

Leçon 25 - Applications (entre ensembles)

Leçon 25 -Applications (entre ensembles)

 $\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$

⇒Indicatrice d'ensemble

.Problèmes

 $2. f: E \to F$

3. Image directe, image réciproque d'un ensemble

Image directe

 3.2. Image réciproque d'un ensemble

Fonction

1.1. Définitio

i.i. Delililili

⇒ Images directes et réciproque

⇒Indicatrice d'ensemble

1. Problèmes

- 2. Applications de E dans F
- 3. Image directe, image réciproque d'un ensemble
 - 3.1. Image directe
 - 3.2. Image réciproque d'un ensemble
- 4. Fonction indicatrice
 - 4.1. Définition
 - 4.2. Propriétés ensemblistes et calcul avec fonctions indicatrices

 $\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$

⇒Indicatrice d'ensemble

Problèmes

2. $f: E \rightarrow F$

3. Image directe, image réciproque d'un ensemble

3.1. Image directe

3.2. Image réciproque d'un ensemble

Fonction

. Définition

⇒Indicatrice d'ensemble

- $\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$
- ⇒Indicatrice d'ensemble

- 3.1. Image directe

- 1. Problèmes
- 2. Applications de E dans F
- 3. Image directe, image réciproque d'un ensemble
 - 3.1. Image directe
- 4. Fonction indicatrice
 - 4.1. Définition
 - 4.2. Propriétés ensemblistes et calcul avec fonctions

2. / : Ŀ →

3. Image directe, image réciproque d'un ensemble

3.1. Image directe

 3.2. Image réciproque d'un ensemble

Fonction

ncatrice

2. Calcul

4 □ → 4 □ → 4 □ → 4 □ → 9 へ ○

Heuristique - Si les applications ne sont pas bijectives

Si $f: E \to F$ n'est pas bijective, peut-on néanmoins trouver « comme » une application réciproque.

On a vu que tout n'est pas perdu, à condition de limiter l'ensemble de départ (pour tenter de gagner l'injectivité) et de réduire l'ensemble d'arrivée (pour gagner la surjectivité).

Dans le premier cas, on s'intéressera à l'ensemble réciproque de ${\cal F}$ par f , c'est un sous-ensemble de ${\cal E}$.

Dans le second cas, on s'intéressera à l'ensemble image de E par f, c'est un sous-ensemble de F.

Soit $f: E \to F$ une application.

L'ensemble des éléments de F qui admettent un antécédent par f est une partie de F appelée ensemble image ou image de f et notée ${\rm Im}\ f$ ou parfois f(E):

Im
$$f = \{y \in F \mid \exists x \in E; y = f(x)\} = \{f(x), x \in E\}.$$

1.Problèmes

 $2. f: E \to F$

3. Image directe, image réciproque

d'un ensemble

3.2. Image réciproque d'un

ensemble

Fonction licatrice

. Définition

 $2. f: E \to F$

3. Image directe, image réciproque d'un ensemble

3.1. Image directe

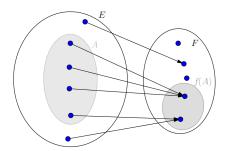
3.2. Image réciproque d'un ensemble

Fonction

Définition

4.0. Colonia

Avec un diagramme sagittal:



Remarque Autre écriture

3.1. Image directe

Remarque Autre écriture

Savoir-faire. Critère de surjectivité. Création de fonction surjective

On a donc

$$f$$
 surjective \Leftrightarrow Im $f = F$

Et toute application $f: E \to F$ définit une surjection en restreignant l'ensemble d'arrivée, c'est à dire en considérant l'application de E dans $\operatorname{Im} f$ qui a x associe f(x) (que l'on continue usuellement à noter f, on dit alors que f est surjective de E sur $\operatorname{Im} f$).

