12 = 3$$

Formule :

$(pja, pjb)$  = Une paire de nombres premiers jumeaux  $>$   $(pjc, pjd)$ .

$(pjc, pjd)$  = Une paire de nombres premiers jumeaux  $<$   $(pja, pjb)$ .

$n$  = Nombre entier.

$$n = \frac{pja + pjb - pcj - pdj}{12}$$

Application de la formule :

$(pja, pjb) = (29, 31)$

$(pjc, pjd) = (11, 13)$

$$n = \frac{29 + 31 - 11 - 13}{12}$$

$$n = \frac{60 - 24}{12}$$

$$n = \frac{36}{12}$$

$$n = 3$$

Postulat 1)

La différence entre le produit des nombres de deux paires de nombres premiers jumeaux (consécutives ou non et en excluant la paire (3,5)) est toujours un multiple de 12.

Exemples détaillés :

|                      |                   |                      |                      |
|----------------------|-------------------|----------------------|----------------------|
| Paire (11, 13)       | Paire (5, 7)      | Paire (29, 31)       | Paire (17, 19)       |
| $11 \times 13 = 143$ | $5 \times 7 = 35$ | $29 \times 31 = 899$ | $17 \times 19 = 323$ |
| $143 - 35 = 108$     | $108 \div 12 = 9$ | $899 - 323 = 576$    | $576 \div 12 = 48$   |

Formules :

$(pja, pjb) =$  Une paire de nombres premiers jumeaux  $> (pjc, pjd)$ .

$(pjc, pjd) =$  Une paire de nombres premiers jumeaux  $< (pja, pjb)$ .

$n =$  Nombre entier.

$$A) n = \frac{pja \times pjb - pc \times pd}{12}$$

$$B) 12n = pja \times pjb - pc \times pd$$

Application de la formule A :

$(pja, pjb) = (29, 31)$

$(pjc, pjd) = (11, 13)$

$$n = \frac{29 \times 31 - 11 \times 13}{12}$$

$$n = \frac{899 - 143}{12}$$

$$n = \frac{756}{12}$$

$$n = 63$$

Postulat 2) La somme des carrés moins 2 d'une paire de nombres premiers (jumeaux ou non, successifs ou non et excluant les nombres 2 et 3) est toujours un multiple du nombre 24.

Exemples détaillés :

|                    |              |                         |                 |
|--------------------|--------------|-------------------------|-----------------|
| Paire (11, 13)     |              | Paire (23, 37)          |                 |
| $11^2 = 121$       | $13^2 = 169$ | $23^2 = 529$            | $37^2 = 1\,369$ |
| $121 + 169 = 290$  |              | $529 + 1\,369 = 1\,898$ |                 |
| $290 - 2 = 288$    |              | $1\,898 - 2 = 1\,896$   |                 |
| $288 \div 24 = 12$ |              | $1\,896 \div 24 = 79$   |                 |

Les nombres 12 et 79 sont des entiers, tel que prévu.

Formules :

$pja$  = Nombre premier jumeau  $> pjb$ .

$pjb$  = Nombre premier jumeau  $< pja$ .

$n$  = Nombre entier.

$$A) n = \frac{pja^2 + pjb^2 - 2}{24}$$

$$B) 24n + 2 = pja^2 + pjb^2$$

Application de nos deux formules :

$$pja = 107$$

$$pjb = 109$$

$$n = \frac{107^2 + 109^2 - 2}{24}$$

$$n = \frac{11\,449 + 11\,881 - 2}{24}$$

$$n = \frac{23\,330 - 2}{24}$$

$$n = \frac{23\,328}{24}$$

$$n = 972$$

\* \* \*

$$24n + 2 = 107^2 + 109^2$$

$$24n + 2 = 11\,449 + 11\,881$$

$$24n + 2 = 23\,330$$

$$24n = 23\,330 - 2$$

$$24n = 23\,328$$

$$n = \frac{23\,328}{24}$$

$$n = 972$$

Les formules montrent que la division par 24 donne bel et bien un nombre entier.

Postulat 3) La différence entre les carrés d'une paire de nombres premiers (jumeaux ou non) est toujours un multiple de 24. Nous utiliserons des paires de nombres premiers jumeaux pour nos exemples.

Exemple détaillé :

Paire (29, 31)

$$29^2 = 841 \qquad 31^2 = 961$$

$$961 - 841 = 120$$

$$120 \div 24 = 5$$

Formules :

$(pja, pjb)$  = Une paire de nombres premiers jumeaux.

$n$  = Nombre entier.

$$A) \ n = \frac{pjb^2 - pja^2}{24}$$

$$B) \ 24n = pjb^2 - pja^2$$

Application de nos deux formules :

$$pja = 7$$

$$pjb = 5$$

$$n = \frac{7^2 - 5^2}{24}$$

$$n = \frac{49 - 25}{24}$$

$$n = \frac{24}{24} \qquad n = 1$$

\* \* \*

$$24n = 7^2 - 5^2$$

$$24n = 49 - 25$$

$$24n = 24$$

$$n = \frac{24}{24} \qquad n = 1$$

Postulat 4) L'écart entre la somme des carrés des nombres de deux paires de nombres premiers jumeaux est toujours un multiple du nombre 24.

Exemples détaillés :

Paire (17, 19)

$$17^2 = 289$$

$$19^2 = 361$$

$$289 + 361 = 650$$

Paire (41, 43)

$$41^2 = 1\ 681$$

$$43^2 = 1\ 849$$

$$1\ 849 + 1\ 681 = 3\ 530$$

$$3\ 530 - 650 = 2\ 880$$

$$2\ 880 \div 24 = 120$$

Formules :

$(pja, pjb)$  = Une paire de nombres premiers jumeaux  $> (pjc, pjd)$ .

$(pjc, pjd)$  = Une paire de nombres premiers jumeaux  $< (pja, pjb)$ .

$n$  = Nombre entier.

$$B) \ n = \frac{pja^2 + pjb^2 - pj c^2 - pjd^2}{24}$$

$$B) \ 24n = pja^2 + pjb^2 - pj c^2 - pjd^2$$

Application de la formule A :

$(pja, pjb) = (29, 31)$

$(pjc, pjd) = (11, 13)$

$$n = \frac{29^2 + 31^2 - 11^2 - 13^2}{24}$$

$$n = \frac{841 + 961 - 121 - 169}{24}$$

$$n = \frac{1\ 802 - 290}{24}$$

$$n = \frac{1\ 512}{24}$$

$$n = 63$$

La formule montre que la division par 24 donne bel et bien un nombre entier.

Postulat 5) L'écart entre la différence des carrés des nombres de deux paires de nombres premiers jumeaux est toujours un multiple du nombre 24.

Exemples détaillés :

|                         |                 |                           |                   |
|-------------------------|-----------------|---------------------------|-------------------|
| Paire (59, 61)          |                 | Paire (101, 103)          |                   |
| $59^2 = 3\,481$         | $61^2 = 3\,721$ | $101^2 = 10\,201$         | $103^2 = 10\,609$ |
| $3\,721 - 3\,481 = 240$ |                 | $10\,609 - 10\,201 = 408$ |                   |
| $408 - 240 = 168$       |                 |                           |                   |
| $168 \div 24 = 7$       |                 |                           |                   |

Formules :

$(pja, pjb) =$  Une paire de nombres premiers jumeaux  $> pjc / pjd$ .

$(pjc, pjd) =$  Une paire de nombres premiers jumeaux  $< pja / pjb$ .

$n =$  Nombre entier.

$$A) \ n = \frac{pjb^2 - pja^2 - pjc^2 - pjd^2}{24}$$

$$B) \ 24n = pjb^2 - pja^2 - pjc^2 - pjd^2$$

Application de la formule A :

$(pja, pjb) = (29, 31)$

$(pjc, pjd) = (11, 13)$

$$n = \frac{31^2 - 29^2 - 11^2 - 13^2}{24}$$

$$n = \frac{1\,849 - 1\,681 - 841 - 961}{24}$$

$$n = \frac{48}{24}$$

$$n = 2$$

La formule montre que la division par 24 donne bel et bien un nombre entier.

Postulat 6) La différence entre les carrés d'une paire de nombres premiers jumeaux, lorsque divisée par 24, est toujours un diviseur de la somme moins 2 de leurs carrés, divisée par 24.

Exemple détaillé :

Paire (41, 43)

$$41^2 = 1\,681 \quad 43^2 = 1\,849$$

$$41^2 = 1\,681 \quad 43^2 = 1\,849$$

$$1\,681 + 1\,849 = 3\,530$$

$$1\,849 - 1\,681 = 168$$

$$3\,530 - 2 = 3\,528$$

$$168 \div 24 = 7$$

$$3\,528 \div 24 = 147$$

$$147 \div 7 = 21$$

Formule :

$(pja, pjb)$  = Une paire de nombres premiers jumeaux.

$n$  = Nombre entier.

$$n = \frac{(pja^2 + pjb^2 - 2) \div 24}{pjb^2 - pja^2 \div 24}$$

Application de la formule :

$(pja, pjb) = (41, 43)$

$$n = \frac{(41^2 + 43^2 - 2) \div 24}{43^2 - 41^2 \div 24}$$

$$n = \frac{(1\,681 + 1\,849 - 2) \div 24}{1\,849 - 1\,681 \div 24}$$

$$n = \frac{(3\,530 - 2) \div 24}{168 \div 24}$$

$$n = \frac{3\,528 \div 24}{7}$$

$$n = \frac{147}{7}$$

$$n = 21$$

Postulat 7) La somme des deux nombres d'une paire de nombres premiers jumeaux, lorsqu'on la prend comme diviseur et que le dividende est le carré moins 1 de l'un ou l'autre de ces deux mêmes nombres, donnera toujours pour résultat un nombre entier, dont l'ordre de grandeur va croissant proportionnellement au nombre de départ.

Exemple détaillé :

Paire (29, 31)

$$29 + 31 = 60$$

$$29^2 = 841$$

$$31^2 = 961$$

$$841 - 1 = 840$$

$$961 - 1 = 960$$

$$840 \div 60 = 14$$

$$960 \div 60 = 16$$

Formule :

$(pja, pjb) =$  Une paire de nombres premiers jumeaux.

$n =$  Nombre entier.

$$n = \frac{pja^2 - 1}{pja + pjb}$$

$$n = \frac{pjb^2 - 1}{pja + pjb}$$

Application de la formule :

$(pja, pjb) = (29, 31)$

$$n = \frac{29^2 - 1}{29 + 31}$$

$$n = \frac{31^2 - 1}{29 + 31}$$

$$n = \frac{841 - 1}{60}$$

$$n = \frac{961 - 1}{60}$$

$$n = \frac{840}{60}$$

$$n = \frac{960}{60}$$

$$n = 14$$

$$n = 16$$

Postulat 8) La somme des carrés moins 2 de deux nombres premiers jumeaux est toujours divisible par la somme de ceux-ci.

Exemple détaillé :

Paire (29, 31)

$$29 + 31 = 60$$

$$29^2 = 841$$

$$31^2 = 961$$

$$841 + 961 = 1\,802$$

$$1\,802 - 2 = 1\,800$$

$$1\,800 \div 60 = 30$$

Formule :

$(pja, pjb)$  = Une paire de nombres premiers jumeaux.

$n$  = Nombre entier.

$$n = \frac{pja^2 + pjb^2 - 2}{pja + pjb}$$

Application de la formule :

$(pja, pjb) = (71, 73)$

$$n = \frac{71^2 + 73^2 - 2}{71 + 73}$$

$$n = \frac{5\,041 + 5\,329 - 2}{144}$$

$$n = \frac{10\,370 - 2}{144}$$

$$n = \frac{10\,368}{144}$$

$$n = 72$$

Postulat 9) Faire la différence entre le carré du nombre séparateur ( $ns$ ) d'une paire de nombres premiers jumeaux et le carré d'un nombre de deux unités inférieur. Faire la différence entre le carré d'un nombre de deux unités supérieur au  $ns$  et le carré du  $ns$ . L'addition de ces deux résultats est égal à  $8ns$  et est un multiple de 24, qui correspond à  $24(ns/3)$ .

Exemples détaillés :

Paire (5, 7)  $ns = 6$

$$6^2 - 4^2 = 20$$

$$8^2 - 6^2 = 28$$

$$20 + 28 = 48$$

$$(48 = 8 \times 6 = 24 \times \frac{6}{3})$$

Paire (11, 13)  $ns = 12$

$$12^2 - 10^2 = 44$$

$$14^2 - 12^2 = 52$$

$$44 + 52 = 96$$

$$(96 = 8 \times 12 = 24 \times \frac{12}{3})$$

Formules : (la procédure nécessite trois formules)

$ns$  = Nombre séparateur d'une paire de nombres premiers jumeaux.

$$x = ns - 2.$$

$$y = ns + 2.$$

$c$  = Multiple de 24 égal à  $8ns$  ainsi qu'à  $24 \frac{ns}{3}$ .

$$ns^2 - x^2 = a$$

$$y^2 - ns^2 = b$$

$$a + b = c$$

Paire (17, 19)

Pair (17, 19)

$$18^2 - 16^2 = 68$$

$$20^2 - 18^2 = 76$$

$$68 + 76 = 144$$

$$144 = 8 \times 18$$

$$144 = 24 \times \frac{18}{3}$$

Postulat 10) La différence entre les carrés d'une paire de nombres  $pj$  est égale à leur somme multipliée par deux. Vrai pour toute paire de nombres dont la différence est de deux unités. La particularité d'une paire de nombres  $pj$  est que le résultat est un multiple de 24 dont le facteur multiplicatif correspond à leur somme divisée par 12 ou au nombre séparateur ( $ns$ ) divisé par 6.

Exemples détaillés :

Paire (4, 6)

Paire (17, 19)

$$4 + 6 = 10 / 2 \times 10 = 20$$

$$17 + 19 = 36 / 2 \times 36 = 72$$

$$4^2 = 16 / 6^2 = 36 / 36 - 16 = 20$$

$$17^2 = 289 / 19^2 = 361 / 361 - 289 = 72$$

$$(36 \div 12 = 18 \div 6 = 3 / 24 \times 3 = 72)$$

Paire (29, 31)

$$29 + 31 = 60 \quad / \quad 2 \times 60 = 120$$

$$29^2 = 841 \quad / \quad 31^2 = 961 \quad / \quad 961 - 841 = 120$$

$$(60 \div 12 = 30 \div 6 = 5 \quad / \quad 24 \times 5 = 120)$$

Formules : (la procédure nécessite plusieurs opérations)

$$x = \text{Nombre premier jumeau} = y - 2.$$

$$y = \text{Nombre premier jumeau} = x + 2.$$

$$ns = \text{Nombre séparateur de la paire de nombres premiers jumeaux.}$$

$$x + y = a \quad 2a = b \quad x^2 = c \quad y^2 = d \quad d - c = b$$

$$\frac{a}{12} = \frac{ns}{6} = e \quad 24e = b$$

Ainsi, la somme de deux nombres d'une paire de nombres  $pj$  multipliée par 2 est égale à la différence entre leurs carrés, qui correspond à 24 fois le douzième de leur somme ou à 24 fois le sixième du nombre séparateur ( $ns$ ).

Postulat 11) Les multiples du carré du nombre 24 (i.e. les multiples de 576) correspondent *parfois* à la différence entre la somme des carrés de deux paires de nombres premiers jumeaux (successives ou non).

