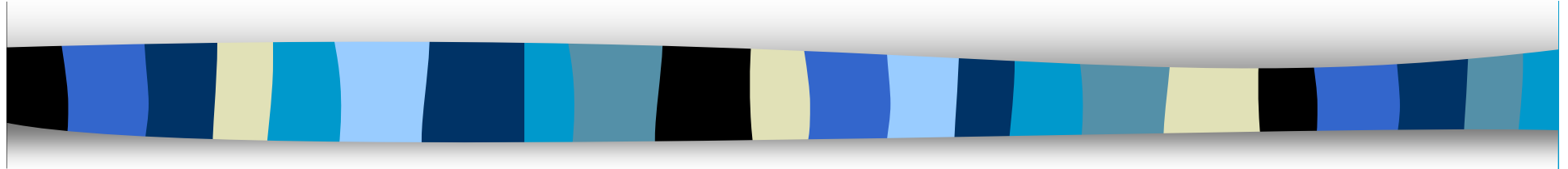
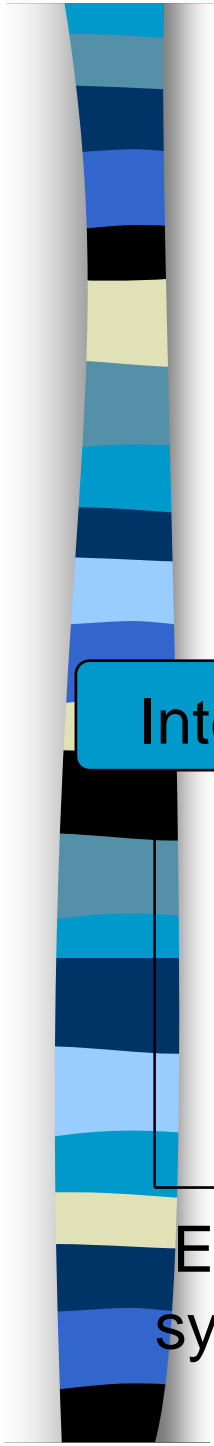


