



I. PROPOSITION - FONCTION PROPOSITIONNELLE – LES QUANTIFICATEURS :

A. PROPOSITION :

a. Définition :

On appelle une proposition un énoncé mathématique (texte mathématique) qui a un sens pouvant être vrai ou faux (mais pas les deux en même temps). Et , on note souvent une proposition par les lettres P , Q ou R ..etc. .

b. Valeur de vérité d'une proposition : vraie ou bien fausse présente la valeur de vérité de la proposition

- Si la proposition est vraie on note V ou 1 .
- Si la proposition est fausse on note F ou 0 .
- Tableau de vérité d'une proposition est ci-contre

| |
|---|
| p |
| 1 |
| 0 |

c. Exemples :

P « 2 est un nombre pair » **proposition est vraie** . Q « $2+3=6$ » **proposition est fausse** .

R « ABCD est un parallélogramme alors les diagonales se coupe on leur milieux » . **proposition est vraie**

B. FONCTION PROPOSITIONNELLE

a. Définition :

On appelle une fonction propositionnelle, tout énoncé contenant une variable x ou plusieurs variables (x,y,z,...) et qui appartiennent à des ensembles déterminé . on note $P(x)$ ou $P(x,y,z,...)$

b. Remarque : si on remplace les variables par un élément de ces ensembles , la fonction propositionnelle devient une proposition .

c. Exemple :

❖ $A(x) : \text{« pour tout } x \text{ de } \mathbb{R} \text{ on a } \sqrt{x^2} = x \text{ »}$ est une fonction propositionnelle .

- si $x = 2$ on obtient une proposition vraie .
- si $x = -3$ on obtient une proposition fausse .

❖ $A(x,y) : \text{« pour tout } x \text{ et } y \text{ de } \mathbb{R} \text{ on a } : |x+y| = |x| + |y| \text{ »}$ est une fonction propositionnelle .

- si $x = 2$ et $y = 5$ on obtient une proposition vraie .
- si $x = -2$ et $y = 5$ on obtient une proposition fausse .

C. les quantificateurs :

a. Quantificateur universel : l'expression suivante « pour tout x de E la proposition $Q(x)$ est vraie » . On la note : « $\forall x \in E, Q(x)$ » .

- Le symbole \forall s'appelle quantificateur **universel** et il se lit : **pour tout ..** ou **quel que soit ..**
- Exemples : « $\forall x \in \mathbb{R} : \sqrt{x^2} = |x|$ » . « $\forall x \in \mathbb{R}, \forall y \in \mathbb{R} : |x+y| \leq |x| + |y|$ »

b. Quantificateur existentiel: l'expression suivante « il existe un x de E la proposition $Q(x)$ est vraie » . On la note : « $\exists x \in E, Q(x)$ » .

- Le symbole \exists s'appelle quantificateur **existantiel** et il se lit : **il existe ...**
- Exemples : « $\exists x \in \mathbb{R} : x+4 \leq 3$ » . « $\exists a \in \mathbb{R}, \exists b \in \mathbb{R}, \exists c \in \mathbb{R} : a^3 + b^3 = c^2$ » ($a=1; b=2, c=3$)

c. Le symbole $\exists!$: l'expression suivante « il existe un unique x de E la proposition $Q(x)$ est vraie » . On la note : « $\exists! x \in E, Q(x)$ » .

- Exemple : « $\exists! x \in \mathbb{R} : x+4 = 3$ »



d. Remarques :

- ❏ L'ordre des quantificateurs identiques (**universel ou bien existentiel**) ne change pas le sens de la fonction propositionnelle.
- ❏ L'ordre des quantificateurs non identiques (**universel et existentiel**) change le sens de la fonction propositionnelle.
- ❏ La négation du quantificateur : \forall est le quantificateur \exists .
- ❏ La négation du quantificateur : \exists est le quantificateur \forall .
- ❏ Les écritures suivantes sont équivalentes $\forall x \in E, \forall y \in E$ ou $\forall x, y \in E$ ou $\forall (x, y) \in E \times E$.
- ❏ Les écritures suivantes sont équivalentes $\exists x \in E, \exists y \in E$ ou $\exists x, y \in E$ ou $\exists (x, y) \in E \times E$.

