

# Control de un canal de distribución

Gilles Belaud

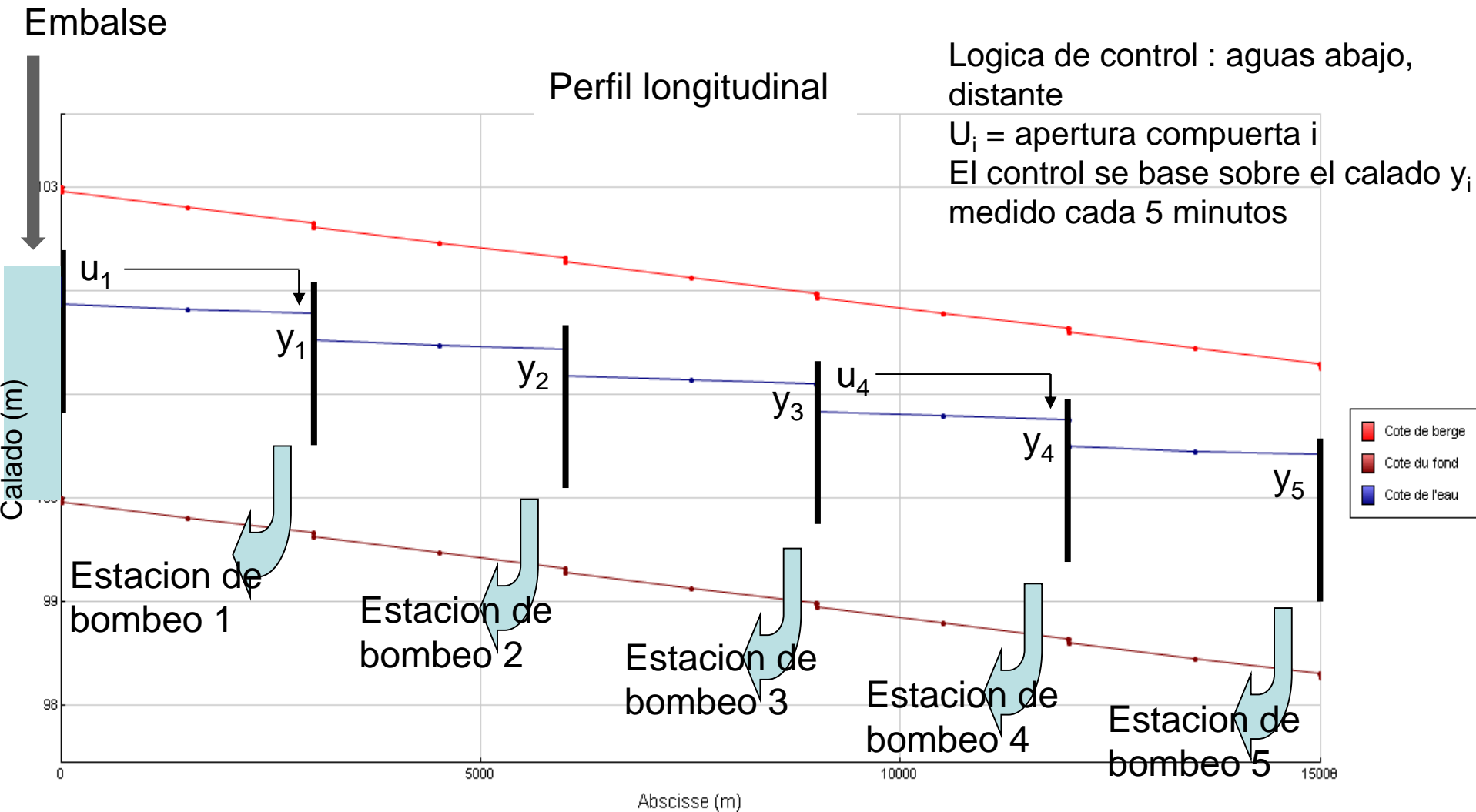
Preparado por Pierre-Olivier Malaterre

# Canal para el juego

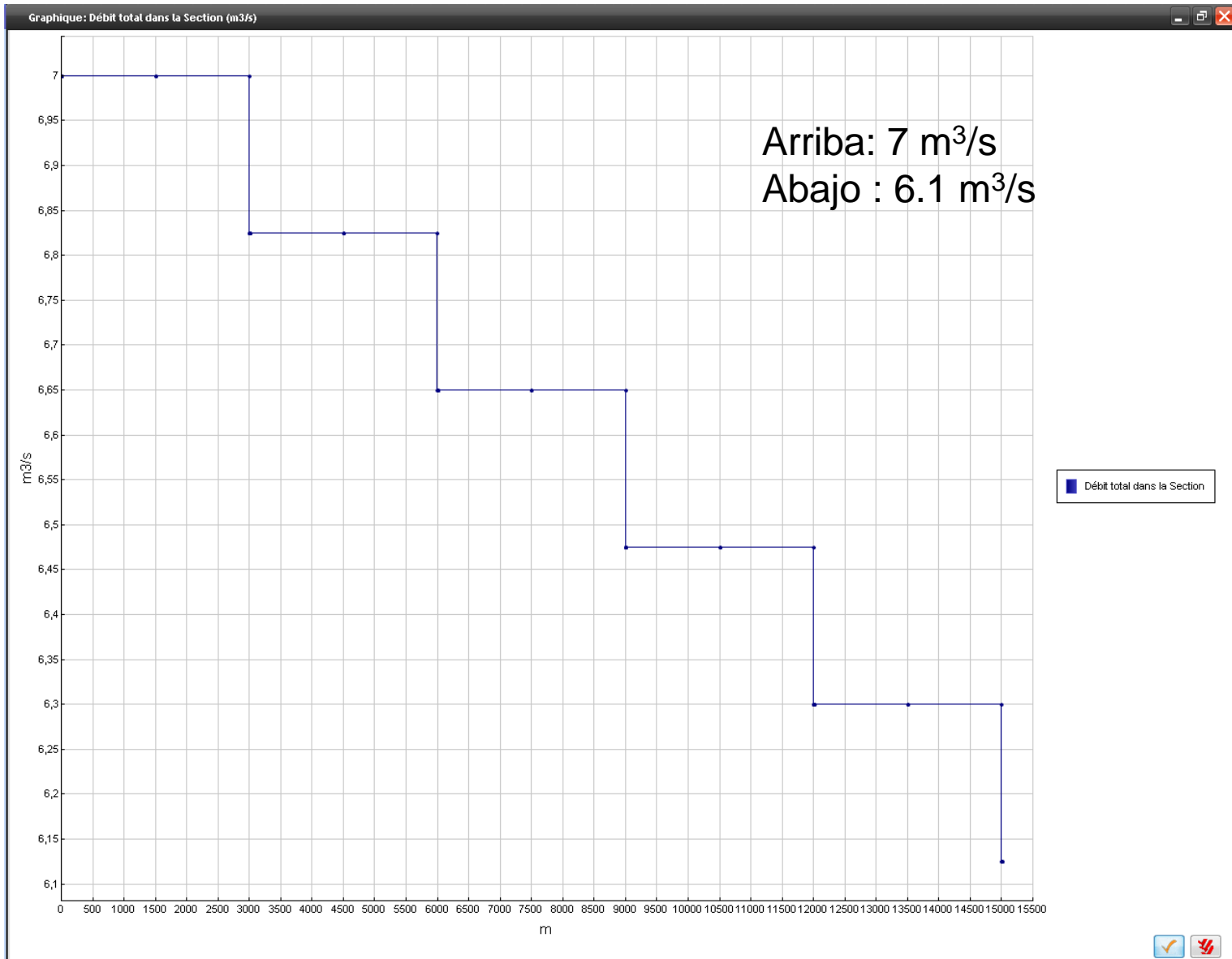
- Canal que alimenta agricultores et estaciones de bombeo « a la demanda » (sin reservacion)
- Tenemos que controlar 5 tramos (15 km), manteniendo el nivel lo mas cerca de los objetivos



# Canal para el juego



# Situacion inicial: caudal



# Geometria del canal

**Description du Bief : Bief8**

**Bief**

Nom du Bief:  Importer Sinuosité:

Pas de calcul:  m Longueur:   Affichage Sections Homothétie: Y  Z

**Sections**  Afficher les Sections de calcul

Elément du réseau			
<input type="checkbox"/> Z2	5 995,00	<input type="checkbox"/>	Trapézoïdale
<input checked="" type="checkbox"/> Vanne 3	6 000,00	<input checked="" type="checkbox"/>	Trapézoïdale
<input type="checkbox"/> Section3	6 000,00	<input type="checkbox"/>	Trapézoïdale
<input type="checkbox"/> Section4	6 005,00	<input type="checkbox"/>	Trapézoïdale

Type de lit

- Mineur
- Mineur /Moyen
- Majeur

Confirmation avant suppression

---

**Profil de la Section** Description et photo de la Section

Prédéfinie  Largeur /Cote  Abscisse /Cote  Circulaire  Dalot  Puissance  Rectangulaire  Trapézoïdale

Largeur Fond:

Fruit:

Cote berge:

Cote fond:

**Vanne 3**

Homothétie: Y  Z

Confirmation avant enregistrement

# Estructuras de control hidraulico: compuertas rectangulares de anchura 10m

Description de la Structure d'Ouvrage à la Section : Vanne 2

Description de la Structure d'Ouvrage à la Section : Vanne 2

Elément	Type - Etat	Mode Linéaire
Vanne 2	Section	<input type="checkbox"/>
Structure	Structure d'Ouvrages	<input type="checkbox"/>
Vanne rectangulaire	Vanne rectangulaire	<input type="checkbox"/>

Nouvel Ouvrage  
Variante  
Suppr  
Copier  
Coller

**Régulation de la Structure en travers**

Régulation (permanent) :  Aucune  Cote objectif (m)  Cote objectif (m) 101,78

1 Variable de régulation : Ouv : Vanne rectangulaire

**Description de l'Ouvrage**

Type d'Ouvrage : Vanne rectangulaire Nom : Vanne rectangulaire

Cote de radier (m) : 99,6600 Equation : Noyée

Largeur vanne (m) : 10,1800 Coefficient de débit : 0,8200

Ouverture vanne (m) : En calcul

Surverse

Equation : CEM 88 (D) Hauteur : 2,3300 Coef : 0,4000

**Bornes de la variable en calcul (Ouverture vanne (m))**

Min : 0,00 Init : 1,17 Max : 2,33

Section précéd. Section suivante  Confirmation avant enregistrement Annuler Appliquer Ok

Balise XML : ObjectifRegulation

# Posiciones de las compuertas

cada tiene una apertura que se puede cambiar

Résultats locaux - Ouvrage : Vanne rectangulaire

Elément	Type	Débit( T1)
Vanne 3	Section	6.65
Vanne rectangulaire	Vanne rectangulaire	6.65

Bief: Bief8  
Section: Vanne 3  
Abscisse: 6000  
Cote du lit: 99.32  
Cote de la berge: 102.32