TD Intelligence Artificielle



Application de la Logique Floue :
La commande floue

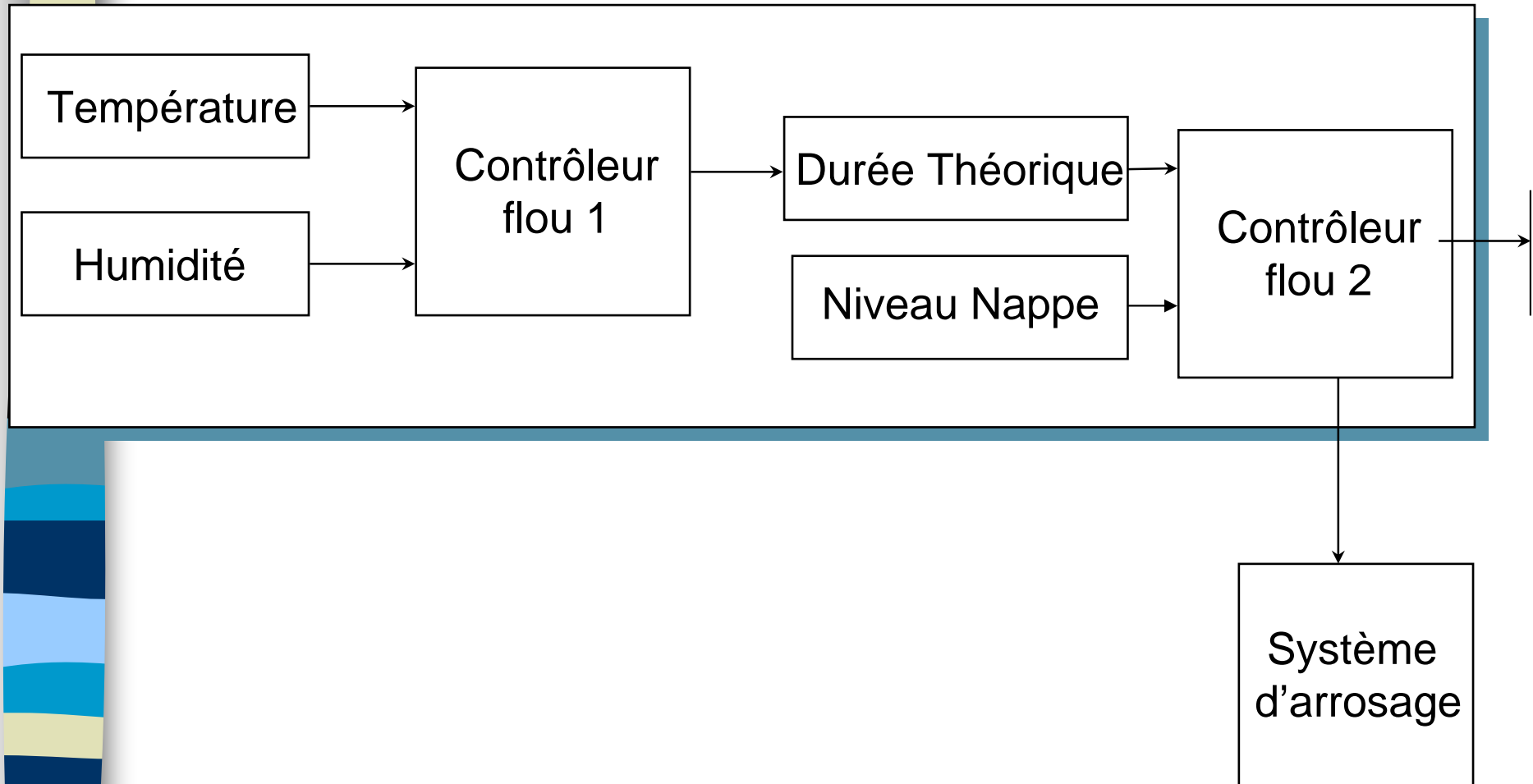




Les étapes de commande floue

- Fuzzification
 - passage du non-flou au flou
- Evaluation des règles
- Agrégation des règles
- Défuzzification
 - passage du flou au non-flou

Arroseur Flou





Définition des variables floues

- La gamme des températures traitées est 0° à 45° et les termes linguistiques caractérisant la température sont : *Froide*, *Douce*, *Normale*, *Chaude*, *Caniculaire*. Chacun de ces termes correspond à un ensemble flou dont le noyau est défini par :

$K(\textit{Froide}) : [0, 5]^{\circ}$ $K(\textit{Douce}) : 13^{\circ}$ $K(\textit{Normale}) : [18, 22]^{\circ}$
 $K(\textit{Chaude}) : [26, 30]^{\circ}$ $K(\textit{Caniculaire}) : [38, 45]^{\circ}$

- Le degré d'humidité du sol s'étend de 0% à 100%. Les termes linguistiques associés *Sec*, *Humide*, *Trempé* sont caractérisés par :

$K(\textit{Sec}) : [0, 40] \%$ $K(\textit{Humide}) : [60, 70] \%$ $K(\textit{Trempé}) : [80, 100] \%$

- L'état de la nappe phréatique parmi *Insuffisant*, *Faible* et *Suffisant* se définit d'après la hauteur d'eau selon :

$K(\textit{Insuffisant}) : [0, 1] \text{ m}$ $K(\textit{Faible}) : 1.5 \text{ m}$ $K(\textit{Suffisant}) : [2, 10] \text{ m}$



Définition des variables floues

- La durée d'arrosage va de 0 à 30 minutes et les termes linguistiques caractérisant la durée d'arrosage sont : *Courte*, *Moyenne* et *Longue*. Chacun de ces termes correspond à un ensemble flou dont le noyau est défini par :