II. OPERATIONS SUR LES PROPOSITIONS :

01. La négation d'une proposition :

a. Définition :

La négation d'une proposition P est la proposition qu'on note \bar{P} ou $\neg P$ tel que les valeurs de vérité de P et \bar{P} sont **opposées**.

b. Exemple : P « 2 est un nombre pair » sa négation est \bar{P} « 2 est un nombre impair »

c. Tableau de vérité la négation d'une proposition :

d. Propriété : $\bar{\bar{p}} = p$ ou encore $\neg(\neg p)$.

| p | $\bar{p} = \neg p$ |
|---|--------------------|
| 1 | 0 |
| 0 | 1 |

02. La conjonction de deux propositions - La disjonction de deux propositions.

A. La conjonction de deux propositions :

a. Définition :

La conjonction de deux propositions P et Q est la proposition notée $P \wedge Q$ ou bien $P \text{ et } Q$; $P \wedge Q$ est vraie seulement dans le cas où P et Q sont toutes les deux vraies.

b. Tableau de vérité de $P \wedge Q$ est :

c. Exemple :

- $(2 \text{ est un nombre pair}) \wedge (2 + 3 = 6)$ est une **proposition fausse**.
- $(2 \text{ est un nombre pair}) \wedge (2 + 3 = 6)$ ou encore
 $(2 \text{ est un nombre pair}) \text{ et } (2 + 3 = 6)$

| p | q | $P \wedge Q$ |
|---|---|--------------|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 |

B. La disjonction de deux propositions :

a. Définition :

La disjonction de deux propositions P et Q est la proposition notée $P \vee Q$ ou bien $P \text{ ou } Q$; $P \vee Q$ est fausse seulement dans le cas où P et Q sont toutes les deux fausses.

b. Tableau de vérité de $P \vee Q$ est :

c. Exemple :

- $(2 \text{ est un nombre pair}) \vee (2 + 3 = 6)$
ou encore $(2 \text{ est un nombre pair}) \text{ ou } (2 + 3 = 6)$
- $(2 \text{ est un nombre pair}) \vee (2 + 3 = 6)$ est une **proposition vraie**.

| p | q | $P \vee Q$ |
|---|---|------------|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 |

d. Propriétés :

- La conjonction et la disjonction sont **commutatives** :
❖ $P \wedge Q = Q \wedge P$



$$\diamond P \vee Q = Q \vee P.$$

- La conjonction et la disjonction sont **associatives** :
 $(P \wedge Q) \wedge R = P \wedge (Q \wedge R)$; $(P \vee Q) \vee R = P \vee (Q \vee R)$.
- La **négation** de la conjonction et la disjonction :
 $\diamond \neg(P \wedge Q) = \neg P \vee \neg Q$ ou bien $\overline{P \wedge Q} = \overline{P} \vee \overline{Q}$
 $\diamond \neg(P \vee Q) = \neg P \wedge \neg Q$ ou bien $\overline{P \vee Q} = \overline{P} \wedge \overline{Q}$
- La conjonction est **distributive sur** la disjonction - La disjonction est **distributive sur** la conjonction
 $\diamond P \wedge (Q \vee R) = (P \wedge Q) \vee (P \wedge R)$ de même $(Q \vee R) \wedge P = (Q \wedge P) \vee (R \wedge P)$.
 $\diamond P \vee (Q \wedge R) = (P \vee Q) \wedge (P \vee R)$ de même $(Q \wedge R) \vee P = (Q \vee P) \wedge (R \vee P)$.

e. Remarque :

- $P \wedge P = P$ de même $P \vee P = P$.