Résultats locaux - Ouvrage : Vanne rectangulaire

Export Copier

Pas de temps	Temps	Débit	Ouverture vanne (m)
1	Jour : 0 00:00:00	6,650	0,354

Aide Paramètres avancés

# Posiciones iniciales de las compuertas

cada tiene una apertura para mantener una profundidad de 2.1 m

Ouvrages aux Structures en travers

Ouvrages aux Structures en travers

Que les éléments contenus dans la sélection

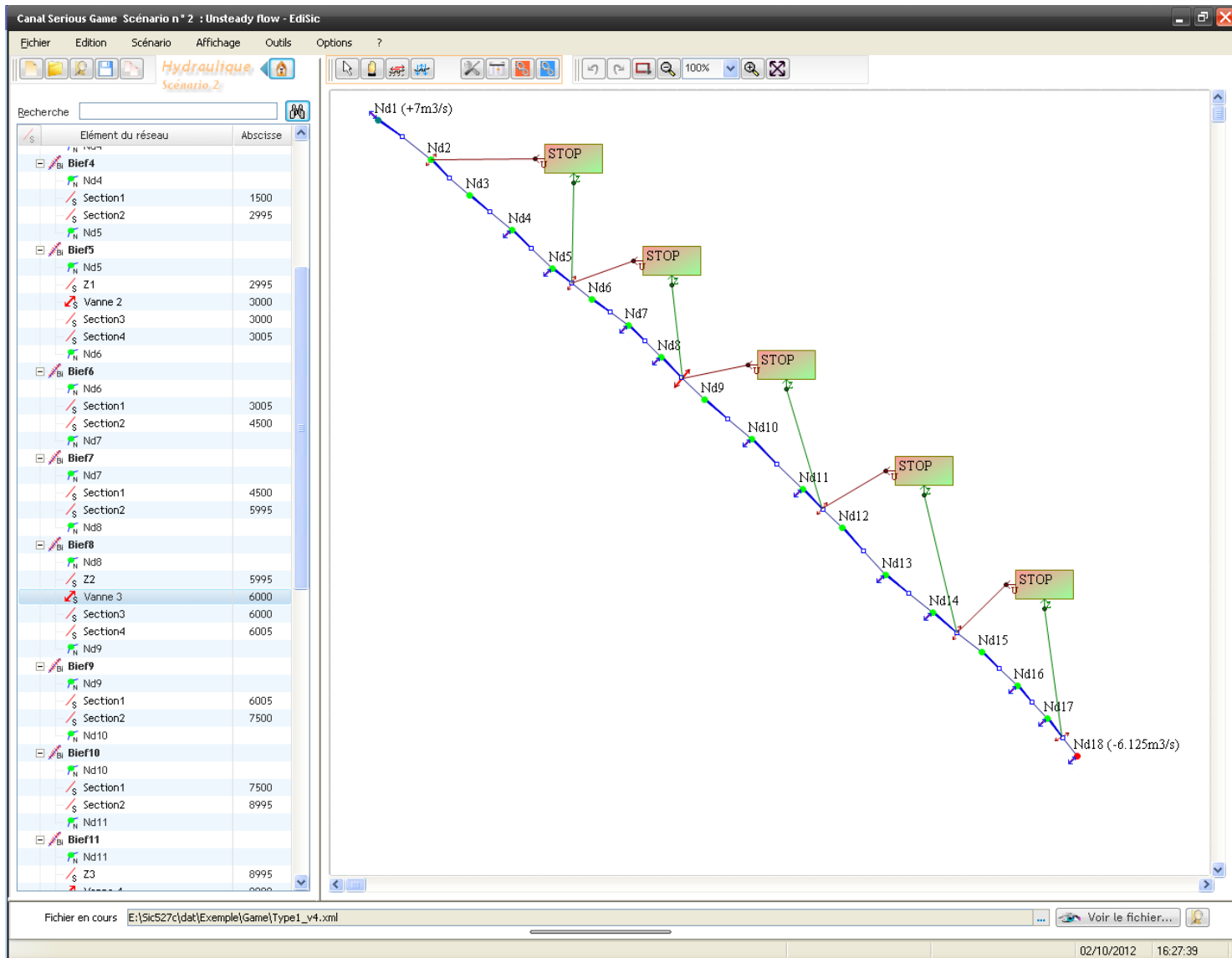
Ouvrage	Caractéristique en calcul	Résultat du calcul	Débit
Bf : Bief2 > S : Vanne 1 > Ouv : Vanne rectangulaire	Ouverture vanne (m)	0,379	7,000
Bf : Bief5 > S : Vanne 2 > Ouv : Vanne rectangulaire	Ouverture vanne (m)	0,366	6,824
Bf : Bief8 > S : Vanne 3 > Ouv : Vanne rectangulaire	Ouverture vanne (m)	0,354	6,650
Bf : Bief11 > S : Vanne 4 > Ouv : Vanne rectangulaire	Ouverture vanne (m)	0,342	6,475
Bf : Bief14 > S : Vanne 5 > Ouv : Vanne rectangulaire	Ouverture vanne (m)	0,330	6,300
Bf : Bief16 > S : Vanne 6 > Ouv : Vanne rectangulaire	Ouverture vanne (m)	0,321	6,124

