

# PGCD ET NOMBRES PREMIERS

## I. PGCD de deux entiers

### 1) Définition et propriétés

Exemple :

▶ Vidéo <https://youtu.be/sC2iPY27Ym0>

Tous les diviseurs de 60 sont : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30, 60

Tous les diviseurs de 100 sont : 1, 2, 4, 5, 10, 20, 25, 50, 100

Les diviseurs communs à 60 et 100 sont : 1, 2, 4, 5, 10, 20

Le plus grand diviseur commun à 60 et 100 est 20. On le nomme le PGCD de 60 et 100.

**Définition :** Soit  $a$  et  $b$  deux entiers naturels non nuls.

On appelle **PGCD** de  $a$  et  $b$  le plus grand commun diviseur de  $a$  et  $b$  et note  $\text{PGCD}(a;b)$ .

**Remarque :**

On peut étendre cette définition à des entiers relatifs. Ainsi dans le cas d'entiers négatifs, la recherche du PGCD se ramène au cas positif.

Par exemple,  $\text{PGCD}(-60;100) = \text{PGCD}(60,100)$ .

On a ainsi de façon général :  $\text{PGCD}(|a|;|b|) = \text{PGCD}(a;b)$ .

**Propriétés :** Soit  $a$  et  $b$  deux entiers naturels non nuls.

a)  $\text{PGCD}(a ; 0) = a$

b)  $\text{PGCD}(a ; 1) = 1$

c) Si  $b$  divise  $a$  alors  $\text{PGCD}(a ; b) = b$

**Démonstration de c :**

Si  $b$  divise  $a$  alors tous diviseurs de  $b$  est un diviseur de  $a$ . Donc le plus grand diviseur de  $b$  est un diviseurs de  $a$ .

### 2) Algorithme d'Euclide



C'est avec *Euclide d'Alexandrie* (-320? ; -260?), que les théories sur les nombres premiers se mettent en place.

Dans « *Les éléments* » (livres VII, VIII, IX), il donne des définitions, des propriétés et démontre certaines affirmations du passé, comme l'existence d'une infinité de nombres premiers.

« Les nombres premiers sont en quantité plus grande que toute quantité proposée de nombres premiers ».

Il présente aussi la décomposition en facteurs premiers liée à la notion de PGCD.

**Propriété :** Soit  $a$  et  $b$  deux entiers naturels non nuls.  
 Soit  $r$  est le reste de la division euclidienne de  $a$  par  $b$ .  
 On a :  $\text{PGCD}(a ; b) = \text{PGCD}(b ; r)$

**Démonstration :**

On note respectivement  $q$  et  $r$  le quotient et le reste de la division euclidienne de  $a$  par  $b$ .

Si  $D$  un diviseur de  $b$  et  $r$  alors  $D$  divise  $a = bq + r$  et donc  $D$  est un diviseur de  $a$  et  $b$ .  
 Réciproquement, si  $D$  un diviseur de  $a$  et  $b$  alors  $D$  divise  $r = a - bq$  et donc  $D$  est un diviseur de  $b$  et  $r$ .

On en déduit que l'ensemble des diviseurs communs de  $a$  et  $b$  est égal à l'ensemble des diviseurs communs de  $b$  et  $r$ . Et donc en particulier,  $\text{PGCD}(a ; b) = \text{PGCD}(b ; r)$ .

**Méthode :** Recherche de PGCD par l'algorithme d'Euclide

 **Vidéo** [https://youtu.be/npG\\_apkl18o](https://youtu.be/npG_apkl18o)

Déterminer le PGCD de 252 et 360.

On applique l'algorithme d'Euclide :

$$360 = 252 \times 1 + 108$$

$$252 = 108 \times 2 + 36$$

$$108 = 36 \times 3 + 0$$

Le dernier reste non nul est 36 donc  $\text{PGCD}(252 ; 360) = 36$ .

En effet, d'après la propriété précédente :

$$\text{PGCD}(252 ; 360) = \text{PGCD}(252 ; 108) = \text{PGCD}(108 ; 36) = \text{PGCD}(36 ; 0) = 36$$

Il est possible de vérifier le résultat à l'aide de la calculatrice :

Avec une TI 84 :

Touche "MATH" puis menu "NUM" :

`gcd(252, 360)`  
36

Avec une Casio 35+ :

Touche "OPTION" puis "⇒" (=touche F6).