03. L'implication de deux propositions :

a. Définition :

L'implication de deux propositions P puis Q est la proposition $\overline{P} \vee Q$; qu'on note par $P \Rightarrow Q$ on lit P implique Q . $P \Rightarrow Q$ est fausse seulement dans le cas P est vraie et Q est fausse.

b. Tableau de vérité de $P \Rightarrow Q$ est :

c. Remarque :

- La proposition P s'appelle les données (ou hypothèses) de l'implication.
- La proposition Q s'appelle la conclusion de l'implication.
- L'implication $P \Rightarrow Q$ est fausse seulement dans le cas P est vraie et Q est fausse .
- L'implication $Q \Rightarrow P$ s'appelle l'implication réciproque de l'implication $P \Rightarrow Q$ (vis versa)
- L'implication $\overline{Q} \Rightarrow \overline{P}$ s'appelle la contre posée de l'implication $P \Rightarrow Q$.
- Si $P \Rightarrow Q$ on a pas forcément $Q \Rightarrow P$.

| p | q | $P \Rightarrow Q$ |
|---|---|-------------------|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 |

d. Exemple :

- $\underbrace{(2 \text{ est un nombre pair})}_{\text{vraie}} \Rightarrow \underbrace{(2+3=6)}_{\text{fausse}}$ est une **proposition fausse**.
- $\underbrace{(2+3=6)}_{\text{fausse}} \Rightarrow \underbrace{(2 \text{ est un nombre pair})}_{\text{vraie}}$ est une **proposition vraie**.

e. Propriétés :

- L'implication est transitive : $[(P \Rightarrow Q) \wedge (Q \Rightarrow R)] \Rightarrow (P \Rightarrow R)$.
- La négation de l'implication : $\neg(P \Rightarrow Q) = \overline{P} \Rightarrow \overline{Q} = P \wedge \overline{Q}$.
- La contraposée : $P \Rightarrow Q = \overline{Q} \Rightarrow \overline{P}$

04. L'équivalence de deux propositions :

a. Définition :

L'équivalence de deux propositions P et Q est la proposition $(P \Rightarrow Q) \wedge (Q \Rightarrow P)$ qu'on note par $P \Leftrightarrow Q$ on lit P est équivalente à Q ou bien P si et seulement si Q . $P \Leftrightarrow Q$ est vraie seulement si P et Q ont même valeur de vérité.



b. Tableau de vérité de $P \vee Q$ est :

c. Exemple : $\forall x \in \mathbb{R}, \forall y \in \mathbb{R} : x^2 = y^2 \Leftrightarrow (x = y \text{ ou } x = -y)$

d. Propriétés :

- $(P \Leftrightarrow Q) = (Q \Leftrightarrow P)$; $(P \Leftrightarrow Q) = (\bar{P} \Leftrightarrow \bar{Q})$.
- $\overline{(P \Leftrightarrow Q)} = (\bar{P} \Rightarrow Q) \wedge (Q \Rightarrow \bar{P}) = (P \wedge \bar{Q}) \vee (Q \wedge \bar{P})$
- L'équivalence est transitive : $[(P \Leftrightarrow Q) \wedge (Q \Leftrightarrow R)] \Rightarrow (P \Leftrightarrow R)$

| p | q | $P \Leftrightarrow Q$ |
|---|---|-----------------------|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 |

05. Lois logiques :

a. Définition :

Une loi logique est une proposition qui est vraie quel que soit la vérité des propositions qui la constitue .

b. Exemple :

- Lois de Morgan : $\overline{P \wedge Q} = \bar{P} \vee \bar{Q}$; $\overline{P \vee Q} = \bar{P} \wedge \bar{Q}$.
- $(P \wedge Q) \Rightarrow P$. Preuve : $((P \wedge Q) \Rightarrow P) \Leftrightarrow \overline{(P \wedge Q)} \vee P$
 $\Leftrightarrow (\bar{P} \vee \bar{Q}) \vee P$
 $\Leftrightarrow (\underbrace{\bar{P} \vee P}_{\text{vraie}}) \vee \bar{Q}$
est toujours vraie

Donc $(\bar{P} \vee P) \vee \bar{Q}$ est toujours vraie d'où $(P \wedge Q) \Rightarrow P$ est une loi logique .