Résultats locaux    Afficher un graphique     Paramètres avancés    Aide



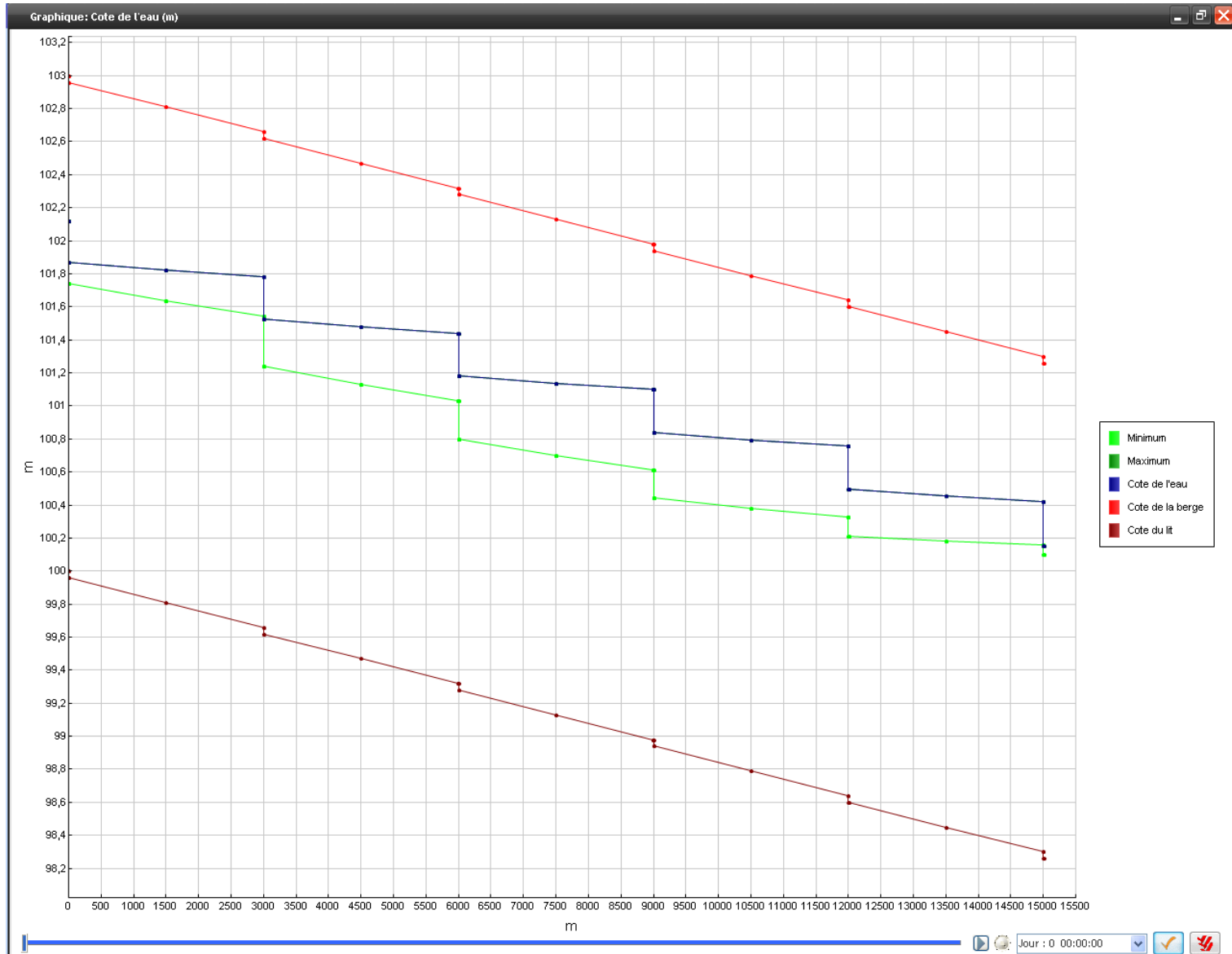
# Modulo de control hidraulico

Modulo « Stop »: el calculo espera instrucciones de apertura en cada compuerta



# Porque controlar ?

## Si no hacemos nada, el nivel varia demasiado

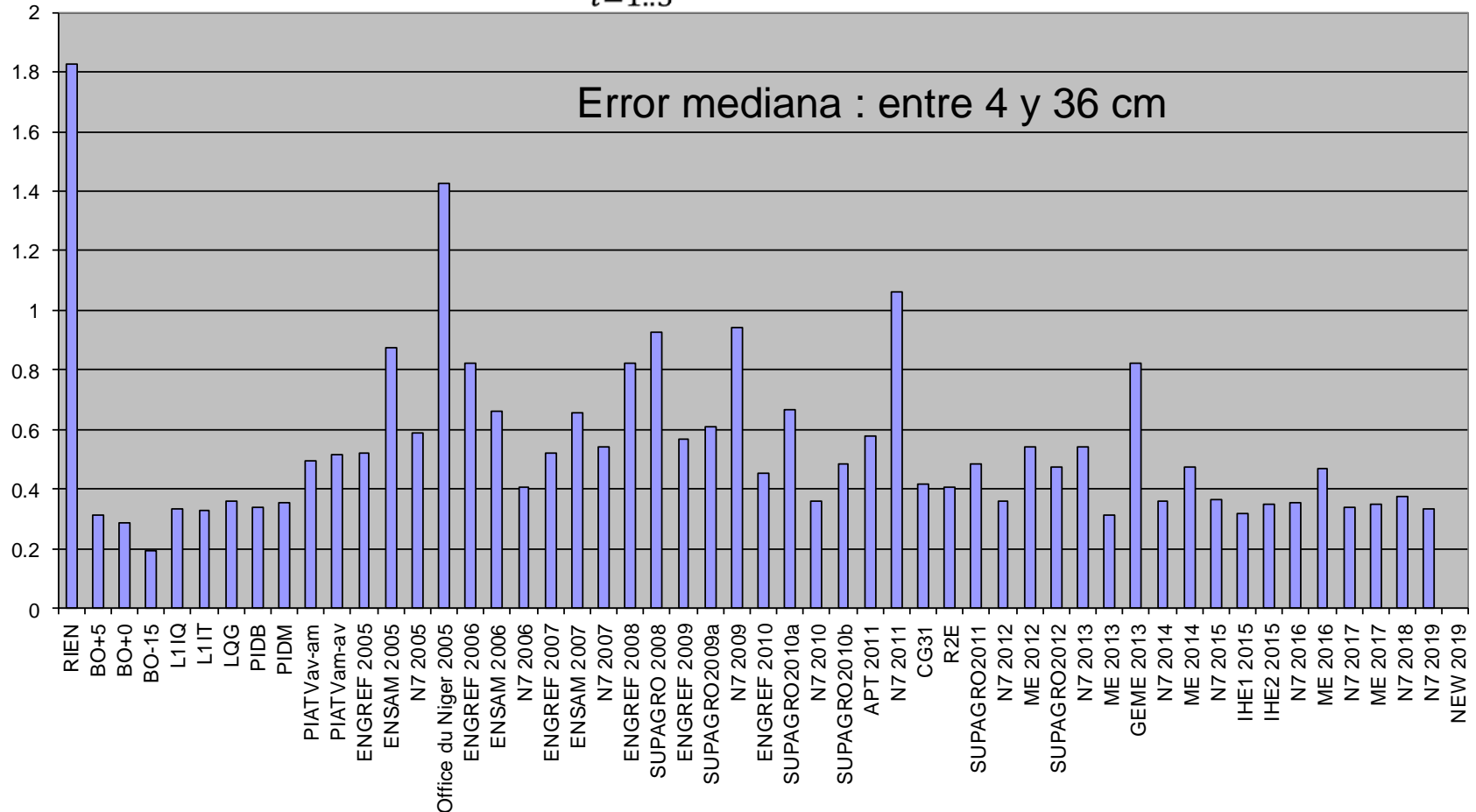


# Reglas del juego

- Cada grupo (1 ... 5) es responsable de una compuerta
- Se puede mover las compuertas para mantener un calado lo mas cerca posible del objetivo (tramo abajo) –
  - Calado obj.=calado inicial
  - Calado medido: variable Z
- Duracion del escenario = 12 horas
- No sabemos cuando las bombas se van a operar, ni cuales se van a operar, ni el caudal de bombeo.

# Evaluacion de la estrategia de control de la variable Z

$$E = \sum_{i=1..5} \max|Z_i - Z_{ref,i}|$$



Los mejores : BO-15 (lazo abierto, anticipacion de 15 minutos),  
 $\ell_1$  con control automatico con lazo cerrado), ME 2013 en control manual

# Podium internacional

Montpellier 2013

Delft 2015

Toulouse 2019

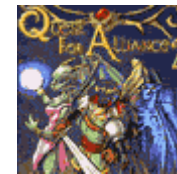


# Hall of Fame

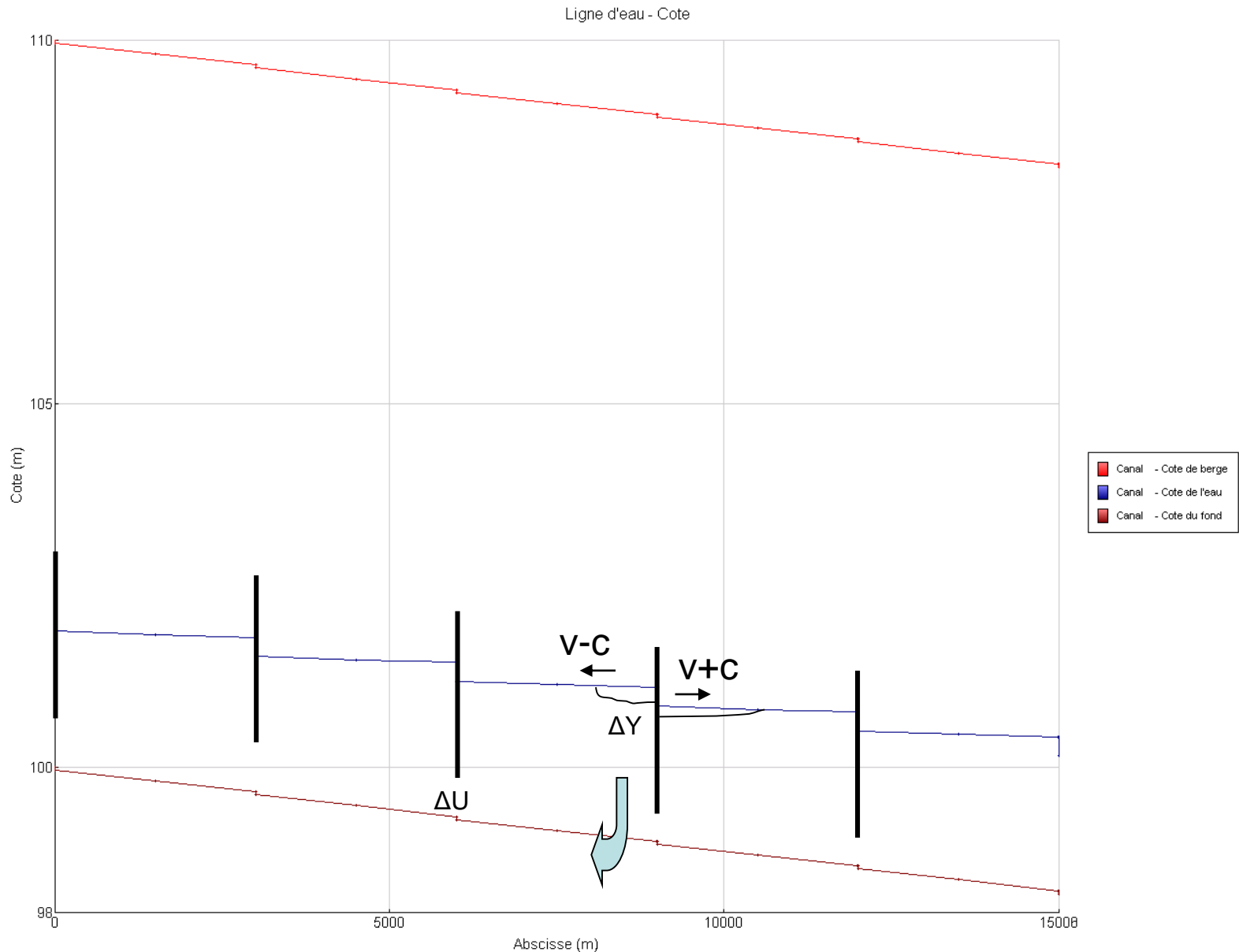
Best sur z	[scores]	Best sur u	[scores]
'-> NEW 2019'	[ 0]	'RIEN'	[ 0]
'BO-15'	[0.1913]	'-> NEW 2019'	[ 0]
'BO+0'	[0.2853]	'SDEA CG31 2011'	[1.3000]
'BO+5'	[0.3113]	'SUPAGRO 2010b'	[1.3100]
'ME2013'	[0.3145]	'IHE 2015 G1'	[1.4780]
'IHE 2015 G1'	[0.3182]	'BO+5'	[1.5150]
'L1IT'	[0.3306]	'BO+0'	[1.5150]
'L1IQ'	[0.3348]	'BO-15'	[1.5150]
'ENSEEIHT 2019'	[0.3351]	'ME2013'	[1.6750]
'ENSEEIHT 2017'	[0.3383]	'IHE 2015 G2'	[1.7650]
'PIDB'	[0.3399]	'APT 2011'	[1.7700]
'IHE 2015 G2'	[0.3479]	'ENSEEIHT 2012'	[1.7860]
'ME2017'	[0.3497]	'ENSEEIHT 2010'	[1.7920]
'PIDM'	[0.3528]	'ENSEEIHT 2016'	[1.8000]
'ENSEEIHT 2016'	[0.3543]	'ENSEEIHT 2019'	[1.8400]
'ENSEEIHT 2014'	[0.3578]	'PIDB'	[1.8864]
'ENSEEIHT 2012'	[0.3584]	'ENSEEIHT 2014'	[1.9300]
'LQG'	[0.3589]	'ENSEEIHT 2007'	[1.9600]
'ENSEEIHT 2010'	[0.3621]	'L1IT'	[2.0882]
'ENSEEIHT 2015'	[0.3655]	'ENSEEIHT 2018'	[2.1040]
'ENSEEIHT 2018'	[0.3747]	'L1IQ'	[2.1280]



A vous de jouer ...