Définition - Image directe

Soient $f: E \to F$ une application et $A \subset E$. On appelle image (directe) de A par f la partie de F, notée f(A), définie par

$$f(A) = \{ y \in F \mid \exists x \in A; y = f(x) \} = \{ f(x) \mid x \in A \} = \{ f(x); x \in A \}.$$

Définition - Image directe

Soient $f: E \to F$ une application et $A \subset E$. On appelle image (directe) de A par f la partie de F, notée f(A), définie par

$$f(A) = \{ y \in F \mid \exists x \in A; y = f(x) \} = \{ f(x) \mid x \in A \} = \{ f(x); x \in A \}.$$

Remarque Autres notations en exploitant Im f

4 D > 4 B > 4 B > 4 B > 9 0 0

Définition - Image directe

Soient $f: E \to F$ une application et $A \subset E$. On appelle image (directe) de A par f la partie de F, notée f(A), définie par

$$f(A) = \{ y \in F \mid \exists x \in A; y = f(x) \} = \{ f(x) \mid x \in A \} = \{ f(x); x \in A \}.$$

Remarque Autres notations en exploitant Im f

Savoir-faire. Montrer que $y \in f(A)$

Pour montrer que $y \in f(A)$ il faut trouver $x \in A$ tel que f(x) = y.

Soit
$$f: E \to F$$
 une application et $A_1, A_2 \subset E$. Alors $A_1 \subset A_2 \Rightarrow f(A_1) \subset f(A_2)$; $f(A_1 \cup A_2) = f(A_1) \cup f(A_2)$; $f(A_1 \cap A_2) \subset f(A_1) \cap f(A_2)$.

$$\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$$

⇒Indicatrice d'ensemble

I.Problemes

 $2. f: E \to F$

3. Image directe, image réciproque d'un ensemble

3.1. Image directe

3.2. Image réciproque d'un ensemble

Fonction licatrice

Soit
$$f: E \to F$$
 une application et $A_1, A_2 \subset E$. Alors $A_1 \subset A_2 \Rightarrow f(A_1) \subset f(A_2)$; $f(A_1 \cup A_2) = f(A_1) \cup f(A_2)$; $f(A_1 \cap A_2) \subset f(A_1) \cap f(A_2)$.

Démonstration

- $\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$
- ⇒Indicatrice d'ensemble
- 1.Problèmes
- 2. f : E -
- 3. Image directe, image réciproque d'un ensemble
- 3.1. Image directe
- 3.2. Image réciproque d'un ensemble
 - Fonction licatrice
- 4.2. Calcul

Proposition - Stabilité et image

Soit
$$f: E \to F$$
 une application et $A_1, A_2 \subset E$. Alors $A_1 \subset A_2 \Rightarrow f(A_1) \subset f(A_2)$; $f(A_1 \cup A_2) = f(A_1) \cup f(A_2)$; $f(A_1 \cap A_2) \subset f(A_1) \cap f(A_2)$.

Démonstration

Attention. Une seule inclusion pour l'intersection!

On fera bien attention qu'il n'y a pas l'égalité :

$$f(A_1 \cap A_2) = f(A_1) \cap f(A_2)$$

Pour se convaincre on peut penser au cas où $A_1 \cap A_2 = \emptyset$.

Par exemple, avec
$$f: x \mapsto x^2$$
, $A_1 = [-2, -1]$ et $A_2 = [1, 2]$, alors $f(A_1 \cap A_2) = f(\emptyset) = \emptyset$, et $f(A_1) \cap f(A_2) = [1, 4] \cap [1, 4] = [1, 4]$

$\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$

⇒Indicatrice d'ensemble

.Problemes

2. f : E -

3. Image directe, image réciproque

3.1. Image directe

 3.2. Image réciproque d'ur ensemble

Fonction

Définition

. Définition

Définition - Partie stable et application induite

On appelle application induite par f sur A l'application

Soit $f: E \to E$ une application. On dit qu'une partie A de E est stable par f si $f(A) \subset A$.

> $A \rightarrow A$ $x \mapsto f(x)$

 $f: E \to F$

3. Image directe, image réciproque d'un ensemble

3.1. Image directe

3.2. Image réciproque d'un ensemble

. Fonction

Définition

4.2. Calcul

Définition - Partie stable et application induite

Soit $f: E \to E$ une application. On dit qu'une partie A de E est stable par f si $f(A) \subset A$.