III. TYPES DE RAISONNEMENTS :

01. Raisonnement par contre exemple :

a. Définition :

Pour prouver que la propriétés suivante est fausse : $\forall x \in E, P(x)$ il suffit de prouver que

$\exists x \in E, \bar{P}(x)$ est vraie (c.à.d. de trouver un élément x de E qui ne vérifie pas $P(x)$ ce qu'on appelle un contre exemple) .

Ce mode de raisonnement s'appelle raisonnement par contre exemple .

b. Exemple : est ce que la somme de deux nombres irrationnelle est un nombre irrationnelle ?

$\sqrt{2}$ et $-\sqrt{2}$ sont deux nombres irrationnelle mais leur somme $-\sqrt{2} + \sqrt{2} = 0$ n'est pas un nombre irrationnelle .

02. Raisonnement par des équivalences successives :

a. Définition :

Pour démontrer que l'équivalence suivant $P \Leftrightarrow Q$ est vrai , on démontrer que : $P \Leftrightarrow Q_1$ et $Q_1 \Leftrightarrow Q_2$ et $Q_2 \Leftrightarrow Q_3$ et et $Q_n \Leftrightarrow Q$.

Ce mode de raisonnement s'appelle raisonnement par des équivalences successives .

b. Exemple : montrer que $\forall a, b \in \mathbb{R} : a^2 + b^2 = 2ab \Leftrightarrow a = b$.

On a : $a^2 + b^2 = 2ab \Leftrightarrow a^2 + b^2 - 2ab = 0$

$$\Leftrightarrow (a - b)^2 = 0$$

$$\Leftrightarrow a - b = 0$$

$$\Leftrightarrow a = b$$



Conclusion : $\forall a, b \in \mathbb{R} : a^2 + b^2 = 2ab \Leftrightarrow a = b$

03. Raisonnement déductif :

a. Définition :

Si on a l'implication $P \Rightarrow Q$ est vraie et on a dans un exercice comme donnée la proposition P donc on déduit que la proposition Q est vraie .

Ce mode de raisonnement s'appelle raisonnement par **par déduction** .

b. Exemple :

1. On suppose qu'on a démontré : $\forall a, b > 0, \sqrt{ab} \leq \frac{a+b}{2}$.

2. On déduit que : $\forall x > 0, 2\sqrt{x} \leq 1+x$

D'après la 1^{ère} question on pose $a = 1$ et $b = x$ d'où $\sqrt{1 \times x} \leq \frac{1+x}{2}$ donc $2\sqrt{x} \leq 1+x$

Conclusion : $\forall x > 0, 2\sqrt{x} \leq 1+x$

04. Raisonnement par la contraposée :

a. Définition :

Pour démontrer l'implication suivante $P \Rightarrow Q$ il suffit de démontrer l'implication suivante $\bar{Q} \Rightarrow \bar{P}$.

Ce mode de raisonnement s'appelle raisonnement par la contraposée .

b. Exemple : montrer que $\forall x, y \in]2, +\infty[, x \neq y \Rightarrow x^2 - 4x \neq y^2 - 4y$.

On utilise un raisonnement par contraposée pour cela on démontre :

$$\forall x, y \in]2, +\infty[, x^2 - 4x = y^2 - 4y \Rightarrow x = y .$$

Soient x et y de $]2, +\infty[$ tel que $x^2 - 4x = y^2 - 4y$.

$$x^2 - 4x = y^2 - 4y \Rightarrow x^2 - 4x + 4 = y^2 - 4y + 4$$

$$\Rightarrow (x-2)^2 = (y-2)^2$$

$$\Rightarrow x-2 = y-2 \text{ et } x-2 = -(y-2)$$

$$\Rightarrow x = y \text{ et } x+y-4 = 0$$

$$\Rightarrow x = y$$

$x+y-4=0$ est impossible car $x > 2$ et $y > 2$ d'où $x+y > 4$ ou encore $x+y-4 > 0$.

Donc $x^2 - 4x = y^2 - 4y \Rightarrow x = y$ est une implication vraie c.à.d. l'implication contraposée est vraie

Conclusion : $\forall x, y \in]2, +\infty[, x \neq y \Rightarrow x^2 - 4x \neq y^2 - 4y$

05. Raisonnement par disjonction des cas :

a. Définition :

Lorsqu'on utilise plusieurs cas dans une démonstration le raisonnement utilisé s'appelle raisonnement par **disjonction des cas** .

b. Exemple : résoudre l'équation suivante $x \in \mathbb{R} : |x+1| + 2x = 0$.