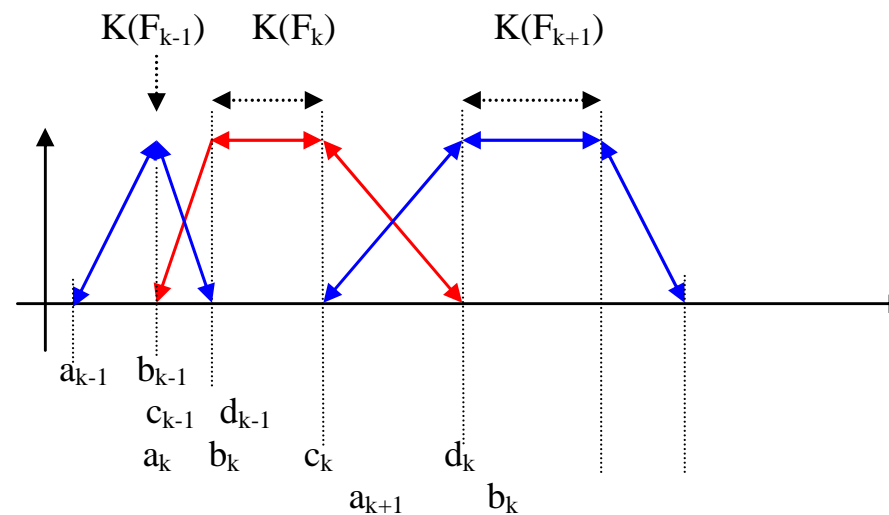
$K(\text{Courte}) : [0, 5] \text{ min}$

$K(\text{Moyenne}) : 10 \text{ min}$

$K(\text{Longue}) : 30 \text{ min}$

Représentation trapézoïdale

- On utilisera la représentation trapézoïdale « quadruplet de valeurs » (a_k, b_k, c_k, d_k) pour les sous-ensembles flous F_k



Froide : $[0,0,5,13]$ Douce : $[5,13,13,18]$



Contrôleur 1

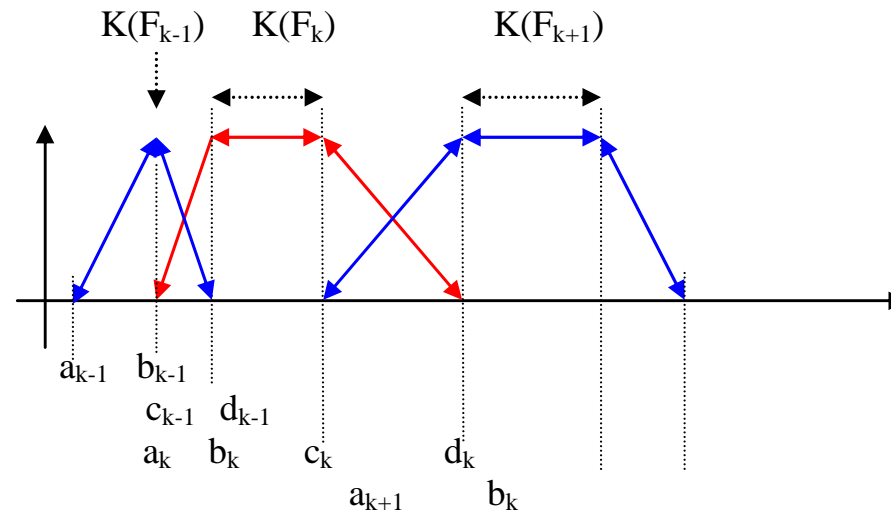
	<i>Froide</i>	<i>Douce</i>	<i>Normale</i>	<i>Chaude</i>	<i>Canniculaire</i>
<i>Sec</i>	<i>Courte</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Longue</i>	<i>Longue</i>
<i>Humide</i>	<i>Nul</i>	<i>Courte</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Longue</i>
<i>Trempé</i>	<i>Nul</i>	<i>Nul</i>	<i>Nul</i>	<i>Nul</i>	<i>Courte</i>