Nous avons trouvé trois cas de ce genre :

$$1) \quad 1 \times 24^2 = 17^2 + 19^2 - 5^2 - 7^2$$

$$2) \quad 2 \times 24^2 = 29^2 + 31^2 - 17^2 - 19^2$$

$$3) \quad 3 \times 24^2 = 41^2 + 43^2 - 29^2 - 31^2$$

Exemples détaillés :

Paire (29, 31)

$$29^2 = 841$$

$$31^2 = 961$$

$$841 + 961 = 1\,802$$

Paire (41, 43)

$$41^2 = 1\,681$$

$$43^2 = 1\,849$$

$$1\,681 + 1\,849 = 3\,530$$

$$3\,530 - 1\,802 = 1\,728$$

$$1\,728 \div 576 = 3$$

Formules :

$(pja, pjb) =$  Une paire de nombres premiers jumeaux  $> (pjc, pjd)$ .

$(pjc, pjd) =$  Une paire de nombres premiers jumeaux  $< (pja, pjb)$ .

$n =$  Nombre entier.

$$A) n = \frac{pja^2 + pjb^2 - pj c^2 - pjd^2}{24^2}$$

$$B) 24^2 n = pja^2 + pjb^2 - pj c^2 - pjd^2$$

Application de la formule B :

$(pja, pjb) = (41, 43)$

$(pjc, pjd) = (17, 19)$

$$24^2 n = 41^2 + 43^2 - 17^2 - 19^2$$

$$576n = 1\,681 + 1\,849 - 289 - 361$$

$$576n = 3\,530 - 650$$

$$576n = 2\,880$$

$$n = \frac{2,880}{576}$$

$$n = 5$$

Ce dernier postulat ouvre de nombreuses autres possibilités arithmétiques fondées sur le même principe, nous laissant présumer que nous n'avons pas bien saisi et cerné le phénomène mathématique que nous tentons de décrire. Par exemple, de simple petits calculs nous font découvrir que, dans certains cas de figure, nous pouvons obtenir le même genre d'égalité en soustrayant le carré d'un nombre premier supplémentaire.

Par exemple :

$$4 \times 24^2 = 71^2 + 73^2 - 59^2 - 61^2 - \mathbf{29^2}$$

On constate que, pour obtenir 2 304 (soit  $4 \times 576$ ), un cinquième nombre premier doit se joindre à la fête, ajoutant son carré aux deux autres nombres à soustraire. Cela signifie que moult autres combinaisons sont envisageables et qu'il suffirait d'effectuer quelques calculs pour en découvrir de nouvelles. Dès lors, une des questions qui s'impose à notre esprit est de savoir s'il existe toujours une

combinaison de nombres – peu importe le nombre de termes – permettant d’obtenir chacun des multiples de 24 par une série d’opérations de soustraction – ou une combinaison de soustractions et d’additions –, ces nombres étant les carrés de nombres premiers jumeaux, ou sinon les carrés d’autres nombres premiers non jumeaux.

Par exemple :

$$5 \times 24^2 = 109^2 - 73^2 - 61^2 + 7^2$$

Ici, nous nous montrons plus flexible en acceptant l’addition, mais plus les conditions s’assouplissent, plus le nombre d’opérations possibles augmente, ce qui rend du même coup le postulat moins intéressant et la tâche consisterait alors à le subdiviser en une série de postulats plus spécifiques. Il nous apparaît probable qu’on puisse obtenir tous les multiples de 24 si les contraintes sont insuffisantes, ce qui nous inciterait plutôt à les resserrer. Quoi qu’il en soit, le problème posé est fascinant et mérite de plus amples investigations.

Pour conclure cette section sur les postulats concernant les paires de nombres premiers jumeaux, disons qu’ils pavent la voie à des explorations plus avancées. Il serait souhaitable d’obtenir une certaine forme de validation ou de confirmation de nos postulats via la production de plusieurs milliers de cas sans erreur (i.e. sans exception ni omission), mais nous les considérons comme étant des évidences mathématiques.

## **2.2 Hypothèses sur les relations arithmétiques entre les nombres premiers jumeaux, les nombres premiers, les nombres semi-premiers, les nombres séparateurs, les nombres épaulettes et les nombres faux positifs**

En guise de complément à cette section portant sur les nombres premiers jumeaux ( $pj$ ), nous formulons onze hypothèses qui visent à examiner une relation possible entre ceux-ci et :

- 1) l’ensemble des nombres premiers;
- 2) les nombres semi-premiers;
- 3) les nombres situés au milieu d’une paire de  $pj$ , que nous nommons « nombres séparateurs » ( $ns$ );
- 4) les nombres situés de chacun de leurs côtés, que nous nommerons « nombres épaulettes » ( $ne$ );

- 5) les nombres faux positifs ( $fp$ ) issus de notre algorithme, qui correspondent essentiellement à un sous-ensemble de nombres semi-premiers.
- 6) certains facteurs multiplicatifs associés au nombre 24.

### Hypothèse 1 :

Le nombre séparateur ( $ns$ ) est le nombre positionné entre les deux nombres d'une paire de nombres premiers jumeaux ( $pj$ ). On peut aussi bien le considérer comme étant la moyenne des deux nombres d'une paire de  $pj$ . La séquence correspondante est inscrite sur le site de *L'Encyclopédie en ligne des suites de nombres entiers* (OEIS) [2] sous le numéro A014574 (<https://oeis.org/A014574>). Nous savons que le  $ns$  est toujours un multiple de 6. La seule exception à cette règle universelle concerne le premier d'entre eux, soit le nombre 4, qui est inférieur à 6 et ne peut donc en être un multiple.

Notre hypothèse exprimée sous forme de règle est la suivante :

Le  $ns$  d'une paire de  $pj$  est toujours égal à la somme de deux autres  $ns$  inférieurs ou d'un même  $ns$  doublé. Nous vous présentons ci-après quelques exemples afin d'illustrer ce concept.

$$\begin{array}{llllllll}
 6 + 6 = 12 & 6 + 12 = 18 & 12 + 18 = 30 & 12 + 30 = 42 & 30 + 30 = 60 & 12 + 60 = 72 & 30 + 72 = 102 \\
 6 + 102 = 108 \text{ (ou } 48 + 60 = 108) & 30 + 108 = 138 & 42 + 108 = 150 & 30 + 150 = 180 \\
 12 + 180 = 192 \text{ (ou } 42 + 150) & 18 + 180 = 198 \text{ (ou } 60 + 138) & 30 + 198 = 228 \\
 42 + 198 = 240 \text{ (ou } 60 + 180 = 240) & 30 + 240 = 270 & 12 + 270 = 282 \text{ (ou } 42 + 240 = 282) \\
 30 + 282 = 312 & 108 + 240 = 348 \text{ (ou } 150 + 198 = 348) & \text{ETC.}
 \end{array}$$

Il existe moult autres combinaisons possibles, mais l'idée est toujours la même : les  $ns$  de toutes les paires de nombres  $pj$ , sans exception, peuvent toujours être obtenus par l'addition de deux  $ns$  appartenant à une ou deux paires de nombres  $pj$  inférieures. Tous ces nombres étant des multiples de 6, il est probable que cette correspondance s'observe indéfiniment. En l'absence de preuve, il nous semble raisonnable de considérer cette hypothèse comme une nouvelle conjecture.

### Hypothèse 2 :

Lorsque nous examinons la séquence des paires de nombres premiers jumeaux, la problématique à laquelle nous sommes confrontés est la grande quantité de « faux positifs », soit tous les multiples de 6 qui ne sont pas des nombres séparateurs ( $ns$ ). Nous nous sommes donc penchés sur l'analyse des propriétés particulières des nombres qui encadrent un multiple de 6 qui n'est pas un séparateur de nombres premiers

jumeaux, cela afin de repérer des constantes et d'en extraire une règle heuristique. Nous en sommes venus à la constatation suivante, exprimée sous forme d'hypothèse :

Tous les multiples de 6 qui ne sont pas des nombres séparateurs de paires de nombres premiers jumeaux sont :

A) soit des nombres dont l'unité est 4 ou 6 (dès lors, il leur est impossible de trouver à leurs côtés deux nombres premiers, puisque les multiples de 5 n'en sont jamais, ce qui les exclut par défaut);

B) soit encadrés par l'un ou l'autre de ces nombres ou une combinaison de ceux-ci :

-un nombre premier (un seul, avant ou après, sinon il s'agirait d'une paire de nombres premiers jumeaux);

-un nombre semi-premier;

-une puissance d'un nombre semi-premier ou une puissance de 3 ou plus d'un nombre premier.

Le prochain tableau illustre ce phénomène. On y retrouve la liste des 23 premiers multiples de 6 qui ne sont pas des *ns* (i.e. qui ne sont pas encadrés par une paire de nombres premiers jumeaux). Les nombres premiers jumeaux potentiels (*pjp*) apparaissent en caractère gras. Ce sont ceux associés à un multiple de 6 dont le chiffre aux unités est soit 0, 2 ou 8 et qui sont donc candidats à être premiers.

**Tableau 7 : Multiples de 6 de 0 à 222 qui ne sont pas encadrés par une paire de nombres premiers jumeaux**

**24** = 4 ou 6 aux unités (23 = **premier**) + (25 = **semi-premier**)

**36** = 4 ou 6 aux unités (37 = **premier**) + (35 = **semi-premier**)

**48** = (47 = **premier**) + (49 = **semi-premier**)

**54** = 4 ou 6 aux unités (53 = **premier**) + (55 = **semi-premier**)

**66** = 4 ou 6 aux unités (67 = **premier**) + (65 = **semi-premier**)

**78** = (79 = **premier**) + (77 = **semi-premier**)

**84** = 4 ou 6 aux unités (83 = **premier**) + (85 = **semi-premier**)

**90** = (89 = **premier**) + (91 = **semi-premier**)

**96** = 4 ou 6 aux unités (97 = **premier**) + (95 = **semi-premier**)

$$114 = 4 \text{ ou } 6 \text{ aux unités } (113 = \text{premier}) + (115 = \text{semi-premier})$$

$$120 = (119 + 121 = \text{semi-premiers})$$

$$126 = 4 \text{ ou } 6 \text{ aux unités } (127 = \text{premier}) + (125 = \text{semi-premier } (5^3))$$

$$132 = (131 = \text{premier}) + (133 = \text{semi-premier})$$

$$144 = 4 \text{ ou } 6 \text{ aux unités } (143 + 145 = \text{semi-premiers})$$

$$156 = 4 \text{ ou } 6 \text{ aux unités } (157 = \text{premier}) + (155 = \text{semi-premier})$$

$$162 = (163 = \text{premier}) + (161 = \text{semi-premier})$$

$$168 = (167 = \text{premier}) + (169 = \text{semi-premier})$$

$$174 = 4 \text{ ou } 6 \text{ aux unités } (173 = \text{premier}) + (175 = \text{composé})$$

$$186 = 4 \text{ ou } 6 \text{ aux unités } (185 + 187 = \text{semi-premiers})$$

$$204 = 4 \text{ ou } 6 \text{ aux unités } (203 + 205 = \text{semi-premiers})$$

$$210 = (211 = \text{premier}) + (209 = \text{semi-premier})$$

$$216 = (215 + 217 = \text{semi-premiers})$$

$$222 = (223 = \text{premier}) + (221 = \text{semi-premier})$$

Comme nous pouvons le constater, il n'y a pas de nombre composé d'un côté ou de l'autre d'un multiple de 6 se terminant par 0, 2 ou 8 dans l'ensemble des paires qui ne sont pas des paires de nombres premiers jumeaux. Il faut aller beaucoup plus loin pour en trouver, car il s'agit de cas assez rarissimes et particuliers, i.e. lorsque le nombre composé est une puissance d'un nombre premier égale ou supérieure à 3. Par exemple, pour la paire de nombres premiers jumeaux potentiels 341-343, situés de part et d'autre d'un multiple de 6 (342), nous observons que 341 est un nombre semi-premier et que 343 est le produit de  $7^3$ , ce qui semble reproduire le même schéma que celui que nous avons observé plus tôt pour la détection des nombres premiers.

Pour résumer la chose en une sorte de règle empirique, nous soutenons que :

Toutes les paires de nombres qui encadrent un multiple de 6 (ne se terminant pas par un 4 ou un 6) sont des paires de nombres premiers jumeaux, sauf si l'un ou l'autre des nombres de ces paires est :

- un nombre semi-premier;
- une puissance d'un nombre premier (ou semi-premier pour les grands nombres).

Sinon, les deux nombres sont condamnés à être des nombres premiers, et ils sont donc des nombres premiers jumeaux.

Nous pouvons dès lors proposer une méthode heuristique expéditive permettant d'obtenir une liste de paires de nombres premiers jumeaux. Elle fait un peu écho au fameux crible d'Ératosthène.

#### Méthode :

1. Faire la liste des multiples de 6 de  $x$  jusqu'à  $y$ .
2. Biffer les nombres dont l'unité est un 4 ou un 6. Les nombres restants sont des nombres séparateurs (*ns*) candidats de paires de nombres premiers jumeaux (*pj*). En d'autres mots, cela permet d'obtenir la liste des paires de nombres premiers jumeaux potentielles (*pjp*).
3. Faire la liste des nombres semi-premiers et des puissances de nombres premiers (et semi-premiers pour les grands nombres) jusqu'à une hauteur maximale de  $y$ , puis biffer les paires de *pjp* ayant l'un ou l'autre de ces nombres. Évidemment, les nombres semi-premiers dont nous parlons ici ne sont jamais des multiples ou des puissances des nombres 2 (puisque'ils sont impairs) ou 5 (puisque'aucun multiple de 5 ne peut être premier). Les paires restantes sont toutes « par défaut » des paires de nombres premiers jumeaux, sans la moindre exception.

En guise de démonstration, prenons les 20 premiers multiples de 6.

Étape 1) Dresser la liste des 20 premiers multiples de 6 : 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66, 72, 78, 84, 90, 96, 102, 108, 114, 120.

Étape 2a) Identifier les multiples de 6 dont l'unité est un 4 ou un 6, puis éliminer les paires correspondantes (le nombre 6 fait bien sûr exception, puisque le nombre 5 est premier).

Multiples de 6 à retrancher : 24, 36, 54, 66, 84, 96, 114.

Paires éliminées (7/20) : (23, 25), (35, 37), (53, 55), (65, 67), (83, 85), (95, 97), (113, 115).

Étape 2b) Former des paires avec les nombres situés de chacun des côtés des multiples de 6 conservés. Il nous reste donc 13 paires de nombres premiers jumeaux potentielles (*pjp*).

Multiples de 6 conservés : 6, 12, 18, 30, 42, 48, 60, 72, 78, 90, 102, 108, 120.

Paires conservées (*pjp*) (13/20) : (5, 7), (11, 13), (17, 19), (29, 31), (41, 43), (47, 49), (59, 61), (71, 73), (77, 79), (89, 91), (101, 103), (107, 109), (119, 121).

Étape 3) Dresser la liste des nombres semi-premiers et des puissances de nombres premiers jusqu'à hauteur de 121 :

$$p^2 : 3^2 = 9 / 7^2 = 49 / 11^2 = 121 / 3^3 = 27 / 3^4 = 81$$

$$p \times p : 3 \times 7 = 21 / 3 \times 11 = 33 / 3 \times 13 = 39 / 3 \times 17 = 51 / 3 \times 19 = 57 / 3 \times 23 = 69 / \\ 3 \times 29 = 87 / 3 \times 31 = 93 / 3 \times 37 = 111 / 7 \times 11 = 77 / 7 \times 13 = 91 / 7 \times 17 = 119$$

Étape 4) Rayer les paires ayant l'un ou l'autre de ces nombres. Les paires restantes sont des paires de nombres premiers jumeaux, à tous les coups!