Choisir "Num" puis "⇒".

Et choisir "GCD".

`GCD(252, 360)`  
36

*TP info sur tableur : L'algorithme d'Euclide*

<http://www.maths-et-tiques.fr/telech/Euclide.pdf>

<http://www.maths-et-tiques.fr/telech/Euclide.ods> (feuille de calcul 00o)

*TP info sur tableur : L'algorithme le plus performant*

[http://www.maths-et-tiques.fr/telech/Compa\\_algo.pdf](http://www.maths-et-tiques.fr/telech/Compa_algo.pdf)

[http://www.maths-et-tiques.fr/telech/Compa\\_algo.ods](http://www.maths-et-tiques.fr/telech/Compa_algo.ods) (feuille de calcul 00o)

**Propriété :** Soit  $a$  et  $b$  deux entiers naturels non nuls.  
 L'ensemble des diviseurs communs de  $a$  et  $b$  est l'ensemble des diviseurs de leur PGCD.

Démonstration :

On a démontré précédemment que l'ensemble des diviseurs communs de  $a$  et  $b$  est égal à l'ensemble des diviseurs communs de  $b$  et  $r$ .

En poursuivant par divisions euclidiennes successives, on obtient une liste strictement décroissante de restes  $r, r_1, r_2, r_3, \dots$ . En effet, on a successivement :

$$0 \leq r < b, \quad 0 \leq r_1 < r, \quad 0 \leq r_2 < r_1, \quad 0 \leq r_3 < r_2, \quad \dots$$

Il n'existe qu'un nombre fini d'entiers compris entre 0 et  $r$ .

Il existe donc un rang  $k$  tel que  $r_k \neq 0$  et  $r_{k+1} = 0$ .

Ainsi l'ensemble des diviseurs communs de  $a$  et  $b$  est égal à l'ensemble des diviseurs communs de  $r_k$  et 0.

A noter qu'à ce niveau ce résultat démontre le fait que dans l'algorithme d'Euclide, le dernier reste non nul est égal au PGCD de  $a$  et  $b$ . En effet,  $\text{PGCD}(r_k; 0) = r_k$ .

On en déduit que l'ensemble des diviseurs communs de  $a$  et  $b$  est égal à l'ensemble des diviseurs de  $r_k$ .

Exemple :

 **Vidéo** <https://youtu.be/lel0FUKjEcs>

Chercher les diviseurs communs de 2730 et 5610 revient à chercher les diviseurs de leur PGCD.

A l'aide de la calculatrice, on obtient :  $\text{PGCD}(2730; 5610) = 30$ .

Les diviseurs de 30 sont 1, 2, 3, 5, 6, 10, 15 et 30.

Donc les diviseurs communs à 2730 et 5610 sont 1, 2, 3, 5, 6, 10, 15 et 30.

**Propriété :** Soit  $a, b$  et  $k$  des entiers naturels non nuls.  
 $\text{PGCD}(ka; kb) = k \times \text{PGCD}(a; b)$

Démonstration :

En appliquant l'algorithme d'Euclide, on obtient successivement :

$$\text{PGCD}(ka; kb) = \text{PGCD}(kb; kr) = \text{PGCD}(kr; kr_1) = \text{PGCD}(kr_1; kr_2) = \dots = \text{PGCD}(kr_k; 0) = kr_k$$

Exemple :

 **Vidéo** [https://youtu.be/ElcXmEi\\_HPs](https://youtu.be/ElcXmEi_HPs)

Chercher le PGCD de 420 et 540 revient à chercher le PGCD de 21 et 27.

En effet,  $420 = 2 \times 10 \times 21$  et  $540 = 2 \times 10 \times 27$ .

Or  $\text{PGCD}(21; 27) = 3$  donc  $\text{PGCD}(420; 540) = 2 \times 10 \times 3 = 60$ .

## II. Théorème de Bézout et théorème de Gauss

### 1) Nombres premiers entre eux

**Définition :** Soit  $a$  et  $b$  deux entiers naturels non nuls.  
On dit que  $a$  et  $b$  sont premiers entre eux lorsque leur PGCD est égal à 1.

Exemple :

 **Vidéo** <https://youtu.be/Rno1eANN7aY>

42 et 55 sont premiers entre eux en effet  $\text{PGCD}(42 ; 55) = 1$ .