Illustration

- Température = 6°
- Degré d'humidité = 50%
- Niveau nappe phréatique = 1.4m

Fuzzification : méthode



Si $T_0 < a_k$ alors d'appartenance = 0

Si $a_k < T_0 < b_k$ alors d'appartenance = $f(T_0, a_k, b_k)$

Si $b_k < T_0 < c_k$ alors d'appartenance = 1

Si $c_k < T_0 < d_k$ alors d'appartenance = $f(T_0, c_k, d_k)$

Si $T_0 > d_k$ alors d'appartenance = 0

Fuzzification pour la température

Soit $T_0 = 6^\circ$ pour la variable Température

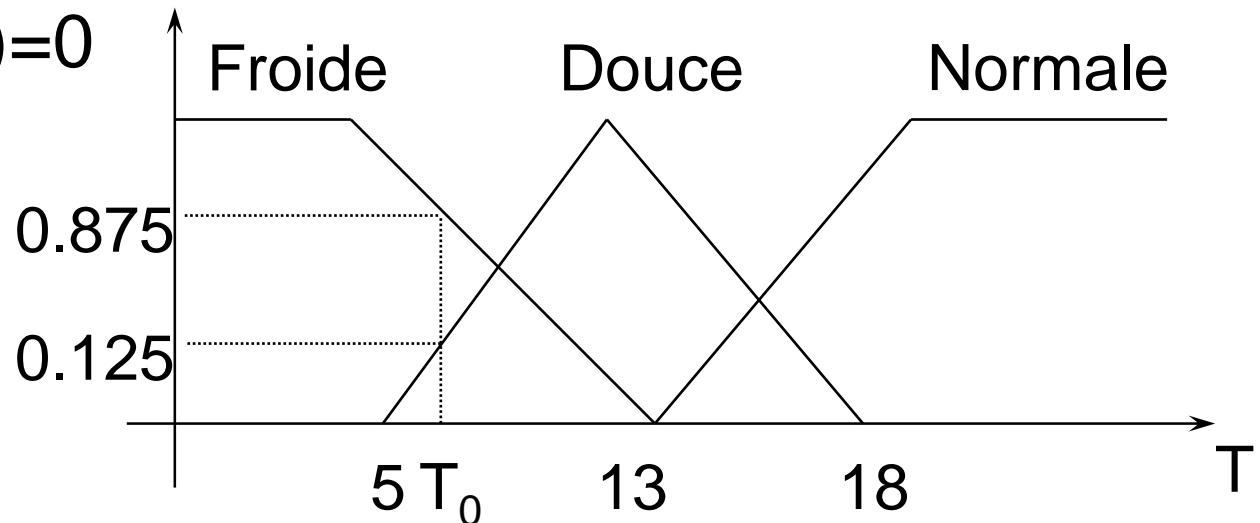
$$F_{\text{Froide}}(T_0) = 0.875$$

$$F_{\text{Douce}}(T_0) = 0.125$$

$$F_{\text{Normale}}(T_0) = 0$$

$$F_{\text{Chaude}}(T_0) = 0$$

$$F_{\text{Caniculaire}}(T_0) = 0$$



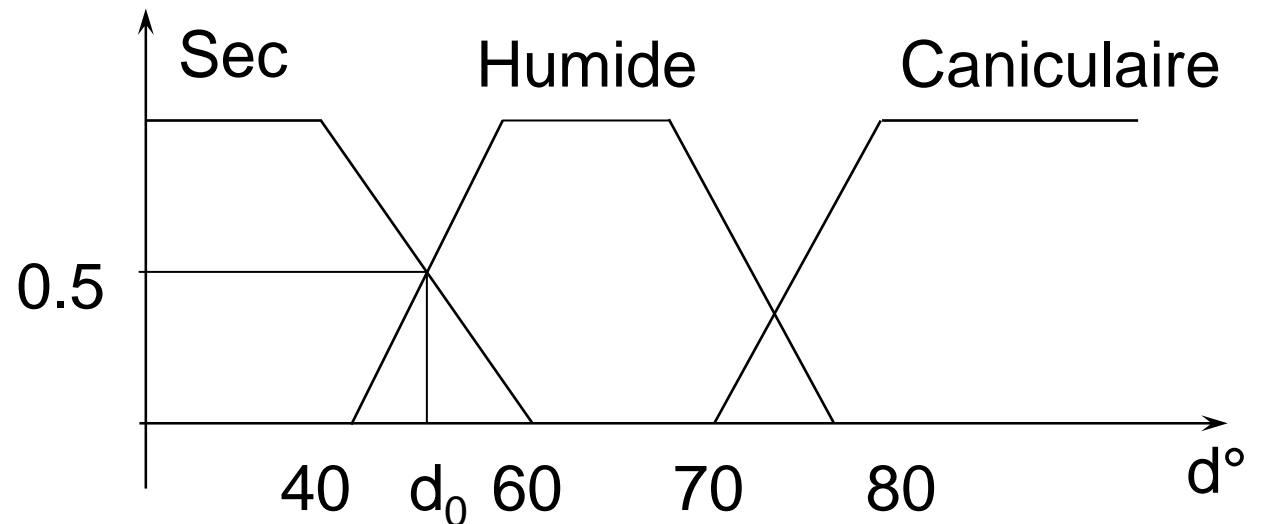
Fuzzification pour l'humidité

Soit $d_0 = 50\%$ pour la variable Humidité

$$F_{\text{Sec}}(d_0) = 0.5$$

$$F_{\text{Humide}}(d_0) = 0.5$$

$$F_{\text{Caniculaire}}(d_0) = 0$$





Modus Ponens Généralisé

- Règle floue : Si V est A Alors W est B