Paires éliminées (4/13) : (47, **49**), (**77**, 79), (89, **91**), (**119**, **121**)

Paires conservées (9/13 ou 9/20 au total) : (5, 7), (11, 13), (17, 19), (29, 31), (41, 43), (59, 61), (71, 73), (101, 103) / (107, 109)

La tentation est forte de traduire ces énoncés en formule algébrique dont la fonction serait l'identification ou le repérage des paires de nombres premiers jumeaux, ce qui pourrait ressembler à ceci :

$n$  = Multiple de 6 ayant un 0, un 2 ou un 8 à la position des unités.

$p$  = Nombre premier.

$sp$  = Nombre semi-premier.

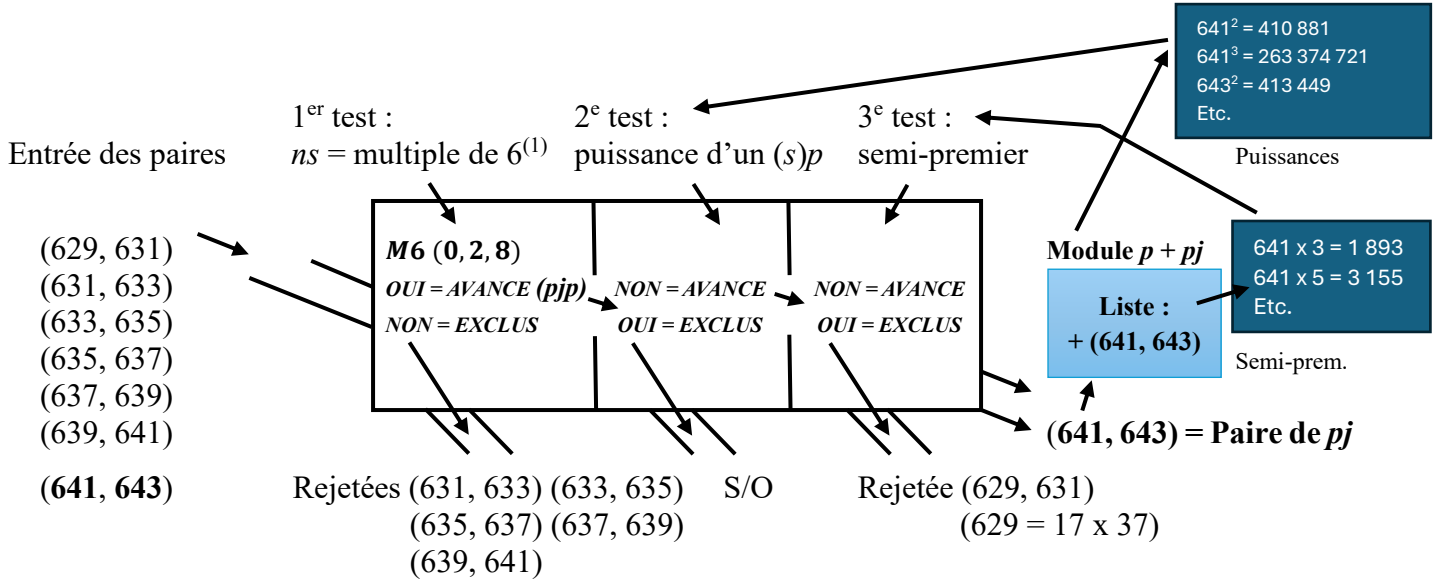
$pj$  = Nombre premier jumeau.

$x$  = Exposant.

Formule : Si  $n - 1$  ou  $n + 1 \neq sp, p^x$  ou  $sp^x$  Alors  $n - 1$  et  $n + 1 = pj$

De manière graphique, notre modèle pourrait s'apparenter à notre machine à détecter les nombres premiers (voir Diagramme 1) et même s'y greffer fonctionnellement et opérationnellement via le module de mémoire, comme en témoigne le schéma suivant.

**Diagramme 2 : La machine à détecter des paires de nombres premiers jumeaux**



(1) Les paires doivent avoir en leur milieu un multiple de 6 dont les unités sont 0, 2 ou 8.

Le module de mémoire, dont la fonction initiale était de servir de base de données pour la sauvegarde des nombres premiers à la suite de la procédure d'identification, prouve une seconde fois son utilité en contribuant à la validation des paires de nombres premiers jumeaux. Mieux encore, nous n'avons nul besoin d'effectuer la moindre vérification ou le moindre calcul sur les nombres restant pour en valider le statut de nombres premiers jumeaux, puisqu'ils sont arithmétiquement condamnés à en être.

Le mécanisme auquel nous faisons usage ici pour valider les paires de nombres premiers jumeaux est fondé sur les propriétés essentielles de notre système de numération, qui s'articule en fonction de la multiplication des nombres premiers et de leurs « produits dérivés » sous forme de nombres semi-premiers ou de puissances de nombres premiers ou semi-premiers. Ce principe de construction est responsable de l'architecture d'ensemble et gouverne la répartition des paires de nombres premiers jumeaux. Cela nous ramène au principe arithmétique universel voulant que les nombres premiers sont les blocs de construction (*building blocks*) de notre système de numération, d'autant plus qu'ils sont eux qui distribuent les nombres semi-premiers et les puissances de nombres premiers sur le continuum des entiers naturels, produisant ainsi cette matrice invisible à l'origine de notre modèle.

### Hypothèse 3 :

Dans le continuum des entiers positifs, le premier terme d'une paire de nombres premiers jumeaux est toujours précédé par un nombre entier qui lui est inférieur de 1 et le second terme est toujours suivi d'un nombre entier qui lui est supérieur de 1. Nous parlons bien ici des « nombres épaulettes » (*ne*).

Nous formulons l'hypothèse qu'il existe une infinité de paires de nombres premiers jumeaux encadrés par des *ne* qui sont des nombres semi-premiers. De surcroît, ces *ne* semi-premiers semblent être systématiquement le résultat de la multiplication par deux de chacun des nombres appartenant à une autre paire de nombres *pj*, ce qui représente une spectaculaire singularité. Nous choisissons de baptiser ces paires de nombres premiers jumeaux arithmétiquement liées – i.e. dont les *ne* de l'une sont le double de l'autre – les nombres « premiers jumeaux de Sophia » (*pjs*).

Lorsque nous avons remarqué la présence de nombres semi-premiers de chaque côté de certaines paires de nombres *pj*, nous avons cherché à en identifier l'origine. Nous avons donc analysé leurs diviseurs, ce qui nous a permis de constater qu'ils étaient le produit par 2 de nombres premiers appartenant à une autre paire de nombres *pj* plus petite. Nous supposons que ce phénomène arithmétique spectaculaire et inattendu est associé à la nature même de l'édification de la toile numérique, les nombres semi-premiers y jouant un rôle plus fondamental qu'anticipé.

Voici quelques exemples. Les nombres épaulettes (*ne*) sont en caractère gras. La « paire donneuse » correspond à celle des nombres multipliés par deux et la « paire receveuse » à celle qui est encadrée par les nombres épaulettes. Notons que, mis à part les deux premières paires ((5, 7) et (11, 13)), les paires donneuses et receveuses doivent nécessairement avoir les chiffres 9 et 1 comme unités respectives, dans cet ordre précis, pour que cette opération de doublement soit rendue possible, aucune autre combinaison de paires de nombres *pj* n'offrant cette compatibilité. Ce critère de rigueur a l'avantage de faciliter leur repérage.

|                   |            |                                  |                                  |
|-------------------|------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Paire donneuse :  | (5, 7)     | $5 \times 2 = \mathbf{10}$       | $7 \times 2 = \mathbf{14}$       |
| Paire receveuse : | (11, 13)   | $\mathbf{10, 11, 12, 13, 14}$    |                                  |
| Paire donneuse :  | (29, 31)   | $29 \times 2 = \mathbf{58}$      | $31 \times 2 = \mathbf{62}$      |
| Paire receveuse : | (59, 61)   | $\mathbf{58, 59, 60, 61, 62}$    |                                  |
| Paire donneuse :  | (659, 661) | $659 \times 2 = \mathbf{1\ 318}$ | $661 \times 2 = \mathbf{1\ 322}$ |

|                   |                |                                                    |
|-------------------|----------------|----------------------------------------------------|
| Paire receveuse : | (1 319, 1 321) | <b>1 318</b> , 1 319, 1 320, 1 321, <b>1 322</b>   |
| Paire donneuse :  | (809, 811)     | 809 x 2 = <b>1 618</b> 811 x 2 = <b>1 622</b>      |
| Paire receveuse : | (1 619, 1 621) | <b>1 618</b> , 1 619, 1 620, 1 621, <b>1 622</b>   |
| Paire donneuse :  | (2 129, 2 131) | 2 129 x 2 = <b>4 258</b> 2 131 x 2 = <b>4 262</b>  |
| Paire receveuse : | (4 259, 4 261) | <b>4 258</b> , , 4 259, 4 260, 4 261, <b>4 262</b> |
| Paire donneuse :  | (2 549, 2 551) | 2 549 x 2 = <b>5 098</b> 2 551 x 2 = <b>5 102</b>  |
| Paire receveuse : | (5 099, 5 101) | <b>5 098</b> , 5 099, 5 100, 5 101, <b>5 102</b>   |

Une autre manière de représenter les paires de nombres *pjs* est de cibler le nombre séparateur (*ns*) entre les deux paires concernées et de multiplier par deux celui de la paire inférieure, ce qui est mathématiquement plus simplement exprimé. Les formules servant à définir les paires de nombres premiers jumeaux de Sophia pourraient donc être les suivantes :

*pjsa* = Les deux nombres de la « paire donneuse » de nombres premiers jumeaux de Sophia.

*pjsb* = Les deux nombres de la « paire receveuse » de nombres premiers jumeaux de Sophia.

*ns* = Nombre séparateur de la paire indiquée.

*S* = Somme des deux nombres de la paire indiquée.

Formules :

$$Spjsa = \frac{Spjsb}{2}$$

ou

$$2nspjsa = \frac{nspjsb}{2}$$

Nous pouvons formuler l'hypothèse qu'une troisième paire viennent se greffer aux deux autres, qui serait le double de la seconde, de telle sorte que la paire *pjsb* soit à la base du calcul permettant d'obtenir une paire *pjsc* plus grande qu'elle-même. Nous nommons « paires de nombres premiers jumeaux de Sophia **triples** » les trois paires de nombres *pjs* qui, exceptionnellement, seraient liées par cette relation arithmétique. Les équations suivantes traduisent la situation où les trois paires de nombres premiers jumeaux de Sophia – soit *pjsa*, *pjsb* et *pjsc* – sont des paires de nombres *pjs* triples.

Formules :

$$Spjsa = \frac{Spjsb}{2} = \frac{Spjsc}{4}$$

ou

$$2nspjsa = \frac{nspjsb}{2} = \frac{nspjsc}{4}$$

Dès lors, deux questions s'imposent à nous :

- 1) Existe-t-il une infinité de paires de nombres  $pjs$ ?
- 2) Existe-t-il des paires de nombres  $pjs$  quadruples ou même quintuples, etc.?

Nous formulons l'hypothèse qu'il existe une infinité de paires de nombres  $pjs$ . Nous supposons également l'existence de paires de nombres  $pjs$  triples, bien que nous n'en ayons pas encore repérées, n'ayant pas à notre disposition les moyens technologiques nécessaires; c'est davantage le travail de mathématiciens professionnels. Nous considérons le phénomène énigmatique des paires de nombres premiers de Sophia comme une évidence mathématique dont il faut décoder les mécanismes arithmétiques et comprendre la signification. Nos interrogations à ce sujet représentent une conjecture exigeant validation et nous invitons la communauté des chercheurs à s'y intéresser.

Hypothèse 4 :

Nous avons vu précédemment que notre algorithme initial, soit la formule  $p = \sqrt{24n + 1}$ , accepte un certain nombre de faux positifs ( $fp$ ), que notre procédure rejette à la suite d'un tamisage. Nous avons cherché à savoir s'il pouvait exister une corrélation entre le nombre de faux positifs ( $fp$ ) et les nombres premiers jumeaux ( $pj$ ). Nous avons observé l'écart qui sépare les carrés d'une paire de nombres  $pj$  et comptabilisé le nombre de  $fp$  situés à l'intérieur de cet intervalle, afin d'y repérer une correspondance. Les résultats obtenus plaident en faveur d'une analyse plus poussée que celle que nous avons effectuée, car ils nous amènent à supposer l'existence d'une corrélation entre le nombre de  $fp$  contenus dans la fourchette des carrés des nombres  $pj$  – sous la forme d'une suite numérique croissante – et les paires de nombres  $pj$ .

Notre hypothèse est la suivante : le nombre de nombres premiers faux positifs situés entre les carrés d'une paire de nombres premiers jumeaux représente un terme faisant partie d'une suite logique. Par exemple, il y a :

- 0** nombre *fp* entre les carrés de 3 (9) et 5 (25) non inclusivement.
- 0** nombre *fp* entre les carrés de 5 (25) et 7 (49) non inclusivement.
- 3** nombres *fp* entre les carrés de 11 (121) et 13 (169) non inclusivement (soit 133, 143, 161).
- 7** nombres *fp* entre les carrés de 17 (289) et 19 (361) non inclusivement.
- 13** nombres *fp* entre les carrés de 29 (841) et 31 (961) non inclusivement.
- 21** nombres *fp* entre les carrés de 41 (1 681) et 43 (1 849) non inclusivement.
- 31** nombres *fp* entre les carrés de 59 (3 481) et 61 (3 721) non inclusivement.
- 46** nombres *fp* entre les carrés de 71 (5 041) et 73 (5 329) non inclusivement.
- 66** nombres *fp* entre les carrés de 101 (10 201) et 103 (10 609) non inclusivement.

Note 1) Par « non inclusivement », on entend que les carrés des nombres premiers jumeaux, qui sont aussi des faux positifs, sont exclus du calcul. Nous ne comptons que les nombres situés entre leurs carrés.

Note 2) Ne sont pas considérés ici les nombres pairs ni les nombres qui sont des multiples de 5 (tel 25), puisque notre procédure de validation ne les accepte pas d'entrée de jeu.

Ce qui nous donne la suite numérique suivante :

0, 3, 7, 13, 21, 31, 46, 66,...

Les écarts (bonds) entre les termes peuvent servir à générer une autre suite numérique : +4, +6, +8, +10, +15, +20. Cette nouvelle séquence correspond à certaines suites archivées par l'OEIS, dont les deux suivantes :

A) Suite no A211856 (<https://oeis.org/A211856>) : Nombre de représentations de  $n$  comme somme de produits de paires distinctes d'entiers positifs, considérées comme équivalentes lorsque les termes ou les facteurs sont réorganisés.

1, 1, 2, 3, **4, 6, 8, 10, 15**, 20, 24, 34, 46, 58, 76, 97,...

B) Suite no A238876 (<https://oeis.org/A238876>) : Partitions à croissance sous-diagonale.

1, 1, 1, 2, 3, **4, 6, 8, 10, 15**, 20, 25, 34, 44, 56, 74, 94,...

En quoi cela peut-il nous être utile? Selon nous, ces progressions pourraient servir d'indicateur de la logique organisationnelle des nombres premiers jumeaux, sinon une méthode de prédiction de la paire de nombres premiers jumeaux suivante.