# Relation $\Delta Y \leftrightarrow \Delta U$ ?



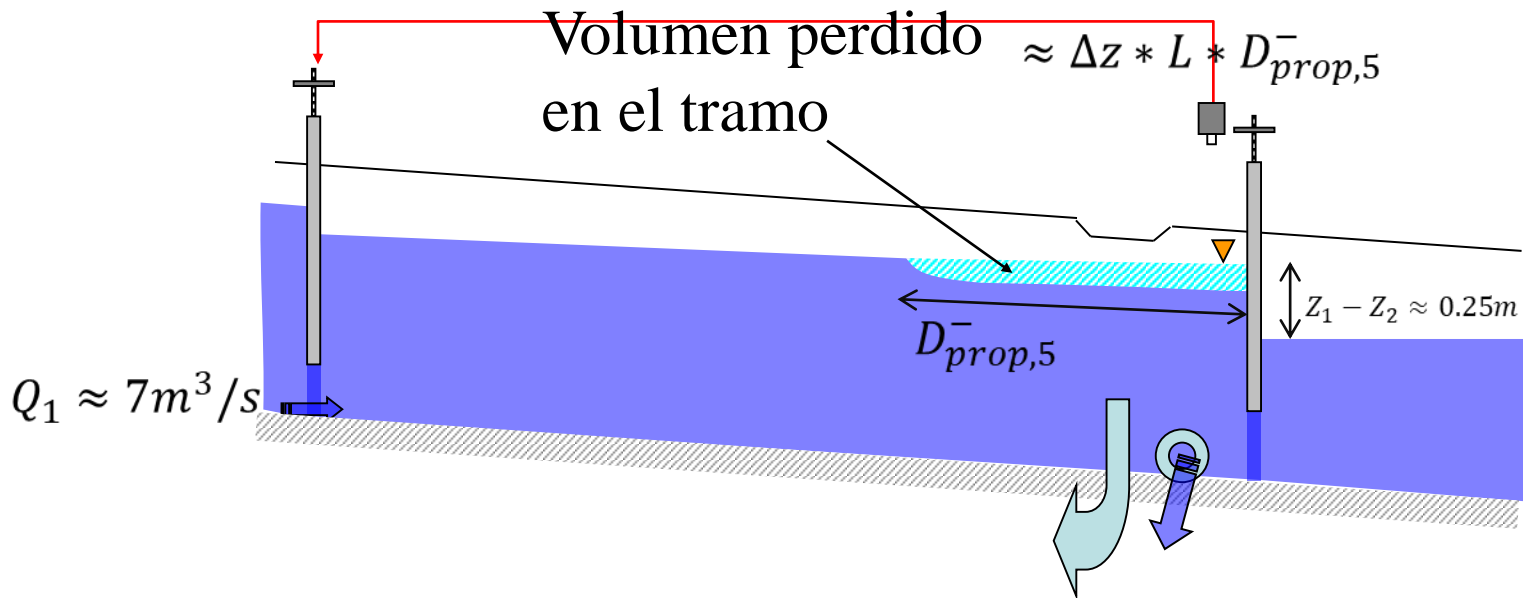


# Unos calculos...

NB	NS	SS	X	Zf	Zv	Zd	Vtot	Stot	Qtot	Fr	Ltot	x/vc
1	1		0.000	100.000	102.120	110.000	0.324	21.582	7.000	0.081	13.360	0.000
1	2		1.000	100.000	102.120	110.000	0.324	21.582	7.000	0.081	13.360	0.232
2	1	S	0.000	100.000	102.120	110.000	0.324	21.582	7.000	0.081	13.360	0.000
2	2		0.000	99.960	101.870	109.960	0.371	18.845	7.000	0.097	12.731	0.000
2	3		5.000	99.960	101.870	109.960	0.372	18.842	7.000	0.097	12.730	1.196
3	1		5.000	99.960	101.870	109.960	0.372	18.842	7.000	0.097	12.730	0.000
3	2		304.000	99.930	101.859	109.930	0.367	19.090	7.000	0.096	12.788	71.302
3	3		603.000	99.900	101.849	109.900	0.362	19.343	7.000	0.094	12.848	71.105
3	4		902.000	99.870	101.839	109.870	0.357	19.603	7.000	0.093	12.908	70.905
3	5		1201.000	99.840	101.830	109.840	0.352	19.868	7.000	0.091	12.970	70.703
3	6		1500.000	99.810	101.821	109.810	0.348	20.140	7.000	0.089	13.032	70.499
4	1		1500.000	99.810	101.821	109.810	0.348	20.140	7.000	0.089	13.032	0.000
4	2		1799.000	99.780	101.812	109.780	0.343	20.417	7.000	0.088	13.096	70.293
4	3		2098.000	99.750	101.804	109.750	0.338	20.700	7.000	0.086	13.161	70.085
4	4		2397.000	99.720	101.795	109.720	0.334	20.989	7.000	0.085	13.226	69.875
4	5		2696.000	99.690	101.788	109.690	0.329	21.283	7.000	0.083	13.293	69.663
4	6		2995.000	99.660	101.780	109.660	0.324	21.583	7.000	0.081	13.360	69.450
5	1		2995.000	99.660	101.780	109.660	0.316	21.583	6.825	0.079	13.360	0.000
5	2	S	3000.000	99.660	101.780	109.660	0.316	21.582	6.825	0.079	13.360	1.164
5	3		3000.000	99.620	101.526	109.620	0.363	18.792	6.825	0.095	12.718	0.000
5	4		3005.000	99.620	101.526	109.620	0.363	18.789	6.825	0.095	12.718	1.199
6	1		3005.000	99.620	101.526	109.620	0.363	18.789	6.825	0.095	12.718	0.000
6	2		3304.000	99.590	101.516	109.590	0.358	19.042	6.825	0.094	12.777	71.496
6	3		3603.000	99.560	101.506	109.560	0.354	19.301	6.825	0.092	12.838	71.291
6	4		3902.000	99.530	101.497	109.530	0.349	19.567	6.825	0.090	12.900	71.084
6	5		4201.000	99.500	101.487	109.500	0.344	19.837	6.825	0.089	12.962	70.875
6	6		4500.000	99.470	101.479	109.470	0.339	20.114	6.825	0.087	13.026	70.663
7	1		4500.000	99.470	101.479	109.470	0.339	20.114	6.825	0.087	13.026	0.000
7	2		4799.000	99.440	101.470	109.440	0.335	20.397	6.825	0.086	13.091	70.450
7	3		5098.000	99.410	101.462	109.410	0.330	20.685	6.825	0.084	13.157	70.235
7	4		5397.000	99.380	101.455	109.380	0.325	20.979	6.825	0.082	13.224	70.018
7	5		5696.000	99.350	101.447	109.350	0.321	21.278	6.825	0.081	13.292	69.800
7	6		5995.000	99.320	101.440	109.320	0.316	21.583	6.825	0.079	13.360	69.581
8	1		5995.000	99.320	101.440	109.320	0.308	21.583	6.650	0.077	13.360	0.000
8	2	S	6000.000	99.320	101.440	109.320	0.308	21.582	6.650	0.077	13.360	1.166
8	3		6000.000	99.280	101.182	109.280	0.355	18.740	6.650	0.093	12.706	0.000
8	4		6005.000	99.280	101.182	109.280	0.355	18.738	6.650	0.093	12.705	1.202

- Velocidad  $V = \frac{Q}{S} = 0.316 \text{ m/s}$
- Celeridad  $c = \sqrt{gS/L} = \sqrt{9.81 * 21.58/13.36} \approx 4 \text{ m/s}$
- Propagacion desde abajo:  $c - V \approx 3.7 \text{ m/s}$
- Propagacion desde arriba:  $c + V \approx 4.3 \text{ m/s}$
- Distancia de propagacion en 5 minutos:
  - Desde abajo:  $D_{prop,5min}^- = (c - V) * 300 = 1100\text{m}$
  - Desde arriba:  $D_{prop,5min}^+ = (c + V) * 300 = 1290\text{m}$

# Que paso en el tramo 1?



El caudal abajo disminuo :

$$Q = C_c L_c W \sqrt{2g(Z_1 - Z_2)} \longrightarrow \frac{\Delta Q}{Q} = \frac{1}{2} \frac{\Delta(Z_1 - Z_2)}{Z_1 - Z_2} = 0.5 * \frac{0.02}{0.25} = 4\%$$

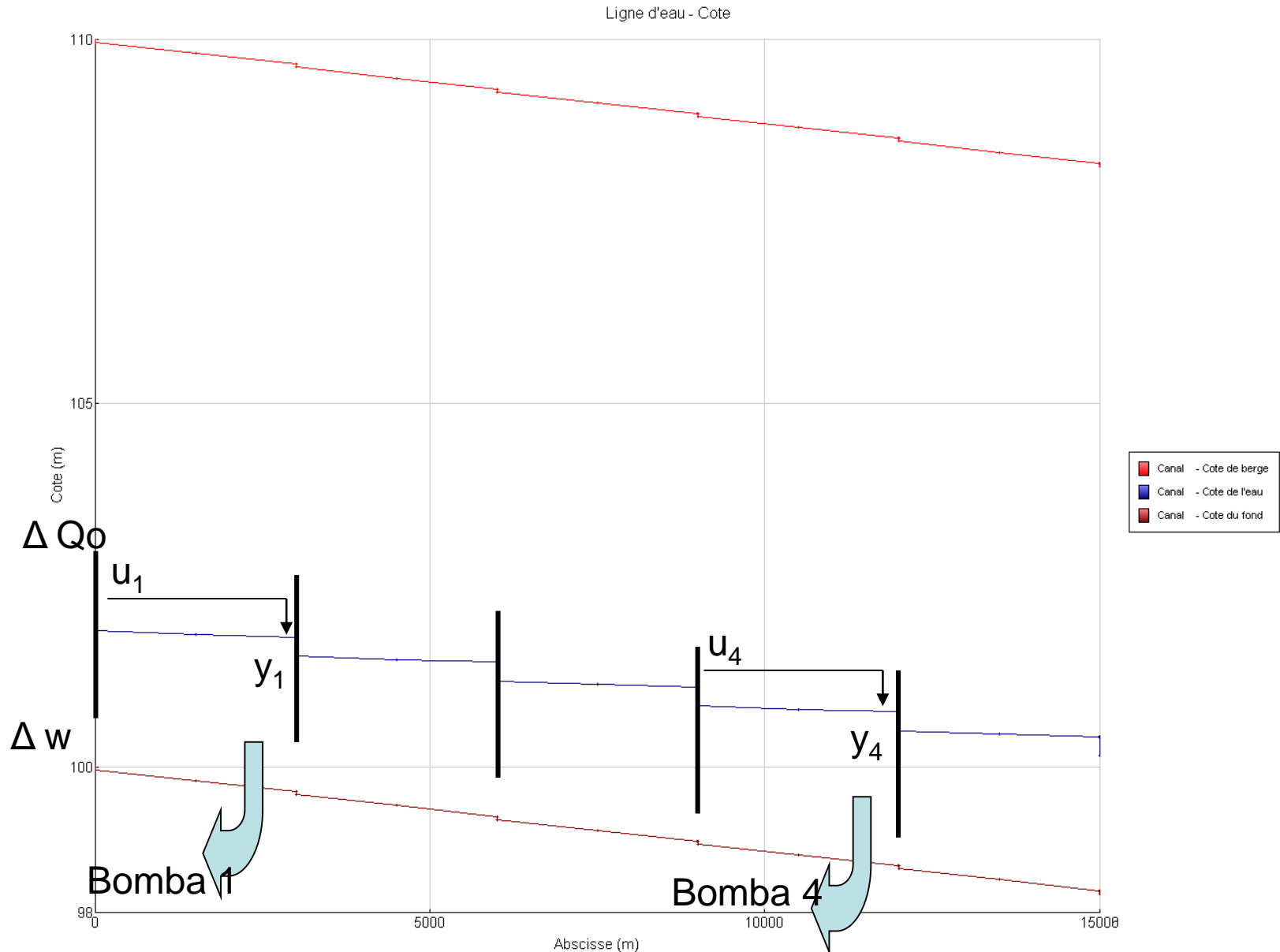
$$\Delta Q = (Q_1 - Q_2) \approx 0.26 m^3/s$$

Bilan en 5 minutos:  $Q_1 * \Delta t - Q_{bomba} * \Delta t - Q_2 * \Delta t = -Vol.perdido$

$$Q_{bomba} = (Q_1 - Q_2) + Vol.perdido/\Delta t$$

$$Q_{bomba} \approx 0.93 + 0.26 \approx 1.1m^3/s$$

# Como modificar la apertura W? Relacion $\Delta Q_0 \leftrightarrow \Delta w$ ?



# Unos calculos...

- El caudal de la compuerta es proporcional a su apertura

$$Q = C_c L_c W \sqrt{2g(Z_1 - Z_2)} \longrightarrow \frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\Delta W}{W}$$