On appelle application induite par f sur A l'application

$$A \to A$$
$$x \mapsto f(x)$$

Exemple Point fixe

- ⇒ Images directes et réciproque
- ⇒Indicatrice d'ensemble

- 1. Problèmes
- 2. Applications de E dans F
- 3. Image directe, image réciproque d'un ensemble
 - 3.1. Image directe
 - 3.2. Image réciproque d'un ensemble
- 4. Fonction indicatrice
 - 4.1. Définition
 - 4.2. Propriétés ensemblistes et calcul avec fonctions indicatrices

 $\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$

⇒Indicatrice

.Problèmes

2. $f: E \rightarrow F$

3. Image directe, image réciproque d'un ensemble

1. Image directe

3.2. Image réciproque d'un ensemble

Fonction

dicatrice

L2 Colcul

Définition - Image réciproque

Soient $f:E\to F$ une application et $B\subset F$. On appelle image réciproque de B par f la partie de E, notée $f^{-1}(B)$ (ou $[f\in B]$, en proabilité), définie par

$$f^{-1}(B) = \{x \in E \mid f(x) \in B\}.$$

C'est donc l'ensemble formé des antécédents par f des éléments de B.

- 1.Problèmes
- $f: E \to F$
- 3. Image directe, image réciproque d'un ensemble
 - .1. Image directe
- 3.2. Image réciproque d'un ensemble
 - Fonction
 - . Définition
 - 4.2. Calcul

 $2. f: E \to F$

3. Image directe, image réciproque d'un ensemble

3.1. Image direct

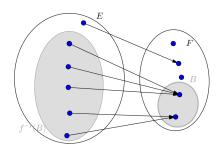
3.2. Image réciproque d'un ensemble

Fonction

Définition

1.0. O-l---l

Avec un diagramme sagittal:



Exemple Pour $x \mapsto x^2$ et $x \mapsto \exp x$

$$\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$$

⇒Indicatrice d'ensemble

1.Problèmes

. Ţ : Ł → F

3. Image directe, image réciproque d'un ensemble

.1. Image directe

3.2. Image réciproque d'un ensemble

Fonction

dicatrice

L2 Calcul

$$\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$$

⇒Indicatrice d'ensemble

l.Problèmes

$$2. f: E \to F$$

mage réciproque d'un ensemble

Image directe

3.2. Image réciproque d'un ensemble

Fonction dicatrice

1.2 Calcul

- **Exemple** Pour $x \mapsto x^2$ et $x \mapsto \exp x$
- Attention Ne pas confondre la fonction f^{-1} et l'ensemble $f^{-1}(B)$

Il s'agit d'une notation qui ne demande pas que f soit bijective. (voir l'exemple précédent)

3.2. Image réciproque d'un ensemble

Exemple Pour $x \mapsto x^2$ et $x \mapsto \exp x$

Attention - Ne pas confondre la fonction f^{-1} et l'ensemble $f^{-1}(B)$

Il s'agit d'une notation qui ne demande pas que f soit bijective. (voir l'exemple précédent)

Savoir-faire. Montrer que $x \in f^{-1}(B)$

Pour montrer que $x \in f^{-1}(B)$ il faut et il suffit de montrer que $f(x) \in B$.

Exemple Fonction sin

Soit

$$f: \mathbb{R} \to \mathbb{R}$$
$$x \mapsto \sin x$$

Déterminer, si cela a un sens : f(0); $f(\{0\})$; $f([0,\pi[);f(\mathbb{R});$ $f^{-1}(0): f^{-1}(\{0\}): f^{-1}([0, +\infty[).$

3.2. Image réciproque d'un ensemble

Exemple Fonction sin

Soit

$$f: \mathbb{R} \to \mathbb{R}$$
$$x \mapsto \sin x$$

Déterminer, si cela a un sens : f(0); $f(\{0\})$; $f(\{0\})$; $f(\{0,\pi[)\})$; $f(\mathbb{R})$; $f^{-1}(0)$; $f^{-1}(\{0\})$; $f^{-1}([0,+\infty[)$. Remarque Et si f est bijective

Soit $f: E \to F$ une application et $B_1, B_2 \subset F$. Alors

$$\begin{split} &B_1 \subset B_2 \Rightarrow f^{-1}(B_1) \subset f^{-1}(B_2); \\ &f^{-1}(B_1 \cap B_2) = f^{-1}(B_1) \cap f^{-1}(B_2); \\ &f^{-1}(B_1 \cup B_2) = f^{-1}(B_1) \cup f^{-1}(B_2). \end{split}$$

- 1.Problèmes
 - $f: E \to F$
- Image directe,
 mage réciproque

 d'un ensemble
- 3.1. Image directe
- 3.2. Image réciproque d'un ensemble
 - Fonction dicatrice
 - . Définition
 - 4.2 Calcul