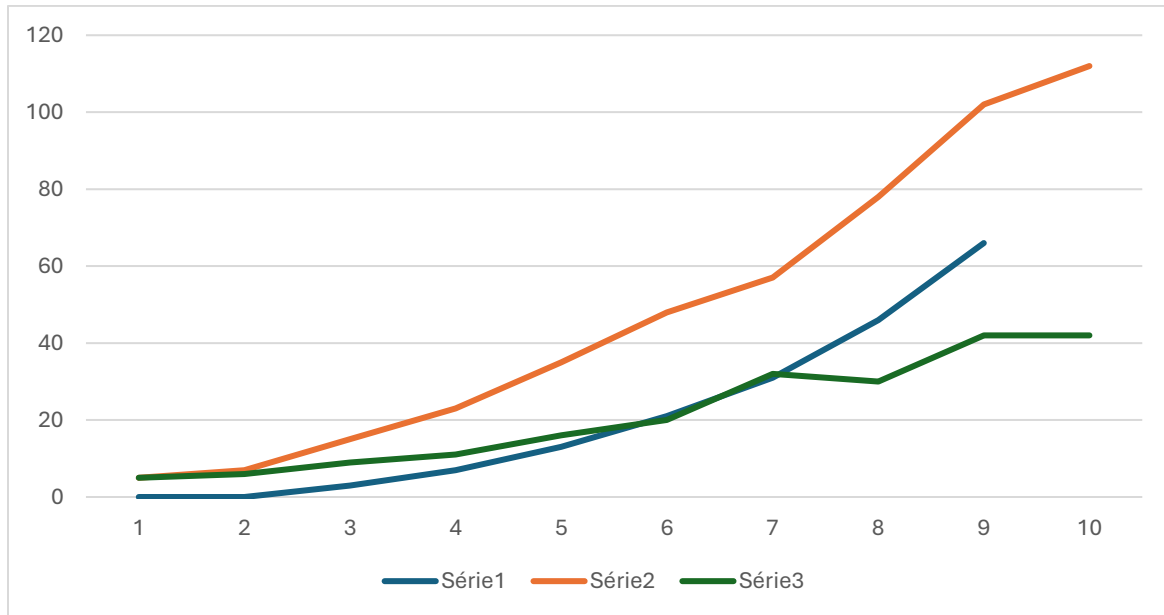
Par exemple, sachant qu'il se trouve un nombre de 31 *fp* entre les carrés des nombres de la paire de *pj* (59, 61) et que le terme suivant de la suite est supérieur de 15 à ce nombre, nous pouvons déterminer que l'écart entre les carrés de la prochaine paire de *pj* (71, 73) sera de 46 *fp* (car  $31 + 15 = 46$ ). Ainsi, lorsque notre modèle détectera le nombre premier suivant la paire (59, 61), il pourra statuer que celui-ci est un *pj* si et seulement si :

- A) ce nombre premier ne se termine pas par le chiffre 3 (puisque le 2<sup>e</sup> terme de la paire ne saurait être un multiple de 5);
- B) un nombre exact de 46 *fp* se trouvent entre son carré et le carré du prochain nombre premier, qui dans tel cas lui sera jumeau.

Dans la négative, on passe au nombre premier suivant et on vérifie les deux mêmes conditions. Après avoir rejeté 67, le nombre premier suivant est 71. Il ne se termine pas par 3 et le nombre de faux positifs entre son carré et celui du nombre premier suivant (73) est de 46. Il s'agit donc de la paire de nombres premiers jumeaux (71, 73).

La correspondance observée est pour le moins intrigante : le nombre de faux positifs (*fp*) que l'on retrouve dans l'intervalle entre les carrés d'une paire de nombres premiers jumeaux semble suivre une progression arithmétique apparentée à une suite logique. D'un point de vue arithmétique, nous pourrions considérer ces nombres résultant de l'opérationnalisation de notre algorithme comme étant également des nombres semi-premiers, puisqu'ils en sont pratiquement un sous-ensemble (sauf pour les nombres résultant d'un exposant égal ou supérieur à 3 et qui ne sont donc pas *sp*), nous invitant à nous interroger sur une possible fonction organisatrice des nombres semi-premiers dans la distribution des nombres premiers jumeaux, agissant comme des bornes ou des points de repère. Mais en examinant de plus près cette correspondance, on découvre que les nombres *fp* et l'ensemble des nombres *sp* ne donne pas lieu à la même courbe de progression, comme le montre le diagramme suivant :

**Diagramme 3 : Comparaison entre le nombre de faux positifs, de semi-premiers et de nombres premiers situés entre les carrés d'une paire de nombres premiers jumeaux**



1 = Entre les carrés de la 1<sup>e</sup> paire (3, 5) 2 = Entre les carrés de la 2<sup>e</sup> paire (5, 7) Etc.

Série 1 : Nombres faux positifs

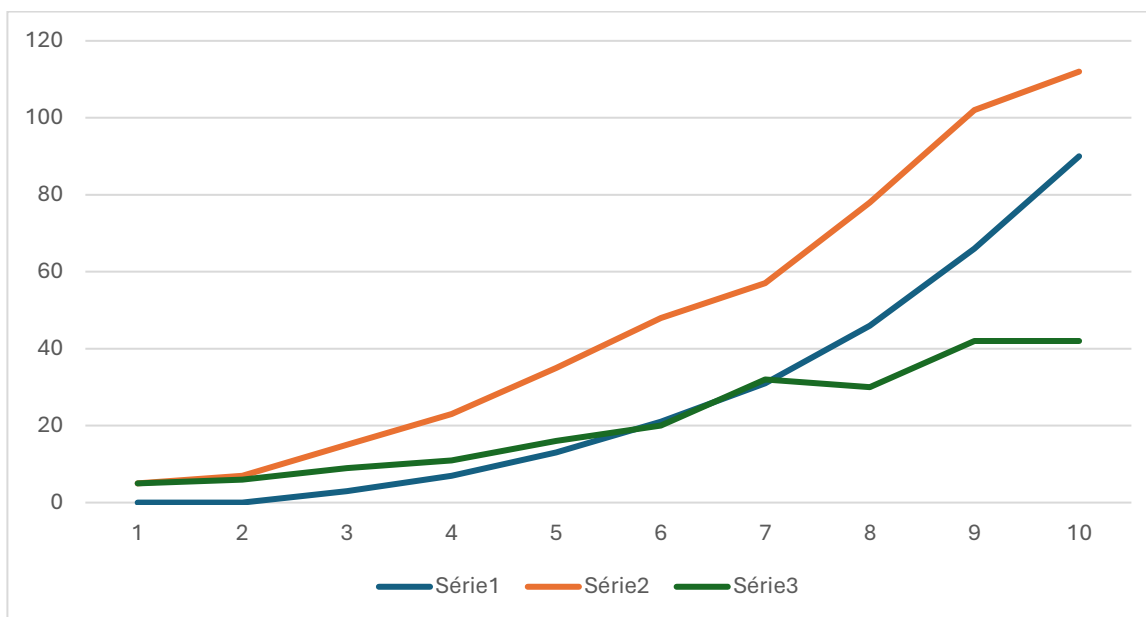
Série 2 : Nombres semi-premiers

Série 3 : Nombres premiers <sup>(1)</sup>

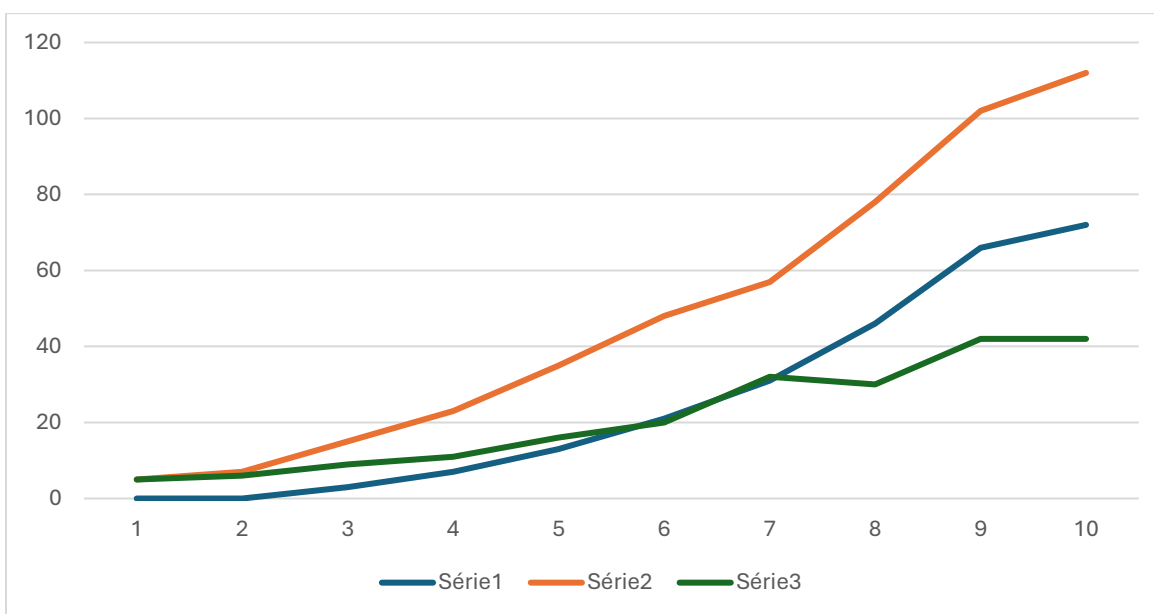
(1) Voir la séquence numéro A137859 de l'OEIS (<https://oeis.org/A137859>).

La courbe correspondant à l'ensemble des nombres semi-premiers suggère une progression relativement constante, alors que celle des nombres premiers est somme toute assez irrégulière. Mais la véritable surprise provient de la courbe issue des nombres faux positifs, qui présente une allure constante, presque parfaitement régulière. Malheureusement, cette illusion se dissipe lorsque l'on pousse plus loin notre analyse. En effet, il faudrait obtenir un nombre de 90 faux positifs entre les carrés de la paire suivante de nombres premiers jumeaux, soit (107, 109), pour que la progression soit maintenue, alors qu'il n'y en a que 72, ce qui semble invalider notre hypothèse, comme en témoignent les deux diagrammes suivants.

**Diagramme 4 : Courbe des faux positifs avec un nombre de 90 items (Série 1)**



**Diagramme 5 : Courbe des faux positifs avec un nombre de 72 items (Série 1)**



Force est de constater que la courbe associant les nombres faux positifs aux carrés des nombres premiers jumeaux ne maintient pas la régularité escomptée lorsqu'on lui ajoute le nombre de faux positifs qui se situent entre les carrés de la paire (107, 109), soit 72; elle pique plutôt du nez comme les deux autres. Cette hypothèse semble donc invalidée par ces derniers résultats.

### Hypothèse 5 :

La conjecture de l'infinité des paires de nombres premiers jumeaux est un thème central des chercheurs en théorie des nombres. Nos observations nous poussent à aborder cette question en ces termes : si les nombres semi-premiers et les puissances des nombres premiers ne suffisent pas à remplir toutes les cases situées de chaque côtés des multiples de 6 (i.e. si cela est arithmétiquement impossible), force est de conclure qu'il y a une infinité de paires de nombres  $pj$ , puisqu'il y a une infinité de multiples de 6.

Considérant les résultats qui précèdent et en admettant qu'ils sont avérés, nous devons nous interroger à savoir s'ils représentent une preuve mathématique de la conjecture portant sur l'infinité des paires de nombres premiers jumeaux ou s'ils permettent tout au moins d'en envisager l'élaboration. La question pourrait se poser dans les termes suivants : existe-t-il suffisamment de nombres semi-premiers et de puissances de nombres premiers et semi-premiers pour combler toutes les cases des paires de nombres premiers jumeaux potentielles? Si la chose est arithmétiquement impossible, alors les paires de nombres premiers jumeaux sont infinies. Voici un tableau qui peut nous éclairer en cette matière.

**Tableau 8 : Semi-premiers, multiples de 6 et nombres premiers jumeaux par tranche de 100**

$sp$  = Nombres semi-premiers.

$M6$  = Multiples de 6.

$pjp$  = Paires de nombres premiers jumeaux potentielles (soit les multiples de 6 se terminant par un 0, un 2 ou un 8 aux unités).

$pj$  = Paires de nombres premiers jumeaux.

| Échantillon | Nbre de $sp$ | Nbre de $sp$<br>impairs | Nbre de $M6$ | Nbre de<br>paires de $pjp$ | Nbre de<br>paires = $pj$ | Nbre de<br>paires $\neq pj$ |
|-------------|--------------|-------------------------|--------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1-100       | 34           | 19                      | 16           | 9                          | 8                        | 1                           |
| 101-200     | 28           | 18                      | 17           | 11                         | 7                        | 4                           |
| 201-300     | 32           | 22                      | 17           | 10                         | 4                        | 6                           |
| 301-400     | 32           | 22                      | 16           | 9                          | 2                        | 7                           |
| 401-500     | 27           | 20                      | 17           | 11                         | 3                        | 8                           |
| 501-600     | 33           | 24                      | 17           | 10                         | 3 (599-601)              | 7                           |
| 601-700     | 26           | 18                      | 16           | 9                          | 3                        | 6                           |
| 701-800     | 30           | 22                      | 17           | 11                         | 0                        | 11                          |
| 801-900     | 28           | 20                      | 17           | 10                         | 5                        | 5                           |
| 901-1000    | 29           | 21                      | 16           | 9                          | 0                        | 9                           |
| TOT         | 299          | 206                     | 166          | 99                         | 35                       | 64                          |

Ce tableau montre de manière assez éloquente que, lorsque l'on considère les paires de nombres premiers jumeaux potentielles ( $pjp$ ), le nombre de véritables paires de nombres  $pj$  est systématiquement inférieur au nombre de paires qui n'en sont pas dès la troisième centaine. Seules les deux premières tranches (1-100 et 101-200) présentent un nombre plus élevé de paires de nombres  $pj$  que de paires qui n'en sont pas (8 vs 1 et 7 vs 4). Toutes les autres fourchettes de cent montrent un ratio inférieur. Cela nous indique, sur l'ensemble des paires de nombres  $pjp$ , une raréfaction du taux de paires de nombres  $pj$  et une augmentation du ratio de paires qui n'en sont pas (i.e. qui ne sont pas composées de deux nombres premiers).

Reste à savoir si, arrivé à un certain point, les nombres semi-premiers et les puissances de nombres premiers et semi-premiers occupent toutes les cases qui pourraient potentiellement appartenir à une paire de nombres  $pj$ . Dans la négative, nous pourrions détenir une forme de preuve de l'infinité des paires de nombres premiers jumeaux. C'est précisément cette question que nous aborderons dans un prochain article et à laquelle nous espérons apporter une réponse satisfaisante, basée sur le fait mathématique bien établi que le nombre de nombres semi-premiers diminue progressivement – bien que de manière irrégulière – sur le continuum des nombres entiers.

#### Hypothèse 6 :

Comme nous le savons, le nombre séparateur ( $ns$ ) est le nombre situé entre les deux nombres d'une paire de nombres premiers jumeaux ( $pj$ ). Lors de nos explorations, nous avons observé que le fait de soustraire n'importe quel nombre premier ( $p$ ) supérieur à 3 de n'importe quel  $ns$  égal ou supérieur à 6 donne toujours pour résultat un autre nombre  $p$ , à l'exclusion de certains cas particuliers bien définis. Sous forme de règle, notre hypothèse pourrait se lire ainsi :

Soustraire d'un  $ns$  égal ou supérieur à 6 n'importe quel nombre  $p$  égal ou supérieur à 5 donne toujours un nombre  $p$ , sauf si le résultat :

- a le chiffre 5 pour unité (en excluant le nombre 5 lui-même);
- est la puissance d'un nombre  $p$ ;
- est 1.