- $\Rightarrow \Delta w = w^* \Delta Q / Q = 0.378 * 1/7 = 0.054 \text{ m}$

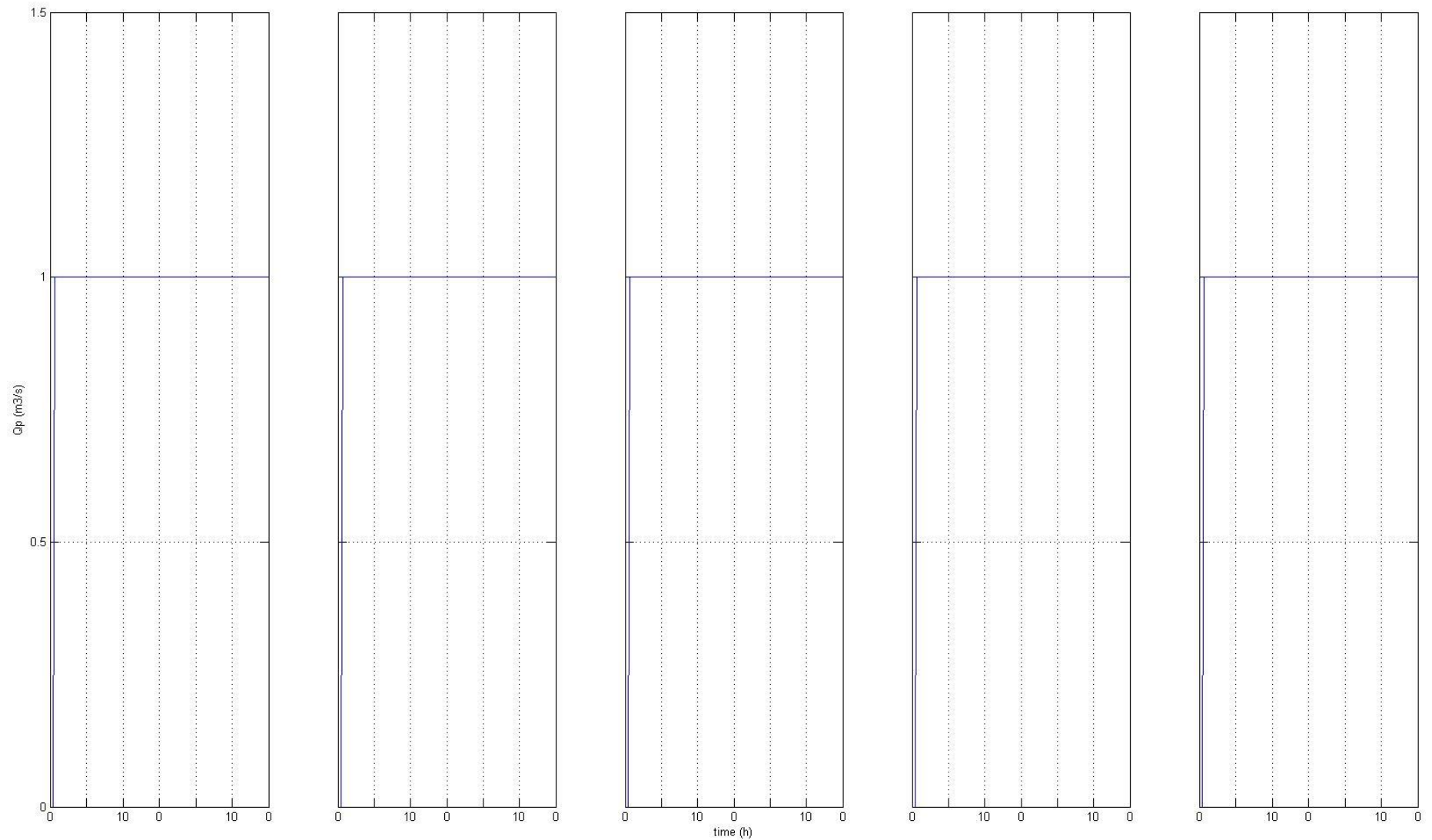
# Conclusiones

- Es mejor hacer algo que nada...
- Hemos controlado en lazo cerrado: mediamos el caudal, si hay un error hacemos una corrección de la apertura ( $u$ )
- Mejor conocer la reacción del canal: así, podemos calcular la apertura más efectiva (lazo abierto)
- Mejor anticipar: si sabemos que la bomba va a funcionar, puedo liberar un volumen antes de su funcionamiento, para que el canal no se llene
- Los modelos son muy útiles para calcular, anticipar... para encontrar la buena apertura que aplicar, y más generalmente la solución mejor que evite perder agua
- Es importante de conocer los tiempos de retraso (ondas rápidas, ondas lentas)
- El tiempo de regulación se puede adaptar a la dinámica: 5 minutos demasiado corto (muchos cambios)
- Coordinación entre tramos
  - el cambio abajo influye el nivel arriba
  - El cambio de caudal arriba tiene repercusiones abajo
  - El cambio que necesito abajo implica cambio arriba
  - Mejor utilizar el caudal que la apertura, porque el nivel cambia

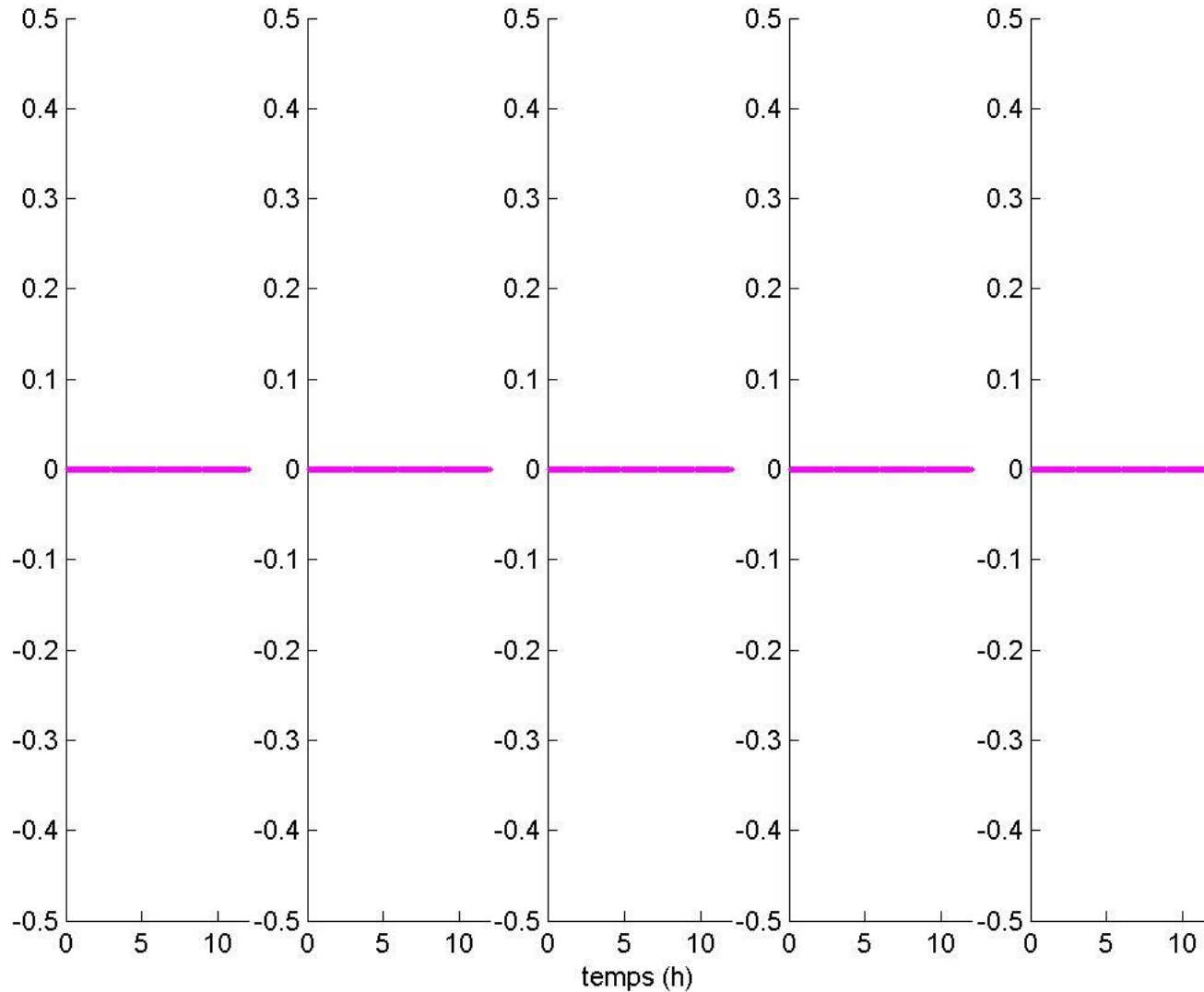
# Analisis de los resultados

- Que pasa si no hacemos nada?
- Eficiencia del control manual
- Eficiencia de los metodos automaticos
  - Control con anticipacion (lazo abierto)
  - Control con observaciones en tiempo real (lazo cerrado)