L'équation s'écrit aussi $x \in]-\infty, -1] \cup [-1, +\infty[: |x+1| + 2x = 0$

1^{er} cas $x \in]-\infty, -1]$

$$|x+1| + 2x = 0 \Leftrightarrow -(x+1) + 2x = 0$$



$$\Leftrightarrow x - 1 = 0$$

$$\Leftrightarrow x = 1 \notin]-\infty, -1]$$

D'où : $S_1 = \emptyset$.

2^{ème} cas $x \in [-1, +\infty[$.

$$|x + 1| + 2x = 0 \Leftrightarrow (x + 1) + 2x = 0$$

$$\Leftrightarrow 3x + 1 = 0$$

$$\Leftrightarrow x = -\frac{1}{3} \in [-1, +\infty[$$

Donc : $S_2 = \left\{ -\frac{1}{3} \right\}$.

Conclusion : $S = S_1 \cup S_2 = \left\{ -\frac{1}{3} \right\}$.

06. Raisonnement par absurde :

a. Définition :

Pour démontrer qu'une proposition Q (conclusion ou résultat) et on a parmi les données la proposition P

- On suppose que \bar{Q} (la négation du conclusion) est vraie et au cour de la démonstration on obtient que \bar{P} est vraie d'où P et \bar{P} sont vraies ce qui est impossible .
- Donc notre supposition \bar{Q} est vraie est absurde ; d'où Q est vraie .
- Ce mode de raisonnement s'appelle raisonnement par **absurde** .

b. Exemple : soient r est un nombre rationnelle et i est nombre irrationnelle et $s = r + i$.

Montrer que : s est un nombre irrationnelle .

O suppose que s est un nombre rationnelle .

$$\text{On a } s = r + i \Leftrightarrow i = s - r$$

- d'où $s - r$ est un nombre rationnelle (1) car la somme de rationnelles est un nombre rationnelle .
- $i = s - r$ et i est nombre irrationnelle (2) .
- D'après (1) et (2) on a une contradiction d'où la supposition (s est un nombre rationnelle) est fausse

Conclusion : la somme d'un nombre rationnelle r et un nombre irrationnelle i est un nombre irrationnelle .

07. Raisonnement par récurrence :

a. Définition :

Soient $n_0 \in \mathbb{N}$ et $P(n)$ une relation portant sur les entiers naturels n tel que $n \geq n_0$.

Pour démontrer que la relation $P(n)$ est vraie pour tout $n \geq n_0$. On utilise les étapes suivantes :

- On vérifie que : $P(n)$ est vraie pour $n = n_0$ (c.à.d. $P(n_0)$ est vraie) .
- On suppose que : $P(n)$ est vraie pour n avec $n \geq n_0$.la supposition s'appelle hypothèse de récurrence
- On démontre que : la relation $P(n)$ est vraie pour $n + 1$ (c.à.d. $P(n + 1)$ est vraie)
- Ce mode de raisonnement s'appelle raisonnement par raisonnement par **récurrence**



Exemple : montrer que : pour tout n de \mathbb{N} on a 3 divise $n^3 - n$ (c.à.d. $3 \mid (n^3 - n)$ (1))

Remarque : $3 \mid (n^3 - n) \Leftrightarrow \exists k \in \mathbb{N} / n^3 - n = 3k$

- On vérifie que la relation (1) est vraie pour $n = 0$.