### 2) Théorème de Bézout

**Propriété (Identité de Bézout) :** Soit  $a$  et  $b$  deux entiers naturels non nuls et  $d$  leur PGCD.  
Il existe deux entiers relatifs  $u$  et  $v$  tels que  $au + bv = d$ .

Démonstration :

On appelle  $E$  l'ensemble des entiers positifs de la forme  $am + bn$  avec  $m$  et  $n$  entiers relatifs.

$a$  et  $-a$  appartiennent par exemple à  $E$  donc  $E$  est non vide et  $E$  contient un plus petit élément strictement positif noté  $d$ .

- Démontrons que  $\text{PGCD}(a;b) \leq d$  :

$\text{PGCD}(a;b)$  divise  $a$  et  $b$  donc divise  $d$  et donc  $\text{PGCD}(a;b) \leq d$ .

- Démontrons que  $d \leq \text{PGCD}(a;b)$  :

On effectue la division euclidienne de  $a$  par  $d$  :

Il existe un unique couple d'entiers  $(q ; r)$  tel que  $a = dq + r$  avec  $0 \leq r < d$

On a alors :

$$r = a - dq = a - (au + bv)q = a - auq - bvq = (1 - uq)a - vqb$$

Donc  $r$  est un élément de  $E$  plus petit que  $d$  ce qui est contradictoire et donc  $r = 0$ .

On en déduit que  $d$  divise  $a$ . On montre de même que  $d$  divise  $b$  et donc

$$d \leq \text{PGCD}(a;b).$$

On conclut que  $d = \text{PGCD}(a;b)$  et finalement, il existe deux entiers  $u$  et  $v$  tels que :  
 $au + bv = \text{PGCD}(a;b)$ .

Exemple :

On a par exemple :  $\text{PGCD}(54 ; 42) = 6$ .

Il existe donc deux entiers  $u$  et  $v$  tels que :  $54u + 42v = 6$ .

Le couple  $(-3 ; 4)$  convient. En effet :  $54 \times (-3) + 42 \times 4 = 6$ .

**Théorème de Bézout :** Soit  $a$  et  $b$  deux entiers naturels non nuls.  
 $a$  et  $b$  sont premiers entre eux si, et seulement si, il existe deux entiers relatifs  $u$  et  $v$  tels que  $au + bv = 1$ .

Démonstration :

- Si  $a$  et  $b$  sont premiers entre eux alors le résultat est immédiat d'après l'identité de Bézout.

- Supposons qu'il existe deux entiers relatifs  $u$  et  $v$  tels que  $au + bv = 1$ .

$PGCD(a;b)$  divise  $a$  et  $b$  donc divise  $au + bv = 1$ .

Donc  $PGCD(a;b) = 1$ . La réciproque est prouvée.

Exemple :

22 et 15 sont premiers entre eux.

On est alors assuré que l'équation  $22x + 15y = 1$  admet un couple solution d'entiers.

Méthode : Démontrer que deux entiers sont premiers entre eux

 **Vidéo** <https://youtu.be/oJuQv8guLJk>

Démontrer que pour tout entier naturel  $n$ ,  $2n + 3$  et  $5n + 7$  sont premiers entre eux.

$$5(2n + 3) - 2(5n + 7) = 10n + 15 - 10n - 14 = 1$$

D'après le théorème de Bézout, avec les coefficients 5 et -2, on peut affirmer que  $2n + 3$  et  $5n + 7$  sont premiers entre eux.

3) Théorème de Gauss

**Théorème de Gauss :** Soit  $a$ ,  $b$  et  $c$  trois entiers naturels non nuls.

Si  $a$  divise  $bc$  et si  $a$  et  $b$  sont premiers entre eux alors  $a$  divise  $c$ .

Démonstration :

$a$  divise  $bc$  donc il existe un entier  $k$  tel que  $bc = ka$ .

$a$  et  $b$  sont premiers entre eux donc il existe deux entiers relatifs  $u$  et  $v$  tels que :

$$au + bv = 1.$$

Soit :  $acu + bcv = c$  soit encore  $acu + kav = c$

$$\text{Et donc } a(cu + kv) = c$$

On en déduit que  $a$  divise  $c$ .

**Corollaire :** Soit  $a$ ,  $b$  et  $c$  trois entiers naturels non nuls.

Si  $a$  et  $b$  divisent  $c$  et si  $a$  et  $b$  sont premiers entre eux alors  $ab$  divise  $c$ .