Soit $f: E \to F$ une application et $B_1, B_2 \subset F$. Alors

$$B_1 \subset B_2 \Rightarrow f^{-1}(B_1) \subset f^{-1}(B_2);$$

$$f^{-1}(B_1 \cap B_2) = f^{-1}(B_1) \cap f^{-1}(B_2);$$

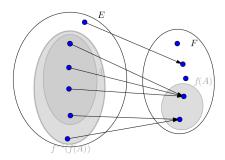
$$f^{-1}(B_1 \cup B_2) = f^{-1}(B_1) \cup f^{-1}(B_2).$$

Démonstration

- 1.Problèmes
- $f: E \to F$
- 3. Image directe, image réciproque d'un ensemble
- 3.1. Image directe
- 3.2. Image réciproque d'un ensemble
 - Fonction
 - Définition
 - 2 Calcul

Images réciproques et stabilité

Avec un diagramme sagittal:



Attention. $f^{-1}(f(A)) \neq A$ et $f(f^{-1})(B) \neq B$

Le schéma montre sur un exemple qu'on a pas l'égalité... On a au mieux : $A \subset f^{-1}(f(A))$ et $f(f^{-1}(B)) \subset B$ Leçon 25 -Applications (entre ensembles)

$$\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$$

⇒Indicatrice d'ensemble

I.Problemes

2. / . 1

B. Image directe, mage réciproque d'un ensemble

1. Image directe

3.2. Image réciproque d'un ensemble

Fonction

Définition

4.2. Calcul

4□ ト 4 億 ト 4 億 ト 4 億 ト 9 年 9 9 0 ○ □

$$\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$$

⇒Indicatrice d'ensemble

3.2. Image réciproque d'un ensemble

Attention. $f^{-1}(f(A)) \neq A$ et $f(f^{-1})(B) \neq B$

Le schéma montre sur un exemple qu'on a pas l'égalité... On a au mieux : $A \subset f^{-1}(f(A))$ et $f(f^{-1}(B)) \subset B$

Exercice

Démontrer ces inclusions. Donner des contre-exemple de l'inclusion réciproque

⇒Indicatrice d'ensemble

- $\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$
- ⇒Indicatrice d'ensemble
 - .Problèmes
- 2. $f: E \to F$
- 3. Image directe, image réciproque d'un ensemble
 - 1. Image directe
- 3.2. Image réciproque d'un ensemble
- . Fonction
- 4.1 Définition
- 4.2. Calcul

- 1.Problèmes
- 2. Applications de $\it E$ dans $\it F$
- 3. Image directe, image réciproque d'un ensemble
 - 3.1. Image directe
 - 3.2. Image réciproque d'un ensemble
- 4. Fonction indicatrice
 - 4.1. Définition
 - 4.2. Propriétés ensemblistes et calcul avec fonctions indicatrices

Soit E un ensemble. Pour $A\subset E$, on appelle fonction indicatrice de A l'application de E dans \mathbb{R} , notée $\mathbb{1}_A$ ou χ_A , définie par

$$\forall x \in E, \mathbb{I}_A(x) = \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ si } x \in A \\ 0 \text{ si } x \notin A \end{array} \right.$$

- 1.Problèmes
- $2. f: E \to F$
- 3. Image directe, image réciproque d'un ensemble
- 3.1. Image direct
- 3.2. Image réciproque d'un ensemble
 - . Fonction
- 4.1. Définition
- 4.2 Calcul

4.1. Définition

ensembles)

Définition - Fonction indicatrice

Soit E un ensemble. Pour $A \subset E$, on appelle fonction indicatrice de A l'application de E dans \mathbb{R} , notée \mathbb{I}_A ou χ_A , définie par

$$\forall x \in E, \mathbb{I}_A(x) = \begin{cases} 1 \text{ si } x \in A \\ 0 \text{ si } x \notin A \end{cases}$$

Remarque Pourquoi et comment exploiter une telle fonction?