Série croissante des 9 premiers  $ns$  consécutifs (en excluant le 4) : 6, 12, 18, 30, 42, 60, 72, 102, 108,...

Opération de soustraction entre les 9  $ns$  de notre liste et l'ensemble des nombres  $p$  qui leur sont numériquement inférieurs :

6-3=3 / 6-5=1 / 12-3=9 / 12-5=7 / 12-7=5 / 18-3=15 / 18-5=13 / 18-7=11 / 18-11=7 / 18-13=5 / 18-17=1  
 / 30-3=27 / 30-5=5 / 30-7=23 / 30-11=19 / 30-13=17 / 30-17=13 / 30-19=11 / 30-23=7 / 30-29=1 / 42-  
 3=39 / 42-5=37 / 42-7=35 / Etc.

Même démonstration à partir d'une paire de nombres  $pj$  située plusieurs centaines plus loin :

(641, 643) / ns = 642 / 642-641=1 / 642-631=11 / 642-619=23 / 642-617=25 / 642-613=29 / 642-607=35  
 / 642-601=41 / 642-599=43 / 642-593=49 / 642-587=55 / Etc.

Formule :

$p$  = Nombre premier.

$pj$  = Nombre premier jumeau.

$$p = \frac{pj + pj}{2} - p$$

Exemple :

Si paire de nombres  $pj = (29, 31)$

Si  $p = 23$

$$p = \frac{29 + 31}{2} - 23$$

$$p = \frac{60}{2} - 23$$

$$p = 30 - 23$$

$$p = 7$$

Hypothèse 7 :

Il est toujours possible d'obtenir un nombre premier pour résultat en faisant la différence entre un multiple de 24 et le carré d'un nombre premier qui lui est inférieur.

Voici une série d'exemples visant à exposer cette idée. Les nombres premiers résultant de la soustraction entre un multiple de 24 et le carré d'un nombre premier sont en caractère gras. La première soustraction d'une série est toujours effectuée à partir du carré le plus élevé (i.e. celui immédiatement inférieur au multiple de 24).

Exemples :

|                     |                     |                     |                     |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| $48 - 25 = 23$      | $72 - 49 = 23$      | $96 - 49 = 47$      | $120 - 49 = 71$     |
| $144 - 121 = 23$    | $168 - 121 = 47$    | $192 - 169 = 23$    | $216 - 169 = 47$    |
| $240 - 169 = 71$    | $264 - 169 = 95$    | $288 - 169 = 119$   | $312 - 289 = 23$    |
|                     | $(264 - 121 = 143)$ | $(288 - 121 = 167)$ |                     |
|                     | $(264 - 49 = 215)$  |                     |                     |
|                     | $(264 - 25 = 239)$  |                     |                     |
| $336 - 289 = 47$    | $360 - 289 = 71$    | $384 - 361 = 23$    | $408 - 361 = 47$    |
| $432 - 361 = 71$    | $456 - 361 = 95$    | $480 - 361 = 119$   | $504 - 361 = 143$   |
|                     | $(456 - 289 = 167)$ | $(480 - 289 = 191)$ | $(504 - 289 = 215)$ |
|                     |                     |                     | $(504 - 169 = 335)$ |
|                     |                     |                     | $(504 - 121 = 383)$ |
| $528 - 361 = 167$   | $552 - 529 = 23$    | $576 - 529 = 47$    | $600 - 529 = 71$    |
| $624 - 529 = 95$    | $648 - 529 = 119$   | $672 - 529 = 143$   | $696 - 529 = 167$   |
| $(624 - 361 = 263)$ | $(648 - 361 = 287)$ | $(672 - 361 = 311)$ |                     |
|                     | $(648 - 289 = 359)$ |                     |                     |
| $720 - 529 = 191$   | $744 - 529 = 215$   | $768 - 529 = 239$   | $792 - 529 = 263$   |
|                     | $(744 - 361 = 383)$ |                     |                     |
| $816 - 529 = 287$   | $840 - 529 = 311$   | $864 - 841 = 23$    | ETC.                |
| $(816 - 361 = 455)$ |                     |                     |                     |
| $(816 - 289 = 527)$ |                     |                     |                     |
| $(816 - 169 = 647)$ |                     |                     |                     |

Comme on peut le constater, c'est bien souvent le carré du nombre premier immédiatement inférieur au multiple de 24 qui permet d'obtenir un nombre premier comme résultat de la soustraction (25 fois sur 35).

Autre observation, on n'obtient jamais pour résultat un nombre premier lorsque le chiffre aux unités du multiple de 24 est un 4 et que le chiffre aux unités du carré du nombre premier est un 9, ou lorsque ces chiffres sont un 6 et un 1, puisque le résultat de leur différence donne un 5 aux unités. Cependant, comme le laisse supposer notre liste d'exemples, on parvient toujours, après un certain nombre d'essais avec les carrés de divers nombres premiers, à obtenir un nombre premier pour résultat.

Hypothèse 8 :

Notre huitième hypothèse porte sur un nouveau concept : les nombres semi-premiers jumeaux de Rose (ou « nombres de Rose »). Ce concept de notre invention, qui caractérise une certaine classe de nombres, se définit ainsi :

Nous sommes en présence de nombres de Rose (*nr*) lorsque la multiplication par 2 de chacun des nombres d'une paire de nombres premiers jumeaux (*pj*) donne pour résultat des nombres semi-premiers situés de chaque côté des nombres d'une autre paire de nombres premiers jumeaux qui lui est supérieure. Ces nombres semi-premiers jumeaux sont donc une classe particulière de ce que nous nommons les nombres épaulettes (*ne*). Voici en exemple quelques paires de *nr* (en caractères gras).

| Paire de <i>pj</i> | Opérations                                         | Paire de <i>nr</i> | Paire de <i>pj</i> correspondante |
|--------------------|----------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| (5, 7)             | $5 \times 2 = 10$ et $7 \times 2 = 14$             | (10, 14)           | 10, (11, 13), 14                  |
| (29, 31)           | $29 \times 2 = 58$ et $31 \times 2 = 62$           | (58, 62)           | 58, (59, 61), 62                  |
| (809, 811)         | $809 \times 2 = 1\,618$ et $811 \times 2 = 1\,622$ | (1 618, 1 622)     | 1 618, (1 619, 1 621), 1 622      |

Une autre manière d'effectuer une association similaire entre les nombres serait de simplement multiplier par 2 le nombre séparateur (*ns*), soit celui situé au centre d'une paire de nombres premiers jumeaux (*pj*) et de vérifier si la somme correspond au *ns* d'une autre paire de nombres *pj*, puis de s'assurer que les nombres épaulettes de cette seconde paire sont bel et bien des nombres semi-premiers (voir ci-après).

| Paire de <i>pj</i> | Nombre Séparateur ( <i>ns</i> ) | Opération               | Paire de <i>pj</i> correspondante avec ses <i>nr</i> |
|--------------------|---------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|
| (5, 7)             | 6                               | $6 \times 2 = 12$       | 10, (11, 13), 14                                     |
| (29, 31)           | 30                              | $30 \times 2 = 60$      | 58, (59, 61), 62                                     |
| (809, 811)         | 810                             | $810 \times 2 = 1\,620$ | 1 618, (1 619, 1 621), 1 622                         |

Il nous paraît tout à fait concevable qu'il existe une infinité de paires de nombres de cette catégorie. Cette supposition est de l'ordre de la conjecture et reste à être démontrée. Un défi pour la recherche serait de vérifier s'il n'existe pas une logique arithmétique derrière l'existence de ces nombres ou s'il s'agit de simples curiosités ou « coïncidences mathématiques », si tant est qu'une telle chose soit possible.

#### Hypothèse 9 :

Dans un même ordre d'idées, nous avons cherché à savoir ce que l'on obtient en multipliant par deux les nombres épaulettes (*ne*) d'une paire de nombres premiers jumeaux (*pj*), soit ceux immédiatement situés de chaque côté. Il nous est apparu mathématiquement intéressant de constater que certains de ces *ne*, lorsque doublés, avaient parfois pour résultat des nombres qui jalonnaient deux autres paires de

nombre premiers jumeaux, la plus petite somme se retrouvant immédiatement après une paire de nombres *pj*, l'autre immédiatement avant une autre paire de nombres *pj*. Nous désignons les nombres issus de cette opération comme étant des paires de « nombres épaulettes d'Alexy » (*nea*):

Dans les exemples suivants, les nombres en caractères gras représentent les nombres épaulettes (*ne*) qui, lorsque doublés, se positionnent entre deux paires – toujours consécutives – de nombres *pj*.

| 1 <sup>e</sup> paire de nombres <i>pj</i><br>encadrée de ses <i>ne</i> | Opérations                                  | 2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> paires de nombres <i>pj</i><br>nanties de leurs <i>nea</i> |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4, (5, 7), 8                                                           | $4 \times 2 = 8$ $8 \times 2 = 16$          | (5, 7), 8...      16, (17, 19)                                                              |
| 10, (11, 13), 14                                                       | $10 \times 2 = 20$ $14 \times 2 = 28$       | (17, 19), 20...    28, (29, 31)                                                             |
| 70, (71, 73), 74                                                       | $70 \times 2 = 140$ $74 \times 2 = 148$     | (137, 139), 140...   148, (149, 151)                                                        |
| 640, (641, 643), 644                                                   | $640 \times 2 = 1280$ $644 \times 2 = 1288$ | (1 277, 1 279), 1 280... 1 288, (1 289, 1 291)                                              |
| ETC.                                                                   |                                             |                                                                                             |

Voici deux caractéristiques de ces *nea* :

- Les *ne* ainsi doublés sont séparés de 8 unités et les paires de nombres *pj* qui les bordent sont séparés de 10 unités.
- L'un ou l'autre de ces nombres peut être semi-premier, mais ce n'est pas obligatoirement le cas.

Encore une fois, nous supposons qu'il en existe une infinité et nous déposons cette hypothèse sur la table.

#### Hypothèse 10 :

Il nous semble pertinent d'accorder une attention particulière à l'enchaînement des facteurs multiplicatifs du nombre 24 associés aux nombres premiers, qui composent des suites directement rattachées au repérage des nombres premiers dans le continuum des nombres entiers et peuvent donc nous renseigner sur la logique arithmétique de leur distribution. Notre hypothèse, qui concerne l'ensemble des nombres premiers incluant les paires de nombres premiers jumeaux, est que la séquence des facteurs multiplicatifs du nombre 24 correspondant au carré de ces nombres fournit des éléments de réponse sur leur distribution. Ce que nous examinons ici est en fait le résultat de la formule que nous utilisons (voir Tableau 9).

**Tableau 9 : Facteurs multiplicatifs de 24 ( $n$ ) et nombres premiers**

$n$  = Facteur multiplicatif de 24.

Caractère gras = Nombres premiers jumeaux.

Souligné = Nombres faux positifs.

| $n$        | $24n + 1$ | $\sqrt{24n + 1}$  | $n$        | $24n + 1$ | $\sqrt{24n + 1}$    |
|------------|-----------|-------------------|------------|-----------|---------------------|
| 1          | 25        | <b>5</b>          | 187        | 4 489     | 67                  |
| 2          | 49        | <b>7</b>          | 210        | 5 041     | <b>71</b>           |
| 5          | 121       | <b>11</b>         | 222        | 5 329     | <b>73</b>           |
| 7          | 169       | <b>13</b>         | <b>247</b> | 5 929     | <u>77</u> (7 x 11)  |
| 12         | 289       | <b>17</b>         | 260        | 6 240     | 79                  |
| 15         | 361       | <b>19</b>         | 287        | 6 889     | 83                  |
| 22         | 529       | 23                | 330        | 7 921     | 89                  |
| 35         | 841       | <b>29</b>         | <b>345</b> | 8 281     | <u>91</u> (7 x 13)  |
| 40         | 961       | <b>31</b>         | 392        | 9 409     | 97                  |
| 57         | 1 369     | 37                | 425        | 10 201    | <b>101</b>          |
| 70         | 1 681     | <b>41</b>         | 442        | 10 609    | <b>103</b>          |
| 77         | 1 849     | <b>43</b>         | 477        | 11 449    | <b>107</b>          |
| 92         | 2 209     | 47                | 495        | 11 889    | <b>109</b>          |
| <b>100</b> | 2 401     | <u>49</u> (7 x 7) | 532        | 12 769    | 113                 |
| 117        | 2 809     | 53                | <b>590</b> | 14 161    | <u>119</u> (7 x 17) |
| 145        | 3 481     | <b>59</b>         | 672        | 16 129    | 127                 |
| 155        | 3 721     | <b>61</b>         | 715        | 17 160    | 131                 |

En allongeant notre liste de nombres, nous obtenons les suites que voici et qui représentent les facteurs multiplicatifs de 24 (soit  $n$ ) pour les carrés des classes de nombres correspondantes.

-Nombres premiers :

**1, 2, 5, 7, 12, 15, 22, 35, 40, 57, 70, 77, 92, 117, 145, 155, 187, 210, 222, 260, 287, 330, 392, 425, 442, 477, 495, 532, 672, 715, 782, 805, 925, 950, 1027, 1107, 1162, 1247, 1335, 1365, 1520, 1552, 1617, 1650...**

-Nombres premiers jumeaux :

**1, 2, 5, 7, 12, 15, 35, 40, 70, 77, 145, 155, 210, 222, 425, 442, 477, 495, 782, 805, 925, 950, 1335, 1365, 1520, 1552, 1617, 1650...**

-Faux positifs :

100, 247, 345, 590, 610, 737, 852, 1080, 1190, 1457, 1717, 1820, 1962, 2035, 2542, 2667, 2795, 3432, 3480, 3725, 3775, 4240, 4347, 4510, 4845, 4902, 5430, 5735, 5922, 6370...

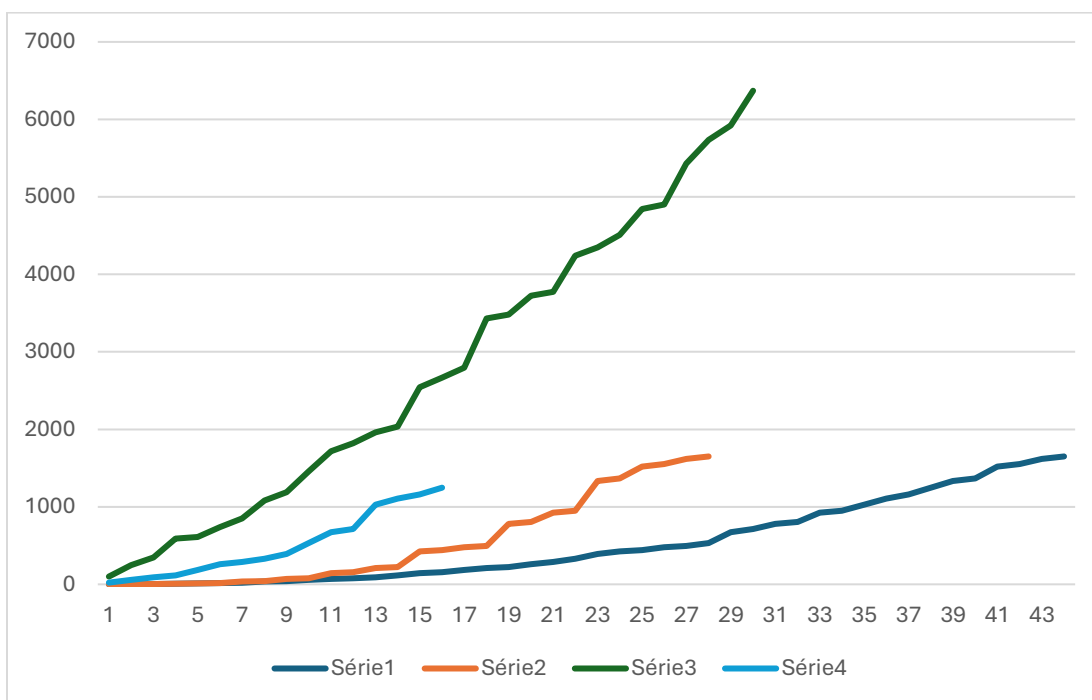
-Nombres premiers sans les nombres premiers jumeaux :

22, 57, **77**, 92, 117, 187, 260, 287, 330, 392, 532, 672, 715, 1027, 1107, 1162, 1247...