- Fait précis : $A'=a_0$
- Conclusion : W est B'
où $f_{B'}(y) = f_R(a_0, y)$
- Selon Mandani, $f_R(a_0, y) = \min(f_A(a_0), f_B(y))$
- Si la condition de la règle contient une conjonction de 2 propositions (V est A et U est C) et si on a 2 faits précis ($A'=a_0$ et $C'=c_0$), $f_A(a_0) = \min(f_A(a_0), f_C(c_0))$



Evaluation des règles

R : Si la Température est Froide et l'Humidité Sec Alors la Durée théorique est Courte

Selon Mandani :

- Conjonction : \min
- Implication floue : $\text{Courte} = \min(\text{Froide}, \text{Sec})$
- Soit : $f_{\text{Courte}'}(y) = \min(\min(\text{Froide}, \text{Sec}), f_{\text{Courte}}(y))$



Application des règles du contrôleur 1 et agrégation

■ Inférence (Mandani)

- $\min(\text{Froide}, \text{Sec}) = \min(0.875, 0.5) = 0.5$ (Courte)
- $\min(\text{Douce}, \text{Sec}) = \min(0.125, 0.5) = 0.125$ (Moyenne)
- $\min(\text{Douce}, \text{Humide}) = \min(0.125, 0.5) = 0.125$ (Courte)

■ Agrégation

- $\max(0.5, 0.125) = 0.5$ (Courte)