- ⇒ Images directes et réciproque
- ⇒Indicatrice d'ensemble

- 1. Problèmes
- 2. Applications de E dans F
- 3. Image directe, image réciproque d'un ensemble
- 4. Fonction indicatrice
 - 4.1. Définition
 - 4.2. Propriétés ensemblistes et calcul avec fonctions indicatrices

 $\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$

⇒Indicatrice d'ensemble

$$\begin{split} &\mathbb{1}_A \leqslant \mathbb{1}_B \Leftrightarrow A \subset B \\ &\mathbb{1}_A = \mathbb{1}_B \Leftrightarrow A = B \text{ (d'où le nom de fonction indicatrice);} \\ &\mathbb{1}_{\mathbb{C}_E A} = 1 - \mathbb{1}_A; \\ &\mathbb{1}_{A \cap B} = \mathbb{1}_A \times \mathbb{1}_B; \\ &\mathbb{1}_{A \cup B} = \mathbb{1}_A + \mathbb{1}_B - \mathbb{1}_A \times \mathbb{1}_B. \end{split}$$

$$\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$$

⇒Indicatrice d'ensemble

1.Problemes

 $2. f: E \to F$

3. Image directe, image réciproque d'un ensemble

1. Image direct

 3.2. Image réciproque d'un ensemble

Fonction

. Définition

$$\begin{split} &\mathbb{1}_A \leqslant \mathbb{1}_B \Leftrightarrow A \subset B \\ &\mathbb{1}_A = \mathbb{1}_B \Leftrightarrow A = B \text{ (d'où le nom de fonction indicatrice);} \\ &\mathbb{1}_{\mathbb{C}_E A} = 1 - \mathbb{1}_A; \\ &\mathbb{1}_{A \cap B} = \mathbb{1}_A \times \mathbb{1}_B; \\ &\mathbb{1}_{A \cup B} = \mathbb{1}_A + \mathbb{1}_B - \mathbb{1}_A \times \mathbb{1}_B. \end{split}$$

Exercice

 $A\Delta B = (A \cup B) \setminus (A \cap B)$. Que vaut $\mathbb{I}_{A\Delta B}$? En déduire : $(A\Delta B)\Delta C = A\Delta (B\Delta C)$.

$\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$

⇒Indicatrice d'ensemble

1.Problèmes

 $2. f: E \to F$

Image directe, nage réciproque un ensemble

Image directe

3.2. Image réciproque d'un ensemble

Fonction icatrice

1. Définition

$$\begin{split} &\mathbb{1}_A \leqslant \mathbb{1}_B \Leftrightarrow A \subset B \\ &\mathbb{1}_A = \mathbb{1}_B \Leftrightarrow A = B \text{ (d'où le nom de fonction indicatrice);} \\ &\mathbb{1}_{\mathbb{C}_E A} = 1 - \mathbb{1}_A; \\ &\mathbb{1}_{A \cap B} = \mathbb{1}_A \times \mathbb{1}_B; \\ &\mathbb{1}_{A \cup B} = \mathbb{1}_A + \mathbb{1}_B - \mathbb{1}_A \times \mathbb{1}_B. \end{split}$$

Exercice

 $A\Delta B = (A \cup B) \setminus (A \cap B)$. Que vaut $\mathbb{1}_{A\Delta B}$?

En déduire : $(A\Delta B)\Delta C = A\Delta (B\Delta C)$.

Démonstration

$\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$

⇒Indicatrice d'ensemble

.Problèmes

$$2. f: E \to F$$

Image directe, nage réciproque un ensemble

1. Image directe

3.2. Image réciproque d'un ensemble

Fonction licatrice

I. Définition

$$\begin{split} &\mathbb{1}_A \leqslant \mathbb{1}_B \Leftrightarrow A \subset B \\ &\mathbb{1}_A = \mathbb{1}_B \Leftrightarrow A = B \text{ (d'où le nom de fonction indicatrice);} \\ &\mathbb{1}_{\mathbb{C}_E A} = 1 - \mathbb{1}_A; \\ &\mathbb{1}_{A \cap B} = \mathbb{1}_A \times \mathbb{1}_B; \\ &\mathbb{1}_{A \cup B} = \mathbb{1}_A + \mathbb{1}_B - \mathbb{1}_A \times \mathbb{1}_B. \end{split}$$

Exercice

 $A\Delta B = (A \cup B) \setminus (A \cap B)$. Que vaut $\mathbb{I}_{A\Delta B}$?

En déduire : $(A\Delta B)\Delta C = A\Delta(B\Delta C)$.

Démonstration

On retrouve évidemment des résultats comparables à ceux vus en logique...