La séquence associée aux nombres premiers fut inscrite dans la base de données de l'OEIS par Clark Kimberling en 1991 sous le numéro A024702 (<https://oeis.org/A024702>) et correspond à l'application de notre algorithme initial.

Puisque les suites sont d'un grand intérêt pour ceux qui cherchent des motifs cachés dans la distribution des nombres premiers, la question qui se pose ici est de savoir s'il est possible d'extraire une règle de ces suites de nombres dépourvues de toute logique apparente et, au mieux, d'en déduire une formule algébrique. Voici un portrait graphique de ces quatre progressions (voir page suivante).

**Diagramme 6 : Facteurs multiplicatifs du nombre 24 associés aux carrés des nombres premiers, des nombres premiers jumeaux et des faux positifs**



Série 1: Nombres premiers

Série 2: Nombres premiers jumeaux

Série 3: Nombres faux positifs

Série 4 : Nombres premiers sans les nombres  $p_j$

Les facteurs multiplicatifs du nombre 24, lorsqu'ils sont couplés aux carrés des nombres premiers, des nombres premiers jumeaux et des faux positifs, nous proposent des courbes d'aspect distinct. La plus régulière d'entre elles semble être celle qui contient l'ensemble des nombres premiers (Série 1), nous invitant à aller plus loin. Pour ceux qui sont prêts à accomplir cette tâche, il leur faudrait tout d'abord augmenter significativement le nombre de termes et voir si une fonction permet de générer la courbe ou la séquence obtenue.

#### Hypothèse 11 :

Notre onzième et dernière hypothèse concerne la séquence numérique des facteurs multiplicatifs du nombre 24 associés à la différence entre les carrés des nombres d'une paire de nombres premiers jumeaux. Nous nous demandons si, d'une quelconque manière, une telle séquence pourrait nous aider à mieux comprendre la distribution des paires de nombres premiers jumeaux.

Comme l'affirme notre postulat 3, la différence entre les carrés d'une paire de nombres premiers (jumeaux ou non / successifs ou non) est toujours un multiple de 24 (à l'exclusion de la paire (3, 5), dont la somme des carrés est inférieure à 24). Cela est vrai pour tous les nombres premiers, mais nous pouvons nous pencher plus spécialement sur les nombres premiers appartenant à une paire de nombres premiers jumeaux. Or, quand on regarde la succession croissante des quotients résultant de cette opération (la division par 24), cela semble produire une suite logique, telle qu'on la retrouve dans la colonne « Différence entre les carrés » des tableaux 4 et 5.

Suite : 1, 2, 3, 5, 7, 10, 12, 17, 18, 23, 25, 30, 32, 33, 38, 40, 45, 47, 52, 58, 70, 72, 77,...

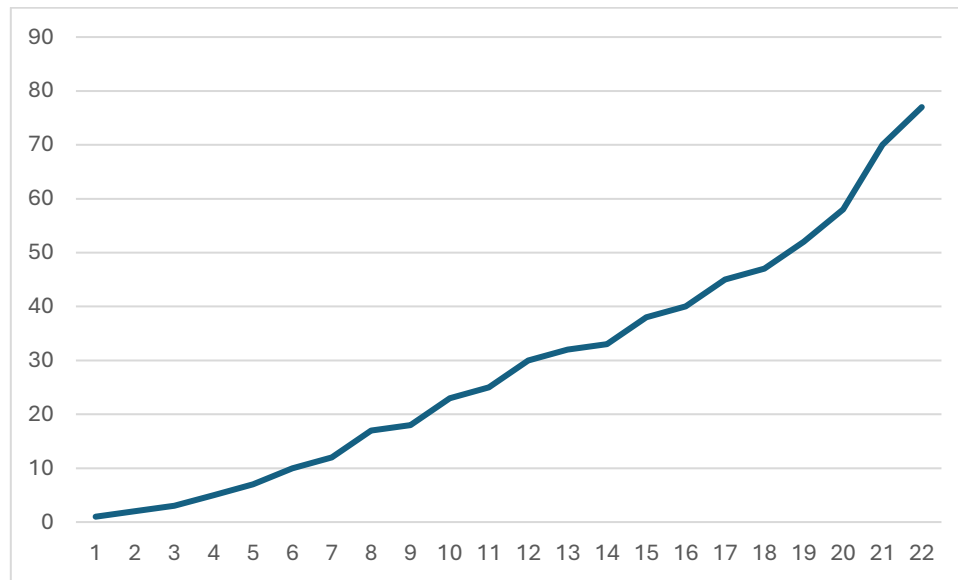
Les exemples ci-dessous nous montrent comment produire les quatre premiers termes de la suite.

| <b>Paire</b> | <b>Carrés des nombres</b> |              | <b>Différence entre les carrés</b> | <b>Division par 24</b> |
|--------------|---------------------------|--------------|------------------------------------|------------------------|
| (5, 7)       | $5^2 = 25$                | $7^2 = 49$   | $49 - 25 = 24$                     | $24 \div 24 = 1$       |
| (11, 13)     | $11^2 = 121$              | $13^2 = 169$ | $169 - 121 = 48$                   | $48 \div 24 = 2$       |
| (17, 19)     | $17^2 = 289$              | $19^2 = 361$ | $361 - 289 = 72$                   | $72 \div 24 = 3$       |
| (29, 31)     | $29^2 = 841$              | $31^2 = 961$ | $961 - 841 = 120$                  | $120 \div 24 = 5$      |
| ETC.         |                           |              |                                    |                        |

À notre grande surprise, cette suite de termes existe déjà, puisqu'elle est connue comme étant la séquence numéro A002822 (<https://oeis.org/A002822>) de l'OEIS. On la désigne parfois la suite des « rangs jumeaux ». Selon Lekraj Beedassy (2002), les termes pairs correspondent aux nombres premiers jumeaux de la forme  $(4k - 1, 4k + 1)$  et les termes impairs aux nombres premiers jumeaux de la forme  $(4k + 1, 4k + 3)$ .

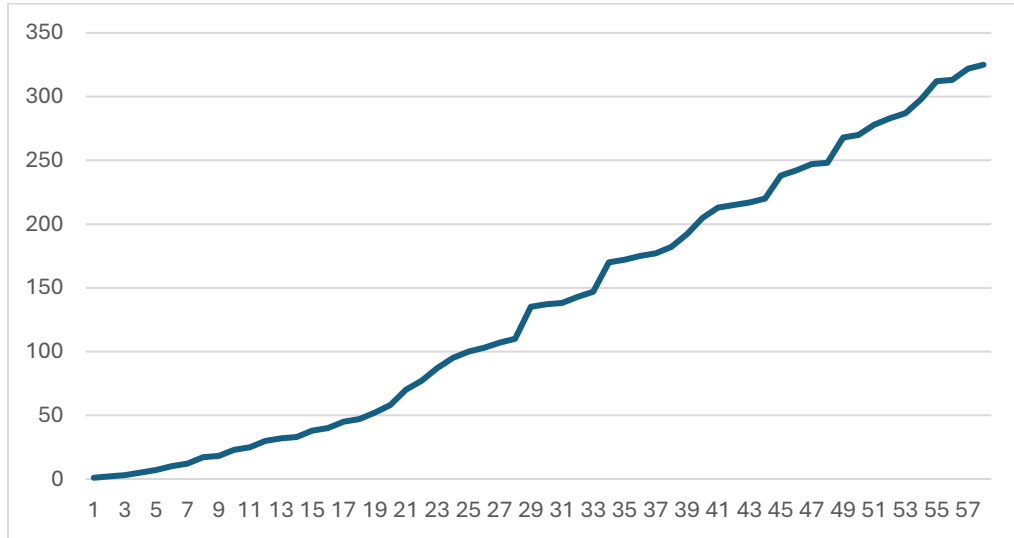
Voyons maintenant comment cela se traduit sous forme graphique.

**Diagramme 7 : Facteurs multiplicatifs du nombre 24 associés à la différence entre les carrés des nombres d'une paire de nombres premiers jumeaux**



Intéressant, mais rien de bien concluant. Une tendance semble vouloir se dessiner, mais il faudrait produire un ensemble beaucoup plus important de termes pour aller plus loin dans notre exploration sur cette question, à savoir si ces données peuvent nous en apprendre davantage sur la distribution des nombres premiers jumeaux. C'est pour cette raison que, dans le diagramme suivant, nous avons choisi d'utiliser les données de la séquence A002822, en supposant qu'elles concordent avec la suite qui nous intéresse.

**Diagramme 8 : Facteurs multiplicatifs du nombre 24 associés à la différence entre les carrés des nombres d'une paire de nombres premiers jumeaux (en usant des données de la séquence A002822)**



Au vu de cette courbe, il nous apparaît envisageable d'effectuer une projection nous permettant d'obtenir une idée assez correcte de la distribution des paires de nombres premiers jumeaux dans le continuum des nombres entiers, en allant vers l'infini, mais cela reste à vérifier.

Il est aussi pertinent d'approcher cette suite selon l'angle algébrique, en associant chaque terme aux paires successives de nombres premiers jumeaux et voir de quelle manière cela peut nous aider à envisager leur distribution. Associons d'abord chaque terme de la séquence à sa paire de nombres  $pj$  correspondante.

1 (5, 7), 2 (11, 13), 3 (17, 19), 5 (29, 31), 7 (41, 43), 10 (59, 61), 12 (71, 73), 17 (101, 103), 18 (107, 109), 23 (137, 139), 25 (149, 151), 30 (179, 181), 32 (191, 193), 33 (197, 199)

Par exemple, cela signifie que :

$$7^2 - 5^2 = 24 \quad 24 \div 24 = 1 \quad (\text{ou } 1 \times 24 = 24)$$

$$13^2 - 11^2 = 48 \quad 48 \div 24 = 2 \quad (\text{ou } 2 \times 24 = 48)$$

$$19^2 - 17^2 = 72 \quad 72 \div 24 = 3 \quad (\text{ou } 3 \times 24 = 72)$$

Une formule pourrait être, pour toute paire de nombres premiers jumeaux ( $pja, pjb$ ) :

$$n = \frac{pjb^2 - pja^2}{24}$$

Exemple :

Paire (29, 31)

$$n = \frac{31^2 - 29^2}{24}$$

$$n = \frac{961 - 841}{24}$$

$$n = \frac{120}{24}$$

$$n = 5$$

Ainsi, nous constatons que la différence entre les carrés de deux nombres premiers jumeaux, lorsque divisée par 24, donne toujours pour résultat un nombre entier. S'ils étaient les seuls à posséder cette propriété, nous aurions un moyen de les prédire ou de les valider. Il nous suffirait de prendre n'importe quelle paire de nombres impairs successifs, de les mettre au carré et de voir si leur différence donne un nombre entier pour résultat. Mais il existe des faux positifs. Par exemple, le couple (23, 25) permet d'obtenir un nombre entier pour résultat (le facteur 4) :

$$25^2 - 23^2 = 96 \quad 96 \div 24 = 4 \quad (\text{ou } 4 \times 24 = 96)$$

Il nous faut donc identifier les caractéristiques mathématiques de ces faux positifs, cela afin de pouvoir les rejeter sur des critères précis, de la même manière que nous sommes parvenus à filtrer ces nombres au moyen de notre procédure de tamisage vue précédemment (voir les Diagrammes 1 et 2). Pour y parvenir, nous devons identifier ces intrus pour mieux les analyser et leur découvrir des propriétés communes.

Voici la liste des 20 premiers termes absents de la séquence, soit les facteurs qui ne correspondent pas à des paires de nombres  $pj$  :

4, 6, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 29, 31, 34.

Le Tableau 10 présente les paires faux positives de nombres impairs faux associées à ces termes.

**Tableau 10 : Paires de nombres jumeaux faux positives**

| Termes de la séquence | Paires de nombres impairs associées | Nombres de la paire au carré | Différence entre ces carrés | Division par 24    |
|-----------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| 4                     | (23, 25)                            | 529 et 625                   | $625 - 529 = 96$            | $96 \div 24 = 4$   |
| 6                     | (35, 37)                            | 1 225 et 1 369               | $1\,369 - 1\,225 = 144$     | $144 \div 24 = 6$  |
| 8                     | (47, 49)                            | 2 209 et 2 401               | $2\,401 - 2\,209 = 192$     | $192 \div 24 = 8$  |
| 9                     | (53, 55)                            | 2 809 et 3 025               | $3\,025 - 2\,809 = 216$     | $216 \div 24 = 9$  |
| 11                    | (65, 67)                            | 4 225 et 4 489               | $4\,489 - 4\,225 = 264$     | $264 \div 24 = 11$ |
| 13                    | (77, 79)                            | 5 929 et 6 241               | $6\,241 - 5\,929 = 312$     | $312 \div 24 = 13$ |
| 14                    | (83, 85)                            | 6 889 et 7 225               | $7\,225 - 6\,889 = 336$     | $336 \div 24 = 14$ |
| 15                    | (89, 91)                            | 7 921 et 8 281               | $8\,281 - 7\,921 = 360$     | $360 \div 24 = 15$ |
| 16                    | (95, 97)                            | 9 025 et 9 409               | $9\,409 - 9\,025 = 384$     | $384 \div 24 = 16$ |
| 19                    | (113, 115)                          | 12 769 et 13 225             | $13\,225 - 12\,769 = 456$   | $456 \div 24 = 19$ |
| 20                    | (119, 121)                          | 14 161 et 14 641             | $14\,641 - 14\,161 = 480$   | $480 \div 24 = 20$ |
| 21                    | (125, 127)                          | 16 129 et 15 625             | $16\,129 - 15\,625 = 504$   | $504 \div 24 = 21$ |
| 22                    | (131, 133)                          | 17 161 et 17 689             | $17\,689 - 17\,161 = 528$   | $528 \div 24 = 22$ |
| 24                    | (143, 145)                          | 20 449 et 21 025             | $21\,025 - 20\,449 = 576$   | $576 \div 24 = 24$ |
| 26                    | (155, 157)                          | 24 025 et 24 649             | $24\,649 - 24\,025 = 624$   | $624 \div 24 = 26$ |
| 27                    | (161, 163)                          | 25 921 et 26 569             | $26\,569 - 25\,921 = 648$   | $648 \div 24 = 27$ |
| 28                    | (167, 169)                          | 27 889 et 28 561             | $28\,561 - 27\,889 = 672$   | $672 \div 24 = 28$ |
| 29                    | (173, 175)                          | 29 929 et 30 625             | $30\,625 - 29\,929 = 696$   | $696 \div 24 = 29$ |
| 31                    | (185, 187)                          | 34 225 et 34 969             | $34\,969 - 34\,225 = 744$   | $744 \div 24 = 31$ |
| 34                    | (203, 205)                          | 41 209 et 42 025             | $42\,025 - 41\,209 = 816$   | $816 \div 24 = 34$ |

Il nous faut analyser les propriétés des nombres appartenant à ces paires de nombres premiers jumeaux faux positives. Notre première action pourrait être de rayer d'emblée toutes les paires dont l'un des nombres a le chiffre 5 à la position des unités, puisque ceux-ci ne peuvent être premiers, pour ensuite nous pencher sur les paires restantes, mais regardons d'abord le portrait d'ensemble. Il ressort de cette analyse que chacune des paires possède au moins un nombre qui est soit semi-premier, soit le produit d'une puissance d'un nombre premier. Cela entre en parfaite synergie avec notre modèle, comme l'ont démontré nos procédures de validation/prédiction précédentes. Le Tableau 11 présente le détail de ces résultats.