Démonstration :

$a$  et  $b$  divisent  $c$  donc il existe deux entiers  $k$  et  $k'$  tel que  $c = ka = k'b$ .

Et donc  $a$  divise  $k'b$ .

$a$  et  $b$  sont premiers entre eux donc d'après le théorème de Gauss,  $a$  divise  $k'$ .

Il existe donc un entier  $k''$  tel que  $k' = ak''$ .

$$\text{Comme } c = k'b, \text{ on a } c = ak''b = k''ab$$

Et donc  $ab$  divise  $c$ .

Exemple :

6 et 11 divisent 660,  
6 et 11 sont premiers entre eux,  
donc 66 divise 660.

Remarque :

Intuitivement, on pourrait croire que la condition " $a$  et  $b$  sont premiers entre eux" est inutile.

Prenons un contre-exemple :

6 et 9 divisent 18,  
6 et 9 ne sont pas premiers entre eux,  
et  $6 \times 9 = 54$  ne divise pas 18.

Méthode : Résoudre une équation du type  $ax + by = c$ 

 Vidéo <https://youtu.be/0rbKnNjT3fY>

- a) Déterminer les entiers  $x$  et  $y$  tels que  $5x + 7y = 1$
- b) Déterminer les entiers  $x$  et  $y$  tels que  $5x + 7y = 12$

a) On a  $y = \frac{1-5x}{7}$ . En choisissant  $x = -4$ ,  $y$  est entier.

Ainsi, le couple  $(-4 ; 3)$  est une solution particulière de l'équation.

Donc  $5x + 7y = 5 \times (-4) + 7 \times 3$

Soit  $5(x + 4) = 7(3 - y)$ .

5 divise  $7(3 - y)$  et 5 et 7 sont premiers entre eux.

D'après le théorème de Gauss, 5 divise  $3 - y$ .

On prouve de même que 7 divise  $x + 4$ .

Il existe donc deux entiers  $k$  et  $k'$  tels que  $x + 4 = 7k$  et  $3 - y = 5k'$ .

Réciproquement, on remplace dans l'équation  $5(x + 4) = 7(3 - y)$  soit :

$5 \times 7k = 7 \times 5k'$  et donc  $k = k'$ .

Ainsi, les solutions sont de la forme  $x = 7k - 4$  et  $y = 3 - 5k$ , avec  $k$  entier quelconque.

b) On a vu que :  $5 \times (-4) + 7 \times 3 = 1$  donc  $5 \times (-4) \times 12 + 7 \times 3 \times 12 = 12$

Soit encore :  $5 \times (-48) + 7 \times 36 = 12$  et donc le couple  $(-48 ; 36)$  est une solution particulière de l'équation.

En appliquant la même méthode qu'à la question a, on prouve que les solutions sont de la forme  $x = 7k - 48$  et  $y = 36 - 5k$ , avec  $k$  entier quelconque.

## II. Nombres premiers



Les plus anciennes traces des nombres premiers ont été trouvées près du lac Edouard au Zaïre sur un os (de plus de 20000 ans), l'os d'Ishango, recouvert d'entailles marquant les nombres premiers 11, 13, 17 et 19.

Est-ce ici l'ébauche d'une table de nombres premiers ou cette correspondance est-elle due au hasard ?

### 1) Définition et propriétés

**Définition :** Un nombre entier naturel est premier s'il possède exactement deux diviseurs positifs distincts 1 et lui-même.

Exemples et contre-exemples :

- 2, 3, 5, 7 sont des nombres premiers.
- 6 n'est pas un nombre premier car divisible par 2 et 3.
- 1 n'est pas un nombre premier car il ne possède qu'un seul diviseur positif.

Liste des nombres premiers inférieurs à 100 :

2 3 5 7 11 13 17 19 23 29 31 37 41 43 47 53 59 61 67 71 73 79 83 89 97

**Propriété :** Tout entier naturel  $n$  strictement supérieur à 1 et non premier admet un diviseur premier  $p$  tel que  $p \leq \sqrt{n}$ .

Démonstration :

Soit  $E$  l'ensemble des diviseurs de  $n$  autre que 1 et  $n$ . Cet ensemble est non vide car  $n$  n'est pas premier donc  $E$  admet un plus petit élément noté  $p$ .

$p$  est premier car dans le cas contraire,  $p$  admettrait un diviseur autre que 1 et  $p$ . Ce diviseur serait plus petit que  $p$  et diviserait également  $n$  ce qui contredit le fait que  $p$  est le plus petit élément de  $E$ .