■ Sortie Floue pour la durée théorique

Courte : 0.5 ; Moyenne : 0.125 ; Longue : 0

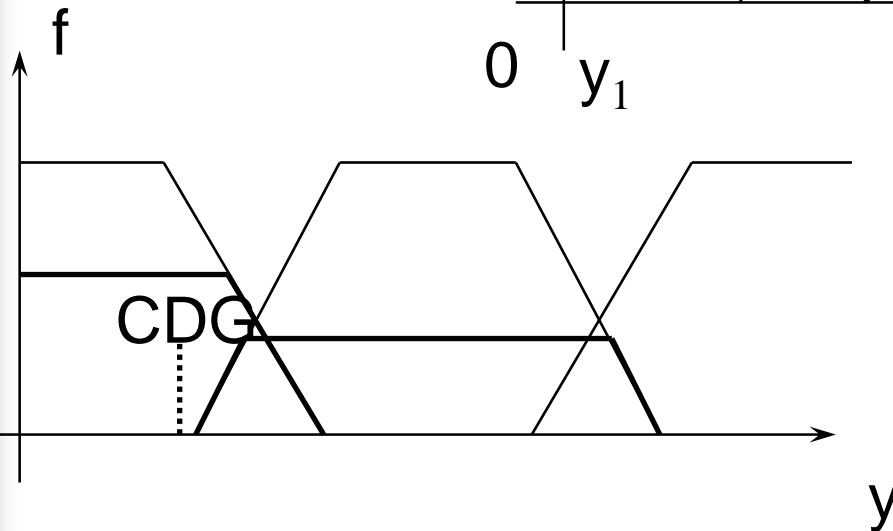
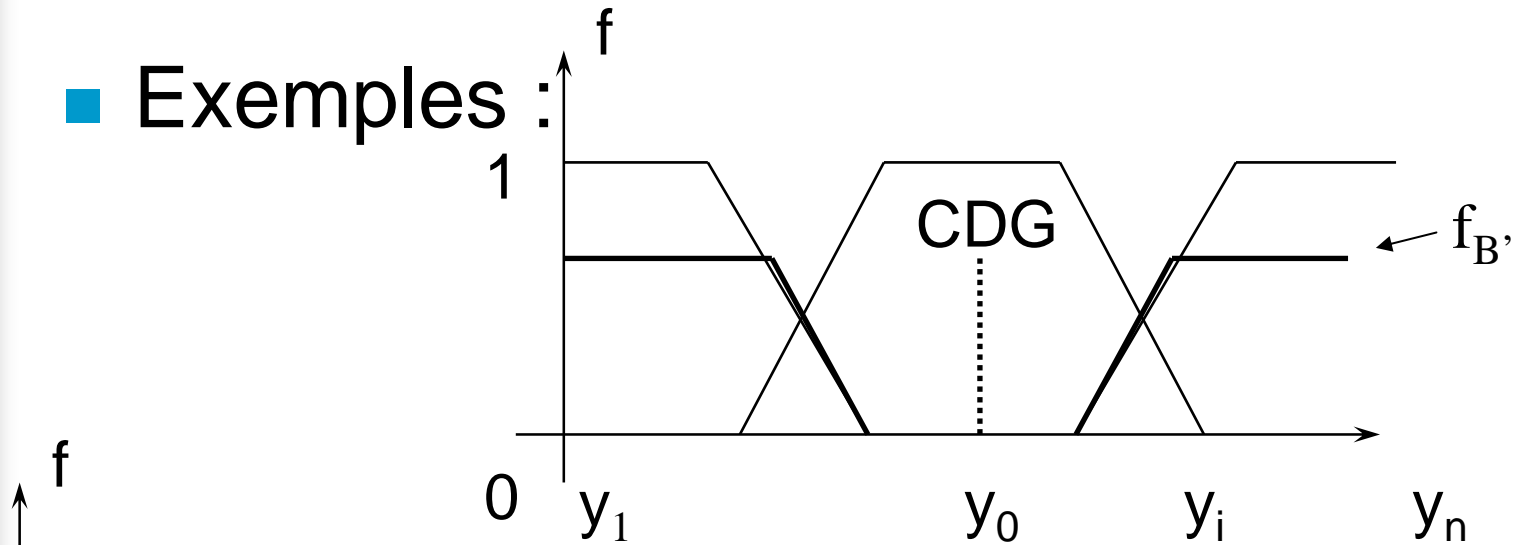


Application des règles

	<i>Froide</i> 0.875	<i>Douce</i> 0.125	<i>Normale</i>	<i>Chaude</i>	<i>Canniculaire</i>
<i>Sec</i> 0.5	<i>Courte</i> 0.5	<i>Moyenne</i> 0.125	<i>Moyenne</i>	<i>Longue</i>	<i>Longue</i>
<i>Humide</i> 0.5	<i>Nul</i>	<i>Courte</i> 0.125	<i>Moyenne</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Longue</i>
<i>Trempé</i>	<i>Nul</i>	<i>Nul</i>	<i>Nul</i>	<i>Nul</i>	<i>Courte</i>