**Tableau 11 : Propriétés des nombres des paires de nombres premiers jumeaux faux positives**

| Paires faux positives | Nombre ciblé | Propriété                                                        |
|-----------------------|--------------|------------------------------------------------------------------|
| (23, 25)              | 25           | Nombre semi-premier +<br>Puissance d'un nombre premier ( $5^2$ ) |
| (35, 37)              | 35           | Nombre semi-premier                                              |
| (47, 49)              | 49           | Nombre semi-premier +<br>Puissance d'un nombre premier ( $7^2$ ) |
| (53, 55)              | 55           | Nombre semi-premier                                              |
| (65, 67)              | 65           | Nombre semi-premier                                              |
| (77, 79)              | 77           | Nombre semi-premier                                              |
| (83, 85)              | 85           | Nombre semi-premier                                              |
| (89, 91)              | 91           | Nombre semi-premier                                              |
| (95, 97)              | 95           | Nombre semi-premier                                              |
| (113, 115)            | 115          | Nombre semi-premier                                              |
| (119, 121)            | 119, 121     | Nombres semi-premiers                                            |
| (125, 127)            | 125          | Puissance d'un nombre premier ( $5^3$ )                          |
| (131, 133)            | 133          | Nombre semi-premier                                              |
| (143, 145)            | 143, 145     | Nombres semi-premiers                                            |
| (155, 157)            | 155          | Nombre semi-premier                                              |
| (161, 163)            | 161          | Nombre semi-premier                                              |
| (167, 169)            | 169          | Nombre semi-premier                                              |
| (173, 175)            | 175          | Multiple de 5                                                    |
| (185, 187)            | 185, 187     | Nombres semi-premiers                                            |
| (203, 205)            | 203, 205     | Nombres semi-premiers                                            |

Il apparaît clairement que les paires de nombres  $p_j$  faux positives sont étroitement liées à la présence en leur sein de nombres semi-premiers. Les exceptions sont rares, mais elles correspondent à ce que nous avons déjà vu précédemment, puisqu'il s'agit de nombres qui sont une puissance d'un nombre premier égale ou supérieure à 3 (ex :  $7^3$ ) ou une puissance d'un nombre semi-premier (ex :  $77^2$ ). Le seul membre de cette catégorie dans notre tableau est le nombre 125 ( $5^3$ ). Nous pourrions en trouver d'autres en allant un peu plus loin dans nos vérifications.

Voici les deux prochaines paires faux positives dont l'un des membres est une puissance d'un nombre premier égale ou supérieure à 3.

Nombre **343** =  $7^3$

Paire (341, 343)       $341^2 = 116\,281$        $117\,649 - 116\,281 = 1\,368$      $1\,368 \div 24 = \mathbf{57}$

$$343^2 = 117\,649$$

Nombre **625** = **5<sup>4</sup>**

$$\begin{array}{lll} \text{Paire (623, 625)} & 623^2 = 388\,129 & 390\,625 - 388\,129 = 2\,496 \quad 2\,496 \div 24 = \mathbf{104} \\ & 625^2 = 390\,625 & \end{array}$$

Voici une paire faux positive dont l'un des membres est une puissance d'un nombre semi-premier :

Nombre **5 929** = **77<sup>2</sup>**

$$\begin{array}{lll} \text{Paire (5 927, 5 929)} & 5\,927^2 = 35\,129\,329 & 35\,153\,041 - 35\,129\,329 = 23\,712 \quad 1\,368 \div 24 = \mathbf{988} \\ & 5\,929^2 = 35\,153\,041 & \end{array}$$

En définitive, en regard des données de notre tableau, seule la paire (173, 175) se distingue, puisqu'elle ne possède ni semi-premier, ni puissance d'un nombre premier ou semi-premier. Nous pouvons cependant l'exclure dès le départ, puisque le nombre 175 est un multiple de 5 et, comme nous le savons, aucun multiple de 5 ne peut être premier. Toutes ces considérations nous amènent à formuler la règle heuristique suivante.

### **Règle heuristique de validation des paires de nombres premiers jumeaux :**

Nous pouvons affirmer que toutes les paires de nombres impairs consécutifs – à l'exclusion des multiples de 5 – dont la différence entre les carrés est un multiple de 24 sont des paires de nombres premiers jumeaux, sauf si l'un des nombres est un semi-premier, une puissance d'un nombre semi-premier ou une puissance d'un nombre premier supérieure à 3. Nous pouvons reprendre notre formule précédente en lui joignant ces conditions.

$pja$  = Nombre impair  $< pjb$  ( $pja = pjb - 2$ ).

$pjb$  = Nombre impair  $> pja$  ( $pjb = pja + 2$ ).

$sp$  = Nombre semi-premier.

$M5$  = Multiple de 5.

$n$  = Nombre entier.

Si  $pja$  et  $pjb \neq M5, sp, p^x$  ou  $sp^x$ , alors  $(pja, pjb)$  = paire de nombres  $pj$  si :

$$n = \frac{pjb^2 - pja^2}{24}$$

Voilà ce qui conclut notre section sur les nombres premiers jumeaux. Bien que nous ne soyons pas parvenus à la formulation d'un algorithme produisant directement leur séquence, nous croyons avoir atteint notre objectif, qui était de créer des outils simples de validation/prédiction des paires de nombres premiers jumeaux. Notre machine à détecter des paires de nombres premiers jumeaux (voir Diagramme 2), ainsi que la procédure ci-dessus, en sont des exemples. Ajoutons que les correspondances et régularités que nous avons observées suggèrent l'existence d'une infinité de paires de nombres premiers jumeaux, si l'on convient que le modèle que nous avons élaboré est solide et fiable. Il revient maintenant à la communauté des mathématiciens de se pencher sur nos résultats pour juger de leur pertinence et estimer leur valeur, si nos postulats et hypothèses leurs paraissent dignes d'intérêt.

## **Discussion et conclusion : vers de nouveaux horizons théoriques**

Comme le dit Cécile Dartyge, chercheuse à l'Institut Élie Cartan de l'Université de Lorraine, si notre système de numération peut se concevoir comme un mur dont chacun des nombres est une brique, alors les nombres premiers sont les briques élémentaires qui composent tous les nombres [3].

Notre modèle de l'agencement des nombres premiers suggère l'existence d'une règle de répartition structurante associée au nombre 24, qui traduit le motif organisateur subissant de notre système de numération, le nombre 24 apparaissant comme un marqueur majeur de l'agencement positionnel des nombres premiers.

Inspirée de cette conception, notre « machine » à détecter des nombres premiers identifie avec succès 100% des nombres premiers aussi loin que nous avons pu le tester, sans jamais n'en omettre un seul. Les faux positifs, retenus à prime abord dans la séquence de repérage, peuvent être rejetés systématiquement au moyen de l'application d'une simple technique de tamisage. Ces faux positifs, loin de mettre en doute la validité de notre modèle, agissent en complète cohérence avec lui. Nos analyses mettent en lumière le possible rôle de ces faux positifs dans le séquençage des paires de nombres premiers jumeaux, suggérant ainsi qu'ils pourraient avoir une valeur prédictive.

Sachant que Hardy considérait le théorème des nombres premiers comme faisant partie des énoncés dont la profondeur ne les rendait accessibles que par le biais de l'analyse complexe, la grande simplicité de nos procédures de détection des nombres premiers et des paires de nombres premiers jumeaux ne sont rien de moins qu'étonnantes. Notre modèle dans son ensemble est le résultat d'un travail d'exploration qui, nous l'espérons, sera d'une certaine utilité en arithmétique algébrique et en théorie analytique des nombres, qui s'intéresse notamment à la distribution des nombres entiers au sein d'une série, en proposant d'aborder les problèmes concernant les nombres premiers à la lumière de leur lien indissociable avec le nombre 24.

## Annexe A

### Formules mathématiques pour les paires de nombres entiers, premiers ou non

- 1) La moyenne des nombres d'une paire de  $pj$  (leur somme divisée par deux) est égale à la racine carrée de leur produit plus 1. Vrai pour toute paire de nombres séparés de deux unités.

Exemples détaillés :

Paire (29, 31)

$$29 + 31 = 60$$

$$60 \div 2 = 30$$

$$29 \times 31 = 899$$

$$899 + 1 = 900$$

$$\sqrt{900} = 30$$

$$30 = 30$$

Paire (14, 16)

$$14 + 16 = 30$$

$$30 \div 2 = 15$$

$$14 \times 16 = 224$$

$$224 + 1 = 225$$

$$\sqrt{225} = 15$$

$$15 = 15$$

Formule :  $\frac{x+y}{2} = \sqrt{xy + 1}$

$$\frac{29 + 31}{2} = \sqrt{29 \times 31 + 1}$$

$$\frac{60}{2} = \sqrt{899 + 1}$$

$$30 = \sqrt{900}$$

$$30 = 30$$

- 2) La somme des carrés moins 2 de deux  $pj$  est toujours le produit de leur somme multipliée par la moitié de leur somme. Vrai pour toute paire de nombres de type  $x - y = 2$ , peu importe si les nombres sont premiers ou non.

Exemples détaillés :

Paire (71, 73)

$$71^2 + 73^2 = 10\,370$$

$$10\,370 - 2 = 10\,368$$

$$71 + 73 = 144$$

$$144 \div 2 = 72$$

$$144 \times 72 = 10\,368$$

$$10\,368 = 10\,368$$

Paire (6, 8)

$$6^2 + 8^2 = 100$$

$$100 - 2 = 98$$

$$6 + 8 = 14$$

$$14 \div 2 = 7$$

$$14 \times 7 = 98$$

$$98 = 98$$

Formule :  $x^2 + y^2 - 2 = (x + y) \frac{x+y}{2}$

$$71^2 + 73^2 - 2 = (71 + 73) \frac{71 + 73}{2}$$

$$5041 + 5329 - 2 = 144 \frac{144}{2}$$

$$10370 - 2 = 144 \times 72$$

$$10368 = 10368$$

- 3) La somme d'une paire de  $pj$  divisée par 2 est égale au carré de ces nombres moins 2 divisé par leur somme. Vrai pour toutes paires de nombres entiers dont la différence est deux, premiers ou non.

Exemples détaillés :

Paire (71, 73)

$$71 + 73 = 144$$

$$144 \div 2 = 72$$

$$71^2 + 73^2 = 10\,370$$

$$10\,370 - 2 = 10\,368$$

$$10\,368 \div 144 = 72$$

$$72 = 72$$

Paire (6, 8)

$$6 + 8 = 14$$

$$14 \div 2 = 7$$

$$6^2 + 8^2 = 100$$

$$100 - 2 = 98$$

$$98 \div 14 = 7$$

$$7 = 7$$

Formule :  $\frac{x+y}{2} = \frac{x^2+y^2-2}{x+y}$

$$\frac{71 + 73}{2} = \frac{5041 + 5329 - 2}{71 + 73}$$

$$\frac{144}{2} = \frac{10370 - 2}{144}$$

$$72 = \frac{10368}{144}$$

$$72 = 72$$

- 4) La somme des nombres d'une paire de  $pj$  multipliée par 2 est égale à la différence entre leurs carrés. Nous proposons deux variantes, dont l'une est que leur somme est égale à la différence entre leurs carrés divisée par 2. Vrai pour toutes paires de nombres entiers dont la différence est deux, premiers ou non.

Exemples détaillés :

Paire (17, 19)

$$19^2 - 17^2 = 361 - 289$$

$$361 - 289 = 72$$

$$17 + 19 = 36$$

$$2 \times 36 = 72$$

$$72 = 72$$

Paire (14, 16)

$$16^2 - 14^2 = 256 - 196$$

$$256 - 196 = 60$$

$$14 + 16 = 30$$

$$2 \times 30 = 60$$

$$60 = 60$$

Formules :  $x + y = \frac{x^2-y^2}{2}$  ou  $2(x + y) = x^2-y^2$  ou  $4\left(\frac{x+y}{2}\right) = y^2 - x^2$

$$13 + 11 = \frac{13^2 - 11^2}{2}$$

$$24 = \frac{169 - 121}{2}$$

$$24 = \frac{48}{2}$$

$$24 = 24$$

5) La différence entre les carrés des nombres d'une paire de  $pj$  est égale :

Variante A) à deux fois la somme des nombres  $pj$ ;

Variante B) au plus grand des deux nombres moins 1 (ou du plus petit nombre plus 1) multiplié par 4.

Les formules fonctionnent avec toute paire de nombres entiers ayant un écart de deux, premiers ou non.

Note : De même, la différence entre les carrés d'une paire de nombres  $pj$  et de son  $ns$  correspond à un multiple de 12, avec une différence de plus 1 par rapport au plus petit carré et moins 1 par rapport au carré le plus grand. Le même genre de principe mathématique s'applique également à tout triplet de nombres consécutifs.

Exemples détaillés :

Variante A)

Paire (11, 13)

$$13^2 - 11^2 = 169 - 121$$

$$11 + 13 = 24$$

$$169 - 121 = 48$$

$$2 \times 24 = 48$$

$$48 = 48$$

Paire (10, 12)

$$10^2 - 12^2 = 100 - 144$$

$$10 + 12 = 22$$

$$100 - 144 = 44$$

$$2 \times 22 = 44$$

$$44 = 44$$

Formule :  $x^2 - y^2 = 2(x + y)$

$$13^2 - 11^2 = 2(13 + 11)$$

$$169 - 121 = 2 \times 24$$

$$48 = 48$$

Variante B)

Paire (11, 13)

$$13^2 - 11^2 = 169 - 121$$

$$13 - 1 = 12 \text{ (ou } 11 + 1 = 12)$$

$$169 - 121 = 48$$

$$4 \times 12 = 48$$

$$48 = 48$$

Paire (10, 12)

$$10^2 - 12^2 = 100 - 144$$

$$12 - 1 = 11 \text{ (ou } 10 + 1 = 11)$$

$$100 - 144 = 44$$

$$4 \times 11 = 44$$

$$44 = 44$$

Formule :  $x^2 - y^2 = 4(x - 1)$

$$13^2 - 11^2 = 4(13 - 1)$$

$$169 - 121 = 4 \times 12$$

$$48 = 48$$

6) Équation liant les nombres  $pj$  et le nombre séparateur, i.e. celui situé entre les deux nombres de la paire. Valide pour toute paire de nombres entiers divergeant de deux unités.