On peut écrire que  $n = pq$  avec  $p \leq q$  car  $p$  est le plus petit élément de  $E$ .

Donc  $p \times p \leq pq = n$  et donc  $p \leq \sqrt{n}$ .

Remarque :

Pour savoir si un nombre  $n$  est premier ou non, la recherche de diviseurs peut s'arrêter au dernier entier premier inférieur à  $\sqrt{n}$ .

**Méthode :** Déterminer si un nombre est premier ou non

391 est-il premier ?

Pour le vérifier, on teste la divisibilité par tous les nombres premiers inférieurs à  $\sqrt{391} \approx 19,8$ .

Soit : 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17 et 19.

Les critères de divisibilités connus en classe du collège permettent de vérifier facilement que 391 n'est pas divisible par 2, 3 et 5.

En vérifiant par calcul pour 7, 11, 13 et 17, on constate que  $391 : 17 = 23$ .

On en déduit que 391 n'est pas premier.



Pierre de Fermat (1601 ; 1665) est l'auteur de la plus célèbre conjecture des mathématiques :

« L'équation  $x^n + y^n = z^n$  n'a pas de solution avec  $x, y, z > 0$  et  $n > 2$  ».

Fermat prétendait en détenir une preuve étonnante, mais il inscrivit dans la marge d'un ouvrage de *Diophante d'Alexandrie* ne pas avoir assez de place pour la rédiger !!!

Il fallu attendre trois siècles et demi pour qu'en 1995, un anglais, *Andrew Wiles*, en vienne à bout et empoche récompenses et célébrité.

## 2) Décomposition en facteurs premiers

Exemple :

On veut décomposer 600 en produit de facteurs premiers.

$$600 = 6 \times 100 = 6 \times 10^2 = 2 \times 3 \times 2^2 \times 5^2 = 2^3 \times 3 \times 5^2$$

En effet, 2, 3 et 5 sont des nombres premiers.

**Propriété :** Tout entier naturel  $n$  strictement supérieur à 1 se décompose en produit de facteurs premiers.

Cette décomposition est unique à l'ordre près des facteurs.

On note  $n = p_1^{\alpha_1} \times p_2^{\alpha_2} \times \dots \times p_r^{\alpha_r}$  avec  $p_1, p_2, \dots, p_r$  nombres premiers distincts et  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_r$  entiers naturels non nuls.

Démonstration :

Existence :

- Si  $n$  est premier, l'existence est démontrée.

- Sinon, le plus petit diviseur  $p_1$  de  $n$  est premier et il existe un entier naturel  $n_1$  tel que :  $n = p_1 n_1$ .

- Si  $n_1$  est premier, l'existence est démontrée.

- Sinon, le plus petit diviseur  $p_2$  de  $n_1$  est premier et il existe un entier naturel  $n_2$  tel que :  $n_1 = p_2 n_2$ .

On réitère le processus pour obtenir une suite  $(n_k)$  décroissante et finie d'entiers naturels.

Ainsi,  $n$  se décompose en un produit de facteurs premiers du type :

$$n = p_1^{\alpha_1} \times p_2^{\alpha_2} \times \dots \times p_r^{\alpha_r}.$$

Unicité : On effectue une démonstration par récurrence

- Initialisation : Trivial pour  $n = 2$ .



- **Hérédité :**

- Hypothèse de récurrence :

Supposons qu'il existe un entier  $k$  strictement supérieur à 1, tel que la propriété soit vraie pour tout entier strictement inférieur à  $k$  :

La décomposition de tout entier strictement inférieur à  $k$  en produit de facteurs premiers est unique.

- Démontrons que : La propriété est vraie au rang  $k$  : La décomposition de  $k$  en produit de facteurs premiers est unique.

Supposons qu'il existe deux décompositions distinctes :

$$k = p_1 p_2 \dots p_r = q_1 q_2 \dots q_s$$

Donc  $p_1$  divise  $q_1 q_2 \dots q_s$  et donc il existe un entier  $q_i$  tel que  $p_1$  et  $q_i$  ne soient pas premiers entre eux. Comme  $p_1$  et  $q_i$  sont premiers, on a  $p_1 = q_i$ .