Pour $n = 0$ on a $n^3 - n = 0^3 - 0 = 0 = 3 \times 0$ donc $3 \mid (0^3 - 0)$ d'où la relation (1) est vraie pour $n = 0$

- On suppose que : la relation (1) est vraie pour n (et n de \mathbb{N}) c.à.d. $3 \mid (n^3 - n)$, (ou $\exists k \in \mathbb{N} / n^3 - n = 3k$) . **hypothèse de récurrence**

- On démontre que : la relation (1) est vraie pour $n + 1$ (c.à.d. $3 \mid ((n + 1)^3 - (n + 1))$ est vraie)

On a :

$$\begin{aligned} (n + 1)^3 - (n + 1) &= n^3 + 3n^2 + 3n + 1 - n - 1 \\ &= n^3 - n + 3n^2 + 3n \\ &= 3k + 3(n^2 + n) && \text{(hypothèse de récurrence)} \\ &= 3(k + n^2 + n) \\ &= 3K && (K = k + n^2 + n \in \mathbb{N}) \end{aligned}$$

Donc : $(n + 1)^3 - (n + 1) = 3K$ par suite $3 \mid ((n + 1)^3 - (n + 1))$

D'où la relation (1) est vraie pour $n + 1$.

Conclusion $\forall n \in \mathbb{N} : 3 \mid (n^3 - n)$

08. Symboles \sum et \prod et les lettres grecque :

a. Symbole \sum :

La somme suivante : $a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n$ on la note par $\sum_{i=1}^{i=n} a_i$ (on utilise i ou j ou k sont des variables muettes)

- Exemple 1 : $2 + 4 + 6 + \dots + 2n = \sum_{i=1}^{i=n} 2i$ (cet une somme qui est constitué par $n + 1$ termes) .
- Exemple 2 : $1 + 3 + 5 + \dots + (2n + 1) = \sum_{i=0}^{i=n} (2i + 1)$ (cet une somme qui est constitué par n termes) .
- Propriétés :

$$\diamond \sum_{j=0}^{j=n} (a_j + b_j) = \sum_{j=0}^{j=n} a_j + \sum_{j=0}^{j=n} b_j = \sum_{k=0}^{k=n} a_k + \sum_{k=0}^{k=n} b_k .$$

$$\diamond \sum_{j=1}^{j=n} (a_j + c) = \sum_{j=1}^{j=n} a_j + nc \text{ (car la somme contient } n \text{ termes et chaque terme est } a_i + c \text{) .}$$

b. Symbole \prod :



Le produit suivant : $a_1 \times a_2 \times a_3 \times \dots \times a_n$ on la note par $\prod_{j=1}^{j=n} a_j$ (on utilise i ou j ou k sont des variables muettes)

- Exemple 1 : $\sum_{j=0}^{j=n} (a_j + b_j) = \prod_{j=0}^{j=n} a_j \times \prod_{j=0}^{j=n} b_j = \prod_{k=0}^{k=n} a_k \times \prod_{k=0}^{k=n} b_k$ (cet un produit qui est constitué par $n + 1$ termes) .
- Exemple 2 : $\prod_{j=1}^{j=n} (ca_j) = c^n \prod_{j=1}^{j=n} a_j$ (cet un produit qui est constitué par n termes et chaque terme est $c \times a_i$) .

c. Exercices :

Montrer que :

- $\forall n \in \mathbb{N}^* : 1 + 2 + 3 + \dots + n = \sum_{i=1}^{i=n} i = \frac{n(n+1)}{2}$.
- $\forall n \in \mathbb{N}^* : 1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + n^2 = \sum_{i=1}^{i=n} i^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}$.
- $\forall n \in \mathbb{N}^* : 1^3 + 2^3 + 3^3 + \dots + n^3 = \sum_{i=1}^{i=n} i^3 = \left[\frac{n(n+1)}{2} \right]^2$.

d. Les lettres grecque :

| | | | |
|--------|---------|--------|---------|
| ν | nu | α | alpha |
| ξ | xi | β | beta |
| ο | omicron | γ ou Γ | gamma |
| π ou Π | pi | δ ou Δ | delta |
| ρ | rho | ε | epsilon |
| σ ou Σ | sigma | ζ | zêta |
| τ | tau | η | êta |
| υ | upsilon | θ ou Θ | thêta |
| φ ou Φ | phi | ι | iota |
| χ | chi | κ | kappa |
| ψ ou Ψ | psi | λ ou Λ | lambda |
| ω ou Ω | oméga | μ | mu |