Formule :  $y + z = \frac{x^2 - y^2 + z^2 - x^2}{2}$

Paire (11, 13)

$$11 + 13 = \frac{12^2 - 11^2 + 13^2 - 12^2}{2}$$

$$24 = \frac{144 - 121 + 169 - 144}{2}$$

$$24 = \frac{23 + 25}{2}$$

$$24 = \frac{48}{2}$$

$$24 = 24$$

Paire (12, 14)

$$12 + 14 = \frac{13^2 - 12^2 + 14^2 - 13^2}{2}$$

$$26 = \frac{169 - 144 + 196 - 169}{2}$$

$$26 = \frac{169 - 144 + 196 - 169}{2}$$

$$26 = \frac{25 + 27}{2}$$

$$26 = \frac{52}{2}$$

$$26 = 26$$

- 7) La somme de deux nombres séparés de deux unités, lorsque divisée par 2, est égale à la différence entre leurs carrés et divisée par 4. Équation vraie pour toute paire de nombres séparés de deux unités.

Note : On peut remplacer la partie gauche de l'équation par  $ns$ , puisque la moyenne entre  $x$  et  $y$  est égale à leur nombre séparateur.

Formules :  $\frac{x+y}{2} = \frac{y^2-x^2}{4}$  ou  $ns(x, y) = \frac{y^2-x^2}{4}$

Paire (17, 19)

$$\frac{17 + 19}{2} = \frac{19^2 - 17^2}{4}$$

$$\frac{36}{2} = \frac{361 - 289}{4}$$

$$18 = \frac{72}{4}$$

$$18 = 18$$

Paire (49, 51)

$$\frac{49 + 51}{2} = \frac{51^2 - 49^2}{4}$$

$$\frac{100}{2} = \frac{2601 - 2401}{4}$$

$$50 = \frac{200}{4}$$

$$50 = 50$$

## Annexe B

### Constatations parallèles : le nombre de facteurs des nombres résultant de l'exponentiation répétée d'un nombre premier

Nous savons déjà que, lorsqu'un nombre est mis au carré, le nombre de ses facteurs augmente en raison de l'opération de mise au carré créant de nouvelles paires de facteurs. Un nombre carré a un nombre impair de facteurs, et le nombre de facteurs est lié à la factorisation première du nombre original.

Lors de nos analyses, nous avons observé quelque chose qui, nous semble-t-il, mérite d'être signalé aux chercheurs en théorie des nombres, s'il ne s'agit pas d'un fait déjà connu. Un nombre premier possède deux facteurs. Lorsque nous mettons au carré un nombre premier, le nombre résultant est un semi-premier composé de trois facteurs. Par exemple,  $3^2 = 9$ , dont les facteurs sont 1, 3 et 9. Nous étions curieux de savoir quel serait le nombre de facteurs résultant si nous continuions à mettre au carré les nombres suivants obtenus au moyen d'une telle procédure itérative de mise au carré, en commençant par un nombre premier. Voici la séquence résultante :

2, 3, 5, 9, 17, 33, 65, 129, 257, 513, 1025,...

Le premier terme de la séquence est le nombre de facteurs d'un nombre premier (toujours 2). Le terme suivant est le nombre de facteurs du carré de ce nombre premier, et ainsi de suite, en mettant au carré tous les nombres suivants de manière itérative et en ajoutant à la séquence le nombre de facteurs de chacun de ces nombres.

Ex : 2 (2 facteurs),  $2^2 = 4$  (3 facteurs),  $4^2 = 16$  (5 facteurs),  $16^2 = 256$  (9 facteurs), etc.

Ex : 5 (2 facteurs),  $5^2 = 25$  (3 facteurs),  $25^2 = 625$  (5 facteurs),  $625^2 = 390\,625$  (9 facteurs), etc.

Le nombre croissant de facteurs forme une séquence basée sur une règle très simple, qui consiste à doubler le nombre moins un ( $2n - 1$ ). Une autre façon de caractériser la logique de cette progression est de se concentrer sur l'écart entre les termes, car il double à chaque fois (+1, +2, +4, +8, +16, etc.). Fait intéressant, cette succession précise de nombres de facteurs apparaît quel que soit le nombre premier choisi au départ.

Cette chaîne exacte d'entiers est enregistrée dans l'OEIS sous le numéro de séquence A000051 (<https://oeis.org/A000051>), mais la formulation de la règle de la suite est différente ( $a(n) = 2^n + 1$  plutôt

que  $2n - 1$ ). Notre formule consiste à multiplier chacun des nouveaux termes par 2, puis de soustraire 1 à ce résultat. Voyons l'application de notre formule.

$$(2n - 1) : 2, 2 \times 2 - 1 = 3, 2 \times 3 - 1 = 5, 2 \times 5 - 1 = 9, \text{ etc.}$$

Nous observons aussi que la séquence de l'OEIS ne semble pas être liée à ce que nous considérons ici, soit le nombre croissant de facteurs de la série de nombres résultant de cette opération de mise au carré répétitive, commençant par n'importe quel nombre premier.

Le même phénomène, celui d'une même régularité observable au niveau du nombre de facteurs peu importe le nombre premier choisi au départ, se produit lorsqu'un nombre premier est mis au cube (à la puissance 3), puis ce résultat mis au cube à son tour, et ainsi de suite.

$$2, 4, 10, 28, 82, \dots$$

Le premier terme de la séquence est le nombre de facteurs d'un nombre premier (toujours 2). Le terme suivant est le nombre de facteurs du cube de ce nombre, et ainsi de suite, en mettant tous les nombres résultants suivants à la puissance 3 de manière itérative et en ajoutant à la séquence le nombre de facteurs de chacun de ces nombres.

Ex: 2 (2 facteurs),  $2^3 = 8$  (4 facteurs),  $8^3 = 512$  (10 facteurs),  $512^3 = 134\,217\,728$  (28 facteurs),  $134\,217\,728^3 = 2417851639229258349412352$  (82 facteurs), etc.

Ex: 3 (2 facteurs),  $3^3 = 27$  (4 facteurs),  $27^3 = 19\,683$  (10 facteurs),  $19\,683^3 = 7\,625\,597\,484\,987$  (28 facteurs),  $7\,625\,597\,484\,987^3 = 443426488243037769948249630619149892803$  (82 facteurs), etc.

La séquence est différente de celle issue des carrés, mais tel que vu précédemment, elle est identique quel que soit le nombre premier choisi au départ. Cette suite correspond à la séquence no A034472 (<https://oeis.org/A034472>) de l'OEIS. Encore une fois, la formulation de la règle de la suite, telle qu'on la retrouve sur le site de l'OEIS, est différente de la nôtre, mais ces deux formules ne présentent chacune qu'une légère adaptation par rapport à la précédente, montrant que la même logique arithmétique prévaut lorsque l'on passe d'une puissance à une autre ( $a(n) = 3^n + 1$  plutôt que  $a(n) = 2^n + 1$  pour la séquence de l'OEIS et  $3n - 2$  plutôt que  $2n - 1$  pour notre propre formule).

Nous sommes aussi d'avis que le même motif arithmétique (une régularité du nombre de facteurs) se produira quel que soit le nombre premier ou l'exposant choisis au départ. Ainsi, une séquence débutant par un nombre premier quelconque mis à la puissance 4 produira toujours la même séquence, dont les

termes sont le nombre de facteurs. Nous observerons alors la règle  $a(n) = 4^n + 1$  ou  $4n - 3$ , les termes de la suite étant toujours le nombre de facteurs des nombres obtenus, ce qui correspond à la séquence no A052539 (<https://oeis.org/A052539>) de l'OEIS :

2, 5, 17, 65,...

Ex: 2 (**2** facteurs),  $2^4 = 16$  (**5** facteurs),  $16^4 = 65\,536$  (**17** facteurs),  $65\,536^4 = 18\,446\,744\,073\,709\,551\,616$  (**65** facteurs), etc.

Ex: 3 (**2** facteurs),  $3^4 = 81$  (**5** facteurs),  $81^4 = 43\,046\,721$  (**17** facteurs), etc.

Il nous apparaît assez évident que le pattern est prévisible et s'applique à l'infini. Aussi nous est-il possible de prédire avec assurance la séquence de facteurs générée par un nombre premier mis à n'importe quelle puissance, sans nécessité de vérifier ou de calculer, en appliquant l'une ou l'autre des formules vues précédemment, avec un léger ajustement en fonction de la puissance choisie. Par exemple, la séquence des facteurs issus de la mise à la puissance 5 d'un nombre premier et des résultats successifs irait comme suit :

Notre formule :  $5n - 4$

2,  $5 \times 2 = 10$   $10 - 4 = \mathbf{6}$ ,  $5 \times 6 = 30$   $30 - 4 = \mathbf{26}$ ,  $5 \times 26 = 130$   $130 - 4 = \mathbf{126}$ , Etc.

La séquence produite serait donc : 2, 6, 26, 126,...

Mais il y a encore bien d'autres observations intéressantes à faire. Alignons nos séquences de sorte à pouvoir les comparer plus facilement.

Séquence A ( $2n - 1$ ) :  $\mathbf{n^2} = 2, 3, 5, 9, 17, 33, 65, 129, 257, 513, 1\,025, \dots$

Séquence B ( $3n - 2$ ) :  $\mathbf{n^3} = 2, 4, 10, 28, 82, 244, 730, \dots$

Séquence C ( $4n - 3$ ) :  $\mathbf{n^4} = 2, 5, 17, 65, 257, 1\,025, \dots$

Séquence D ( $5n - 4$ ) :  $\mathbf{n^5} = 2, 6, 26, 126, 626, 3\,126, \dots$

Séquence E ( $6n - 5$ ) :  $\mathbf{n^6} = 2, 7, 37, 217, 1\,297, 7\,777, \dots$

Juxtaposées ainsi, les séquences nous laissent entrevoir l'existence de liens arithmétiques entre elles, telle que la présence de termes redondants entre les séquences A ( $n^2$ ) et C ( $n^4$ ), soit 2, 5, 17, 65, 257, 1 025, etc. Ces termes sont positionnés aux rangs 1, 3, 5, 7, 9 et 11 de la séquence A et aux rangs 1, 2, 3, 4, 5 et 6 de la séquence C. Visiblement, chacun des termes de la séquence C correspond à un terme d'un rang impair de la séquence A. Cela signifie qu'aucun calcul n'est nécessaire pour obtenir les termes de la

séquence C. Nous avons ainsi le pouvoir de déduire tous les termes de la séquence C en n'ayant en main que ceux de la séquence A.

Il est aussi évident que les premier et deuxième termes des séquences sont prévisibles *ad nauseam*, le premier étant toujours 2 et le second équivalent à la puissance choisie +1. Le troisième terme de la série A se joint également aux termes du même rang des autres suites, produisant une régularité dont la règle est d'ajouter à chaque terme le nombre qui le précède et, à partir du troisième terme, d'ajouter 2 unités supplémentaires à chaque fois, ce qui produit la régularité suivante : 5, 10, 17, 26, 37, etc. (voir ci-après).

**5** = 5 + 0, **10** = 5 + 5, **17** = 10 + 5 + 2 (ou 5 + 5 + 5 + 2), **26** = 17 + 5 + 2 + 2 (ou 5 + 5 + 5 + 5 + 2 + 2), **37** = 17 + 5 + 2 + 2 + 2 (ou 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 2 + 2 + 2), etc.

Nous observons également que, à partir du nombre 126, tous les termes de la séquence D se terminent alternativement par 126 ou 626 et que les termes de la séquence E, à partir de 7, se terminent toujours par le chiffre 7.

Une autre chose à noter est que toutes ces séquences se retrouvent dans les tables de Vincenzo Librandi, sur le site de l'OEIS. Il est donc possible, sans avoir à effectuer le moindre calcul, de connaître le nombre de facteurs des nombres produits par une opération répétée de mise à la puissance  $x$  de n'importe quel nombre premier.

Nous sommes d'avis qu'une analyse plus approfondie nous permettrait d'établir des observations et des correspondances supplémentaires, ce que nous ne ferons pas ici. À notre connaissance, ces régularités n'ont pas été associées auparavant au nombre grandissant de facteurs que possèdent les nombres résultant de l'exponentiation répétée d'un nombre premier (mis au carré, au cube ou à toute autre puissance supérieure), quel qu'il soit. Dans tel cas, il s'agit d'une hypothèse qui demande confirmation et nous suggérons de la considérer comme une nouvelle conjecture liée aux nombres premiers.

## Tableaux et graphiques :

Diagramme 1 : La machine à détecter des nombres premiers

Diagramme 2 : La machine à détecter des paires de nombres premiers jumeaux

Diagramme 3 : Comparaison entre le nombre de faux positifs, de semi-premiers et de nombres premiers situés entre les carrés d'une paire de nombres premiers jumeaux

Diagramme 4 : Courbe des faux positifs avec un nombre de 90 items (Série 1)

Diagramme 5 : Courbe des faux positifs avec un nombre de 72 items (Série 1)

Diagramme 6 : Facteurs multiplicatifs du nombre 24 associés aux carrés des nombres premiers, des nombres premiers jumeaux et des faux positifs

Diagramme 7 : Facteurs multiplicatifs du nombre 24 associés à la différence entre les carrés des nombres d'une paire de nombres premiers jumeaux

Diagramme 8 : Facteurs multiplicatifs du nombre 24 associés à la différence entre les carrés des nombres d'une paire de nombres premiers jumeaux (en usant des données de la séquence A002822)

Tableau 1 : Lien entre le carré des nombres premiers et le nombre 24

Tableau 2 : Pourcentage de nombres faux positifs par tranches croissantes

Tableau 3 : Les nombres faux positifs et leur factorisation

Tableau 4 : Nombres premiers jumeaux et leurs carrés (1)

Tableau 5 : Nombres premiers jumeaux et leurs carrés (2)

Tableau 6 : Nombres premiers jumeaux et leurs carrés (3)

Tableau 7 : Multiples de 6 de 0 à 222 qui ne sont pas encadrés par une paire de nombres premiers jumeaux

Tableau 8 : Semi-premiers, multiples de 6 et paires de nombres premiers jumeaux par tranche de 100

Tableau 9 : Facteurs multiplicatifs de 24 ( $n$ ) et nombres premiers

Tableau 10 : Paires de nombres jumeaux faux positives

Tableau 11 : Propriétés des nombres des paires de nombres premiers jumeaux faux positives

---

Annexe A : Formules mathématiques pour les paires de nombres entiers, premiers ou non

Annexe B : Constatations parallèles : le nombre de facteurs des nombres résultant de l'exponentiation répétée d'un nombre premier

---

## Références :

Aucun article scientifique publié dans une revue de mathématiques n'a été consulté en lien avec ce travail de recherche sur les nombres premiers. Le contenu dans son entièreté (tableaux, exemples, calculs, algorithmes, résultats, etc.) est uniquement le fruit des investigations personnelles de l'auteur. Tous les postulats, hypothèses, analyses de données et conclusions du présent article sont exclusivement le fruit des efforts individuels d'un chercheur indépendant qui explore de manière très libre, intuitive et imaginative, l'univers des nombres. N'étant pas mathématicien de profession, il est probable que certains éléments de notre article soient peu pertinents ou ne soient pas entièrement nouveaux. Dans tel cas, nous nous en excusons et ne voulons en aucun cas nous attribuer la paternité des idées, formules ou résultats de recherche déjà existants. Nous accueillerons avec plaisir tout commentaire constructif visant l'amélioration de nos travaux à l'adresse courriel suivante : les64cases@gmail.com.

[1] Tiré du site *Récéomath* ([http://www.recreomath.qc.ca/dict\\_jumeaux\\_np.htm](http://www.recreomath.qc.ca/dict_jumeaux_np.htm)).

[2] N.J.A. Sloane, *L'Encyclopédie en ligne des suites de nombres entiers* (OEIS).

[3] Anaïs Culot : Ces nombres qui dessinent le monde, CNRS – Le Journal (2021).