Le nombre  $l = \frac{k}{p_1}$  est inférieur à  $k$  et on a :

$$l = p_2 p_3 \dots p_r = q_1 q_2 \dots q_{i-1} q_{i+1} \dots q_s$$

$l$  qui est inférieur à  $k$  admet donc deux décompositions distinctes ce qui est contradictoire avec l'hypothèse de récurrence.

- **Conclusion :**

La propriété est vraie pour  $n = 2$  et héréditaire à partir de ce rang. D'après le principe de récurrence, elle est vraie pour tout entier naturel  $n$ .

**Propriété :** Soit  $p_1^{\alpha_1} \times p_2^{\alpha_2} \times \dots \times p_r^{\alpha_r}$  la décomposition en produit de facteurs premiers d'un entier naturel  $n$  non nul.

Tout diviseur de  $n$  admet une décomposition en produit de facteurs premiers de la forme  $p_1^{\beta_1} \times p_2^{\beta_2} \times \dots \times p_r^{\beta_r}$  avec  $0 \leq \beta_i \leq \alpha_i$  pour tout  $1 \leq i \leq r$ .

**Démonstration :**

-  $p_1^{\beta_1} \times p_2^{\beta_2} \times \dots \times p_r^{\beta_r}$  divise  $p_1^{\alpha_1} \times p_2^{\alpha_2} \times \dots \times p_r^{\alpha_r}$

- Réciproquement, soit  $d$  un diviseur de  $n = p_1^{\alpha_1} \times p_2^{\alpha_2} \times \dots \times p_r^{\alpha_r}$ .

Donc tout facteur premier de  $d$  divise  $n$  et est donc égal à  $p_1, p_2, \dots$  ou  $p_r$ .

Par extension, on en déduit que  $d$  peut s'écrire  $p_1^{\beta_1} \times p_2^{\beta_2} \times \dots \times p_r^{\beta_r}$  avec  $0 \leq \beta_i \leq \alpha_i$ .

**Exemple :**

 **Vidéo** <https://youtu.be/1WMQ-iH7-7c>

$$600 = 2^3 \times 3 \times 5^2$$

Donc  $2^2 \times 3^0 \times 5^1 = 20$  est un diviseur de 600.

**Méthode : Déterminer un PGCD ou un PPCM\***

 **Vidéo** <https://youtu.be/2bIK1KkQ1k0>

\* *Plus Petit Commun Multiple*

- a) Décomposer 17 640 et 411 600 en produits de facteurs premiers.  
b) En déduire le PGCD et le PPCM (plus petit multiple commun) de ces deux nombres.

|  |  |
|--|--|
| a) 17 640 = 2 x 8820                                   | 411 600 = 2 x 205 800                                  |
| = 2 <sup>2</sup> x 4410                                | = 2 <sup>2</sup> x 102 900                             |
| = 2 <sup>3</sup> x 2205                                | = 2 <sup>3</sup> x 51 450                              |
| = 2 <sup>3</sup> x 3 x 735                             | = 2 <sup>4</sup> x 25 725                              |
| = 2 <sup>3</sup> x 3 <sup>2</sup> x 245                | = 2 <sup>4</sup> x 3 x 8575                            |
| = 2 <sup>3</sup> x 3 <sup>2</sup> x 5 x 49             | = 2 <sup>4</sup> x 3 x 5 x 1715                        |
| = 2 <sup>3</sup> x 3 <sup>2</sup> x 5 x 7 <sup>2</sup> | = 2 <sup>4</sup> x 3 x 5 <sup>2</sup> x 343            |
|  | = 2 <sup>4</sup> x 3 x 5 <sup>2</sup> x 7 x 49         |
|  | = 2 <sup>4</sup> x 3 x 5 <sup>2</sup> x 7 <sup>3</sup> |

- b) Le PGCD de 17 640 et 411 600 est donc  $2^3 \times 3 \times 5 \times 7^2 = 5880$   
Le PPCM de 17 640 et 411 600 est donc  $2^4 \times 3^2 \times 5^2 \times 7^3 = 1\,234\,800$

**Méthode : Déterminer tous les diviseurs d'un entier**

 **Vidéo** <https://youtu.be/k0rhj8fwdjs>

Déterminer tous les diviseurs de 132.

On décompose 132 en produit de facteurs premiers :  
 $132 = 2 \times 66 = 2 \times 2 \times 33 = 2^2 \times 3 \times 11$

On construit un arbre donnant tous les cas possibles :