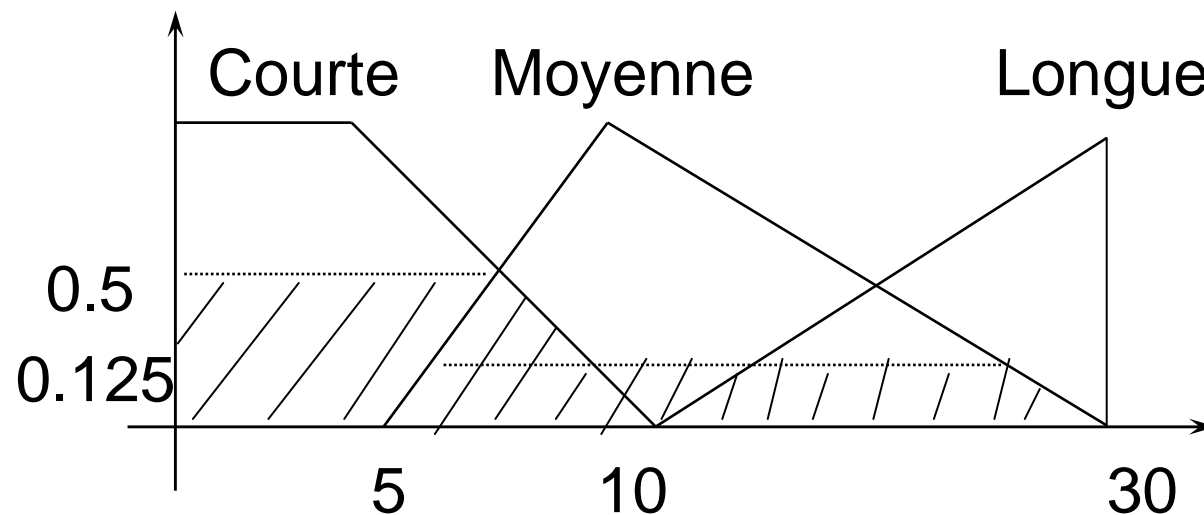
Défuzzification : Centre de gravité

■ Exemples :



$$y_0 = \frac{\sum y_i f_B(y_i)}{\sum f_B(y_i)}$$

Défuzzification pour la durée théorique



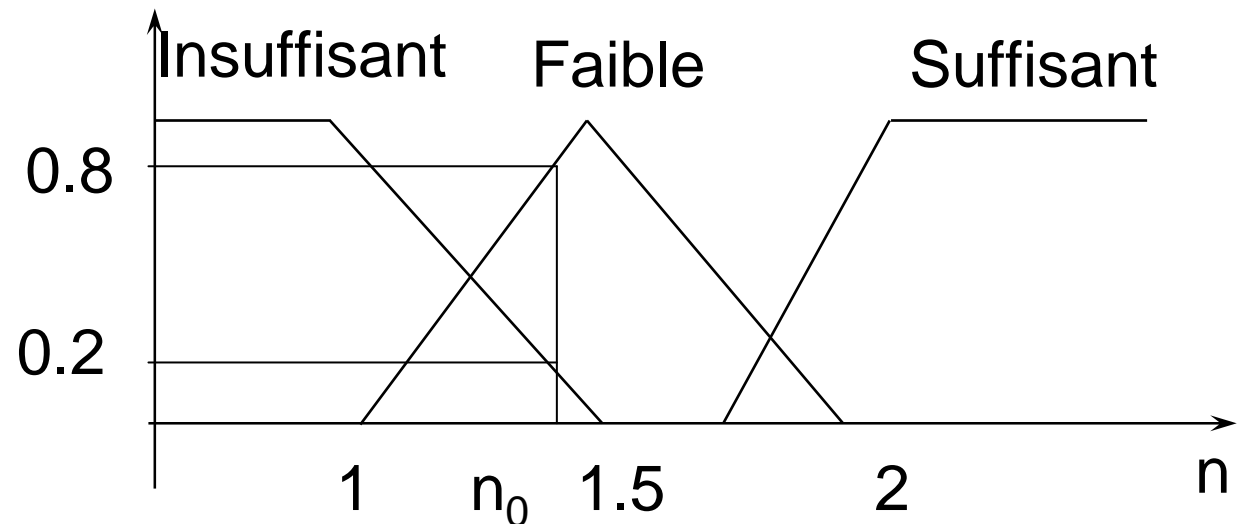
Fuzzification pour le niveau de nappe phréatique