# Lo que paso: caudal a las estaciones de bombeo

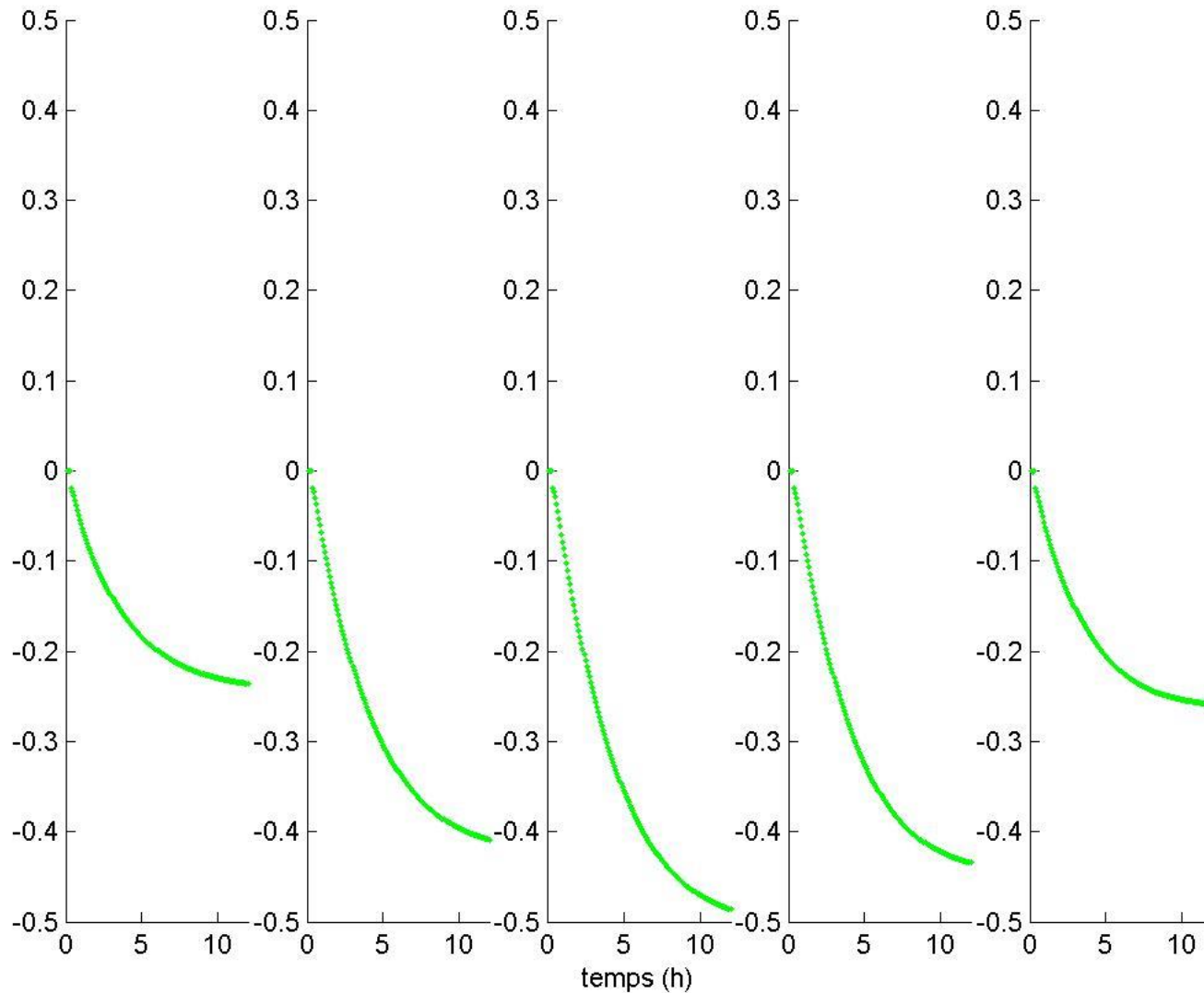


# Si hacemos nada (u)





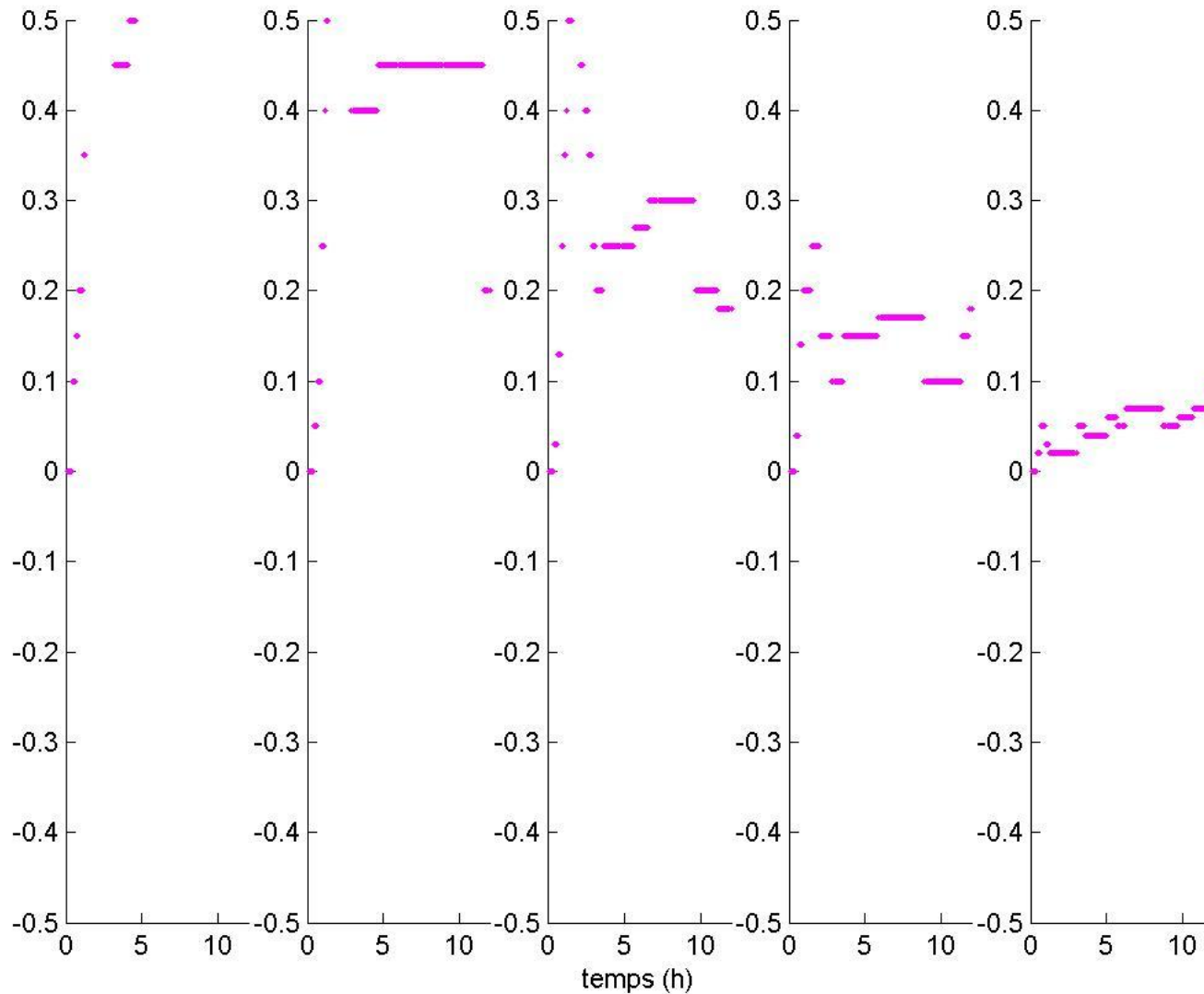
# Si hacemos nada (y)



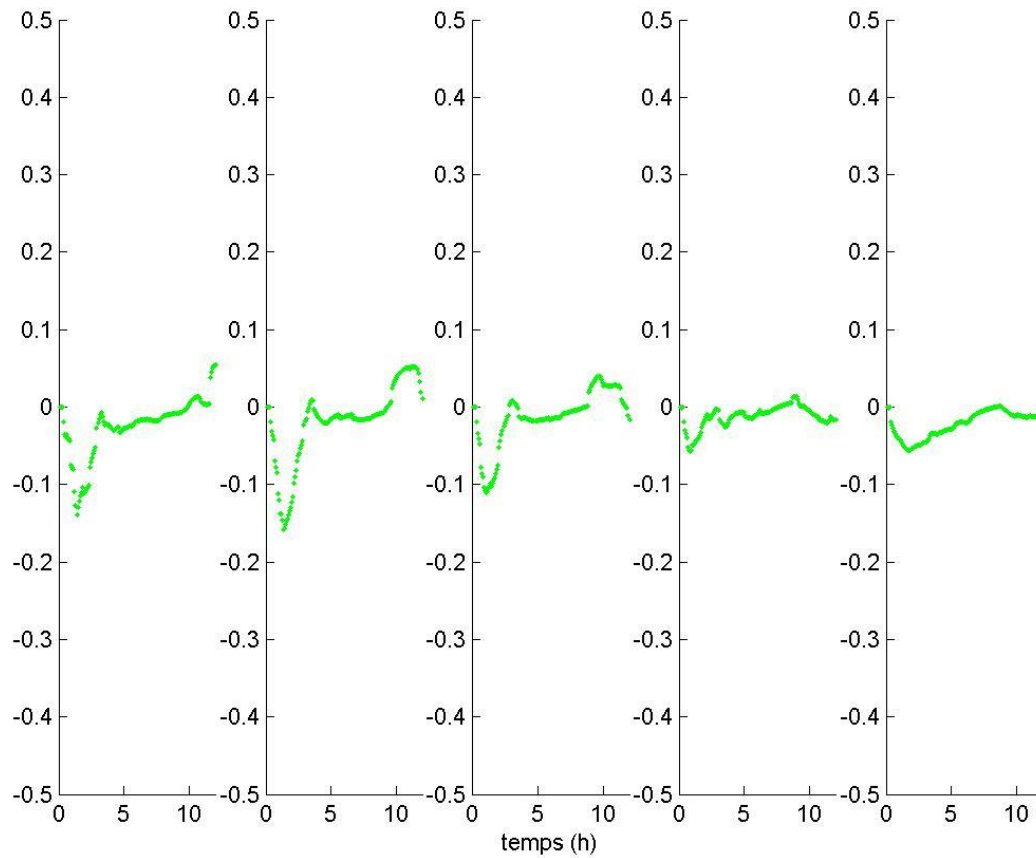
# Control manual



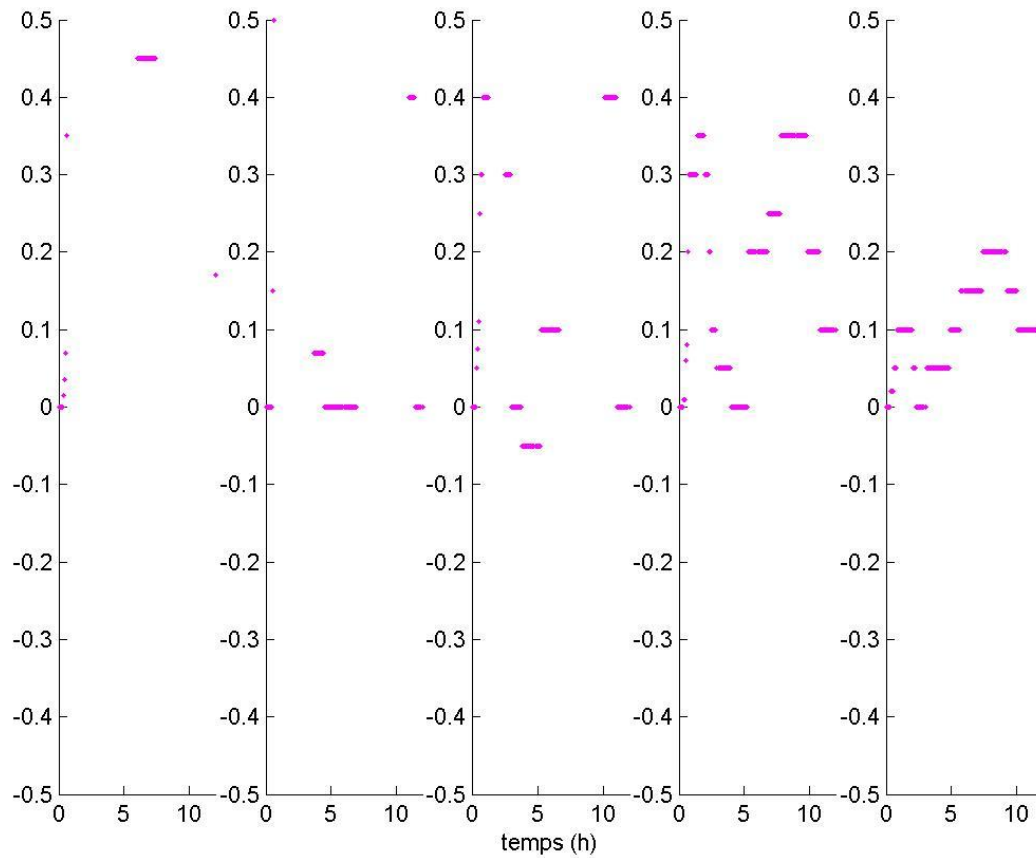
# ENGREF 2005 (u)