4 D > 4 A > 4 B > 4 B > 4 D > 4 D >

$$\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$$

⇒Indicatrice d'ensemble

.Problèmes

2. J : E -

3. Image directe, image réciproque d'un ensemble

.1. Image directe

a.z. image reciproque d'un ensemble

licatrice

.1. Définition

 $2. f: E \to F$

image directe, image réciproque d'un ensemble

1. Image directe

 3.2. Image réciproque d'un ensemble

Fonction dicatrice

.1. Définition

.2. Calcul

- \Rightarrow Images directes et images réciproques d'ensembles par f
- ⇒ Indicatrice

- \Rightarrow Images directes et images réciproques d'ensembles par f
 - Définition de Im $f = \{f(x), x \in E\}.$

- $\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$
- ⇒Indicatrice d'ensemble

Objectifs

- \Rightarrow Images directes et images réciproques d'ensembles par f
 - ▶ Définition de Im $f = \{f(x), x \in E\}$.
 - f surjective ssi Im f = F.

ensembles)

 $\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$

⇒Indicatrice d'ensemble

1.Problèmes

 $2. f: E \to F$

3. Image directe, image réciproque d'un ensemble

I. Image directe

 3.2. Image réciproque d'un ensemble

Fonction licatrice

.1. Définition

4.2. Calcul

- \Rightarrow Images directes et images réciproques d'ensembles par f
 - Définition de Im $f = \{f(x), x \in E\}$.
 - f surjective ssi Im f = F.
 - Stabilité (ou inclusion) des images

- $\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$
- ⇒Indicatrice d'ensemble

 \Rightarrow Images directes et images réciproques d'ensembles par f

- Définition de Im $f = \{f(x), x \in E\}$.
- f surjective ssi Im f = F.
- Stabilité (ou inclusion) des images
- Définition de $f^{-1}(B) = \{x \in E \mid f(x) \in B\}$,

 $\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$

⇒Indicatrice d'ensemble

 \Rightarrow Images directes et images réciproques d'ensembles par f

- Définition de Im $f = \{f(x), x \in E\}$.
- f surjective ssi Im f = F.
- Stabilité (ou inclusion) des images
- Définition de $f^{-1}(B) = \{x \in E \mid f(x) \in B\},\$
- C'est un ensemble et non application.

- $\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$
- ⇒Indicatrice d'ensemble

\Rightarrow Images directes et images réciproques d'ensembles par f

- Définition de Im $f = \{f(x), x \in E\}$.
- ightharpoonup f surjective ssi Im f = F.
- Stabilité (ou inclusion) des images
- Définition de $f^{-1}(B) = \{x \in E \mid f(x) \in B\},\$
- C'est un ensemble et non application.
- Stabilité (ou inclusion) des images réciproques

$\Rightarrow f(A), f^{-1}(B)$

⇒Indicatrice d'ensemble

$$2. f: E \to F$$

 $2. f: E \to F$

image directe, image réciproque d'un ensemble

1. Image directe

 3.2. Image réciproque d'un ensemble

Fonction dicatrice

.1. Définition

.2. Calcul

- \Rightarrow Images directes et images réciproques d'ensembles par f
- ⇒ Indicatrice

 $2. f: E \to F$

nage directe,
mage réciproque
d'un ensemble

1. Image directe

3.2. Image réciproque d'un ensemble

Fonction licatrice

4.1. Définition

4.2. Calcul

- \Rightarrow Images directes et images réciproques d'ensembles par f
- ⇒ Indicatrice
 - $\mathbb{1}_A(x) = 1 \iff x \in A.$

- ⇒ Indicatrice
 - $\mathbb{1}_A(x) = 1 \Longleftrightarrow x \in A.$
 - ► Calcul : $\mathbb{I}_{A \cap B} = \mathbb{I}_A \times \mathbb{I}_B$

⇒Indicatrice d'ensemble

1.Problèmes

 $2. f: E \to F$

B. Image directe, mage réciproque d'un ensemble

I. Image directe

3.2. Image réciproque d'un ensemble

Fonction licatrice

4.1. Définition

4.2. Calcul

- \Rightarrow Images directes et images réciproques d'ensembles par f
- ⇒ Indicatrice
 - \blacksquare $A(x) = 1 \iff x \in A$.
 - ightharpoonup Calcul: $\mathbb{1}_{A \cap B} = \mathbb{1}_A \times \mathbb{1}_B$
 - Calcul des cardinaux...

Applications (entre ensembles)

Objectifs

- \Rightarrow Images directes et images réciproques d'ensembles par f
- ⇒ Indicatrice

Pour la prochaine fois

- Lecture du cours : chapitre 11. Applications
 - Cardinaux
 - 6. Familles
- Exercice n°248 & 249