Niveau nappe phréatique $n_0 = 1.4$ m

$$F_{\text{Insuffisant}}(n_0) = 0.2$$

$$F_{\text{Faible}}(n_0) = 0.8$$

$$F_{\text{Suffisant}}(n_0) = 0$$





Application des règles du contrôleur 2

- Inférence (Mandani)

- $\min(\text{Faible}, \text{Moyenne}) =$
 $\min(0.8, 0.125) = 0.125$ (Courte)

- Sortie Floue pour la durée effective

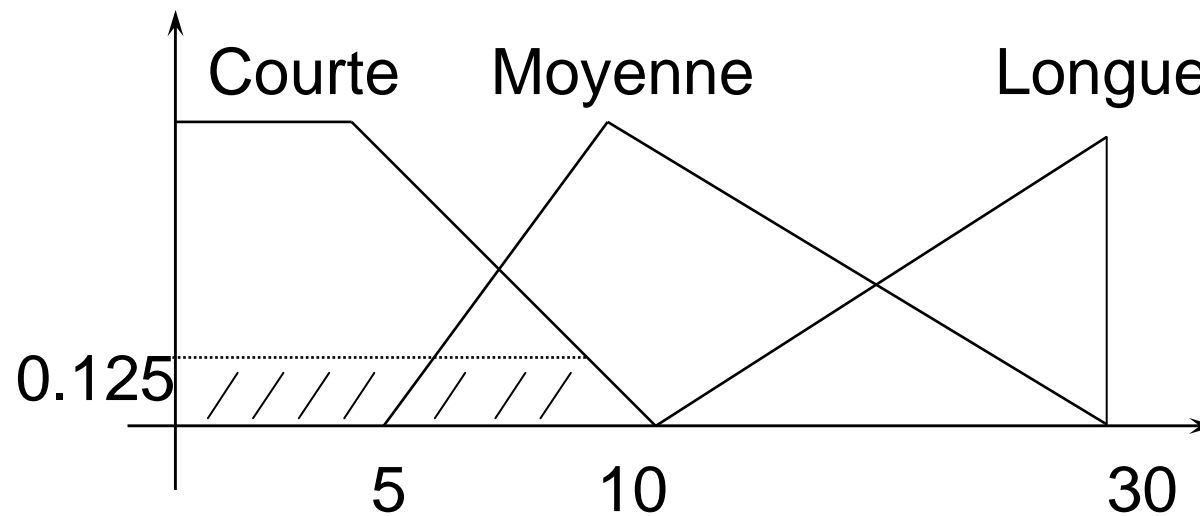
Courte : 0.5 ; Moyenne : 0 ; Longue : 0



Contrôleur 2

	<i>Insuffisant</i> 0.2	<i>Faible</i> 0.8	<i>Suffisant</i>
<i>Courte</i> 0.5	<i>Nul</i>	<i>Nul</i>	<i>Courte</i>
<i>Moyenne</i> 0.125	<i>Nul</i>	<i>Courte</i> 0.125	<i>Moyenne</i>
<i>Longue</i>	<i>Nul</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Longue</i>

Défuzzification pour la durée effective





Objectif du TD 1

- Implémentation du système d'arrosage flou dans le langage de votre choix
- Tests (à partir du fichier données2012TD Flou.bmp)



Travail à réaliser (TD 1)

si choix de l'outil Sherlock

- Création d'une base de K. à partir du modèle « contrôleur flou »
- Compréhension de la base et vérification des valeurs initiales des paramètres
- Ecriture des règles de commande (contrôleur 1 et 2)
- Ecriture de la tâche pour la défuzzification du contrôleur 2
- Réalisation des écrans de saisie et résultat (afficher tous les degrés d'appartenance + durées en min)



Travail à réaliser (TD2)

- **Spécifications, implémentation et tests d'un 3ème contrôleur**
- **Présentation orale de votre solution (fichier ppt)**
 - Description et intérêt de la nouvelle variable
 - Caractérisations floues de la variable
 - Règles floues
 - Tests
- **Ecoute active des autres propositions**