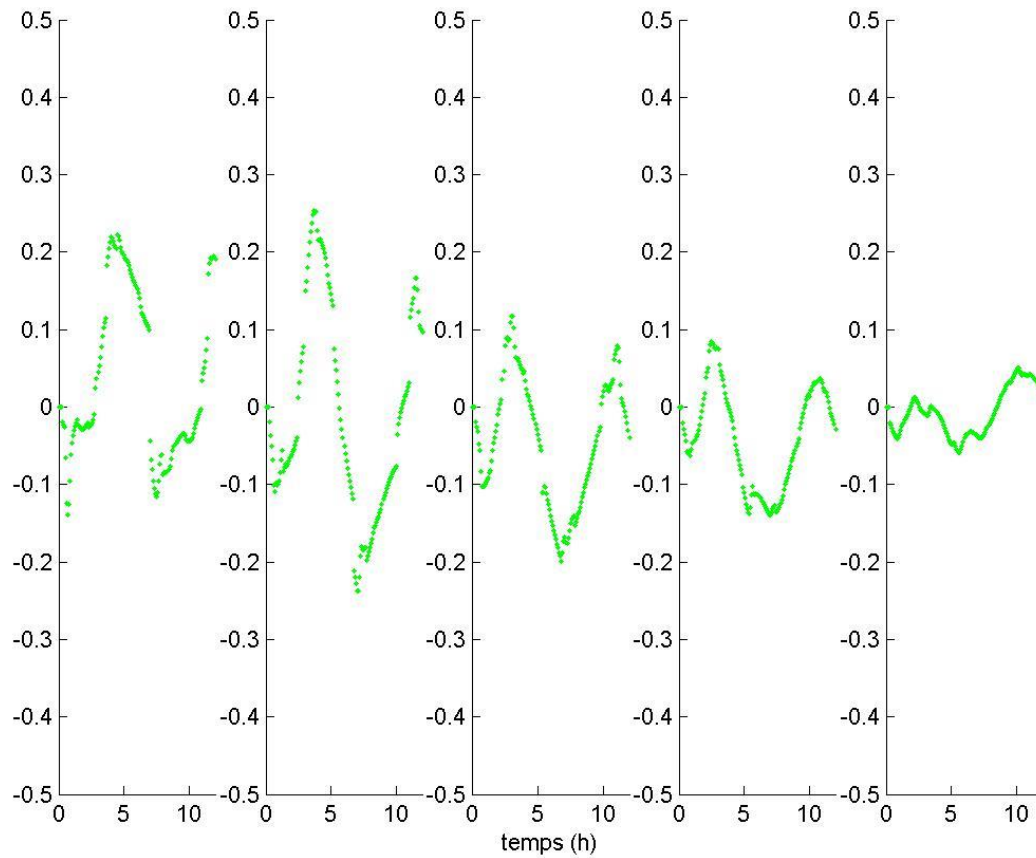
# ENGREF 2005 (y)



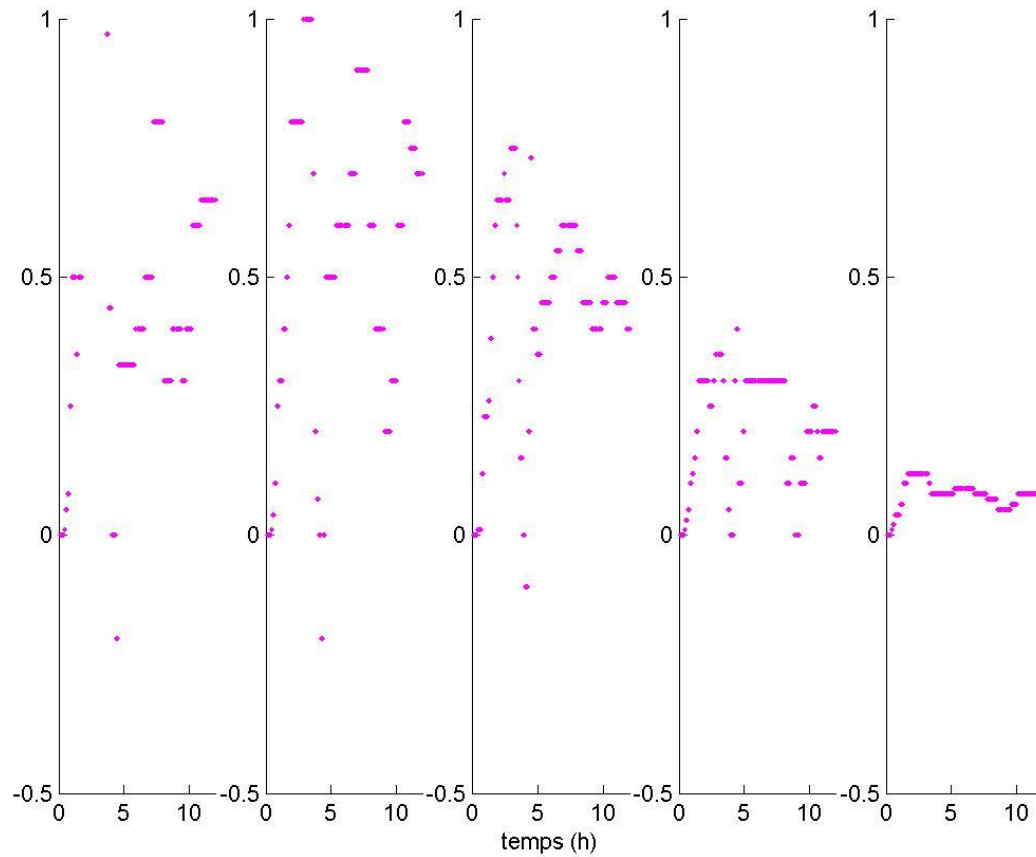
# ENSAM 2005 (u)



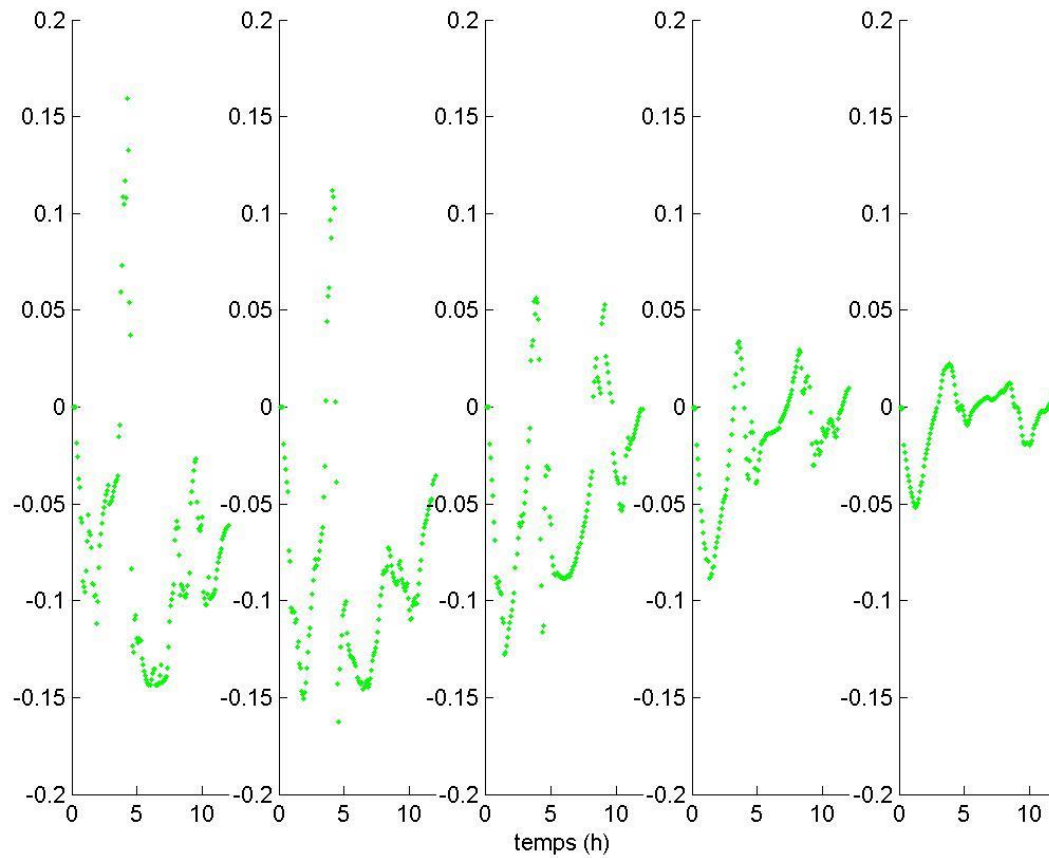
# ENSAM 2005 (y)



# ENSEEIH 2005 (u)

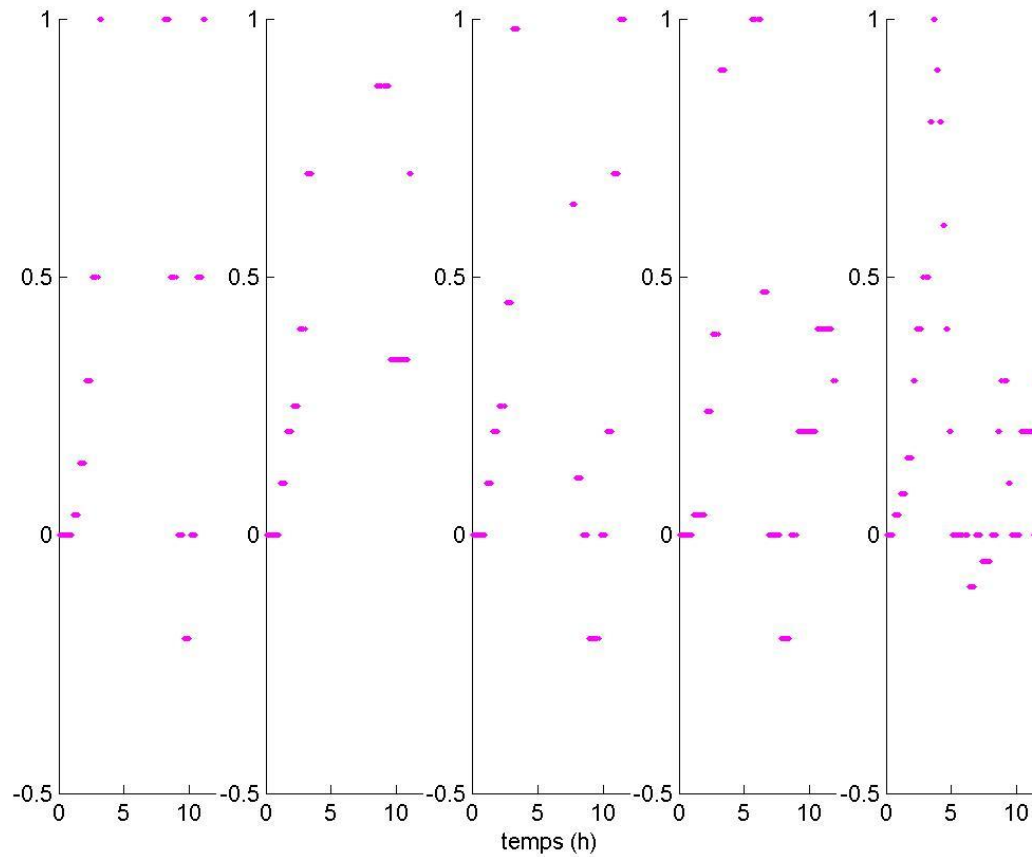


# ENSEEIH 2005 (y)

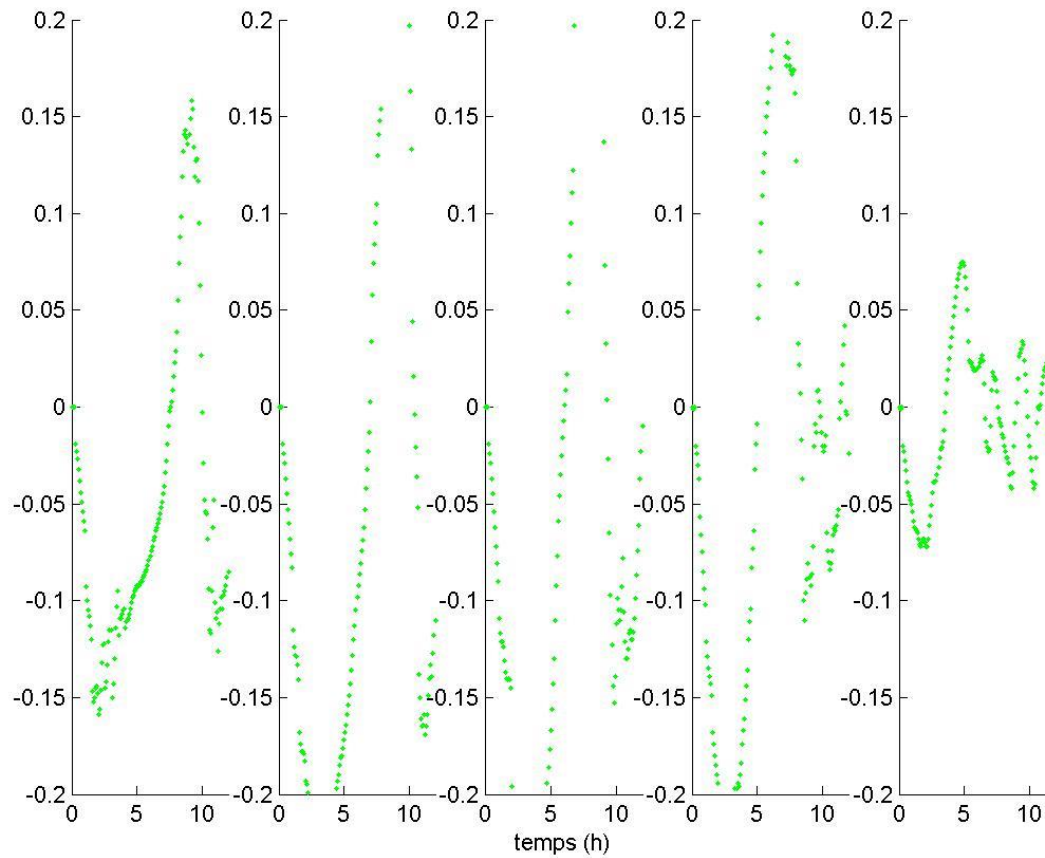




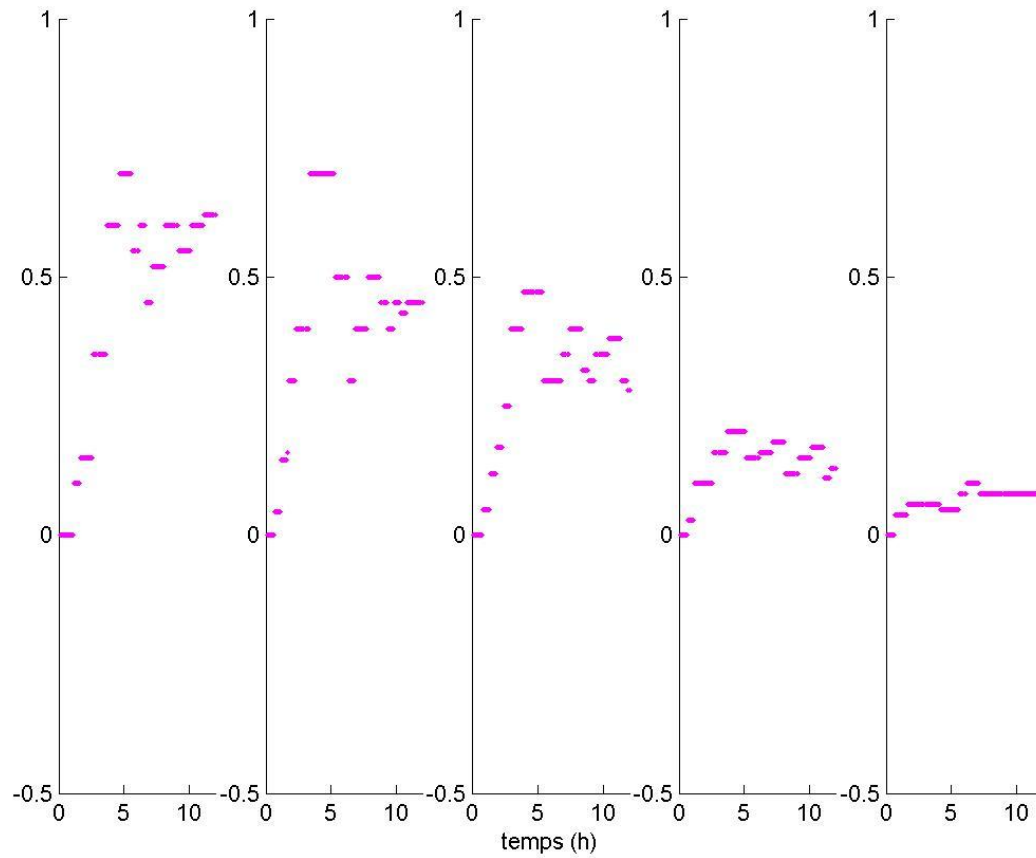
# Office du Niger 2005 (u)



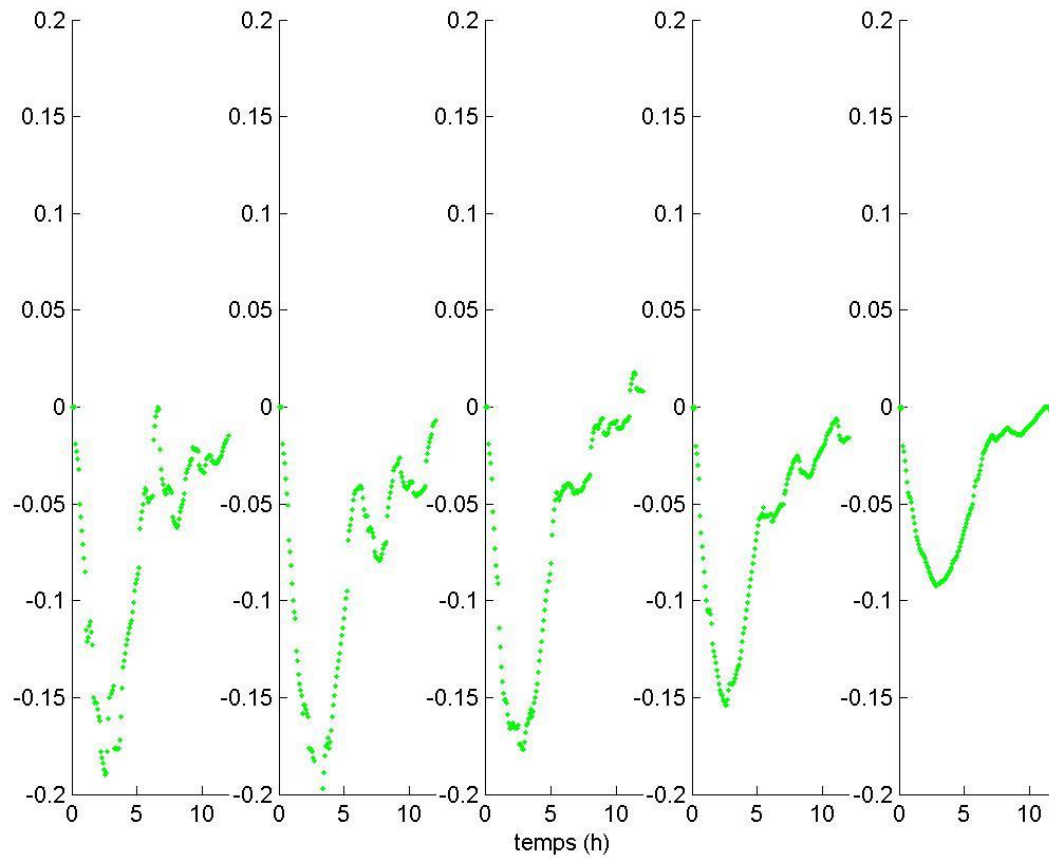
# Office du Niger 2005 (y)



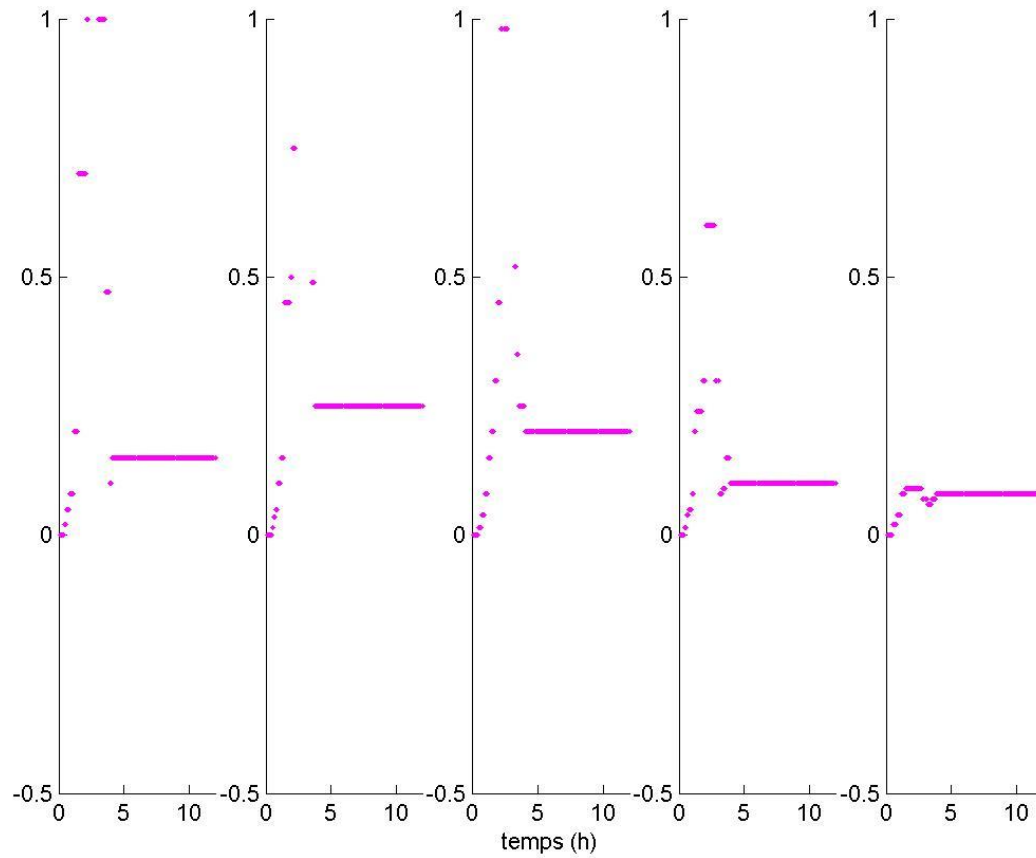
# ENGREF 2006 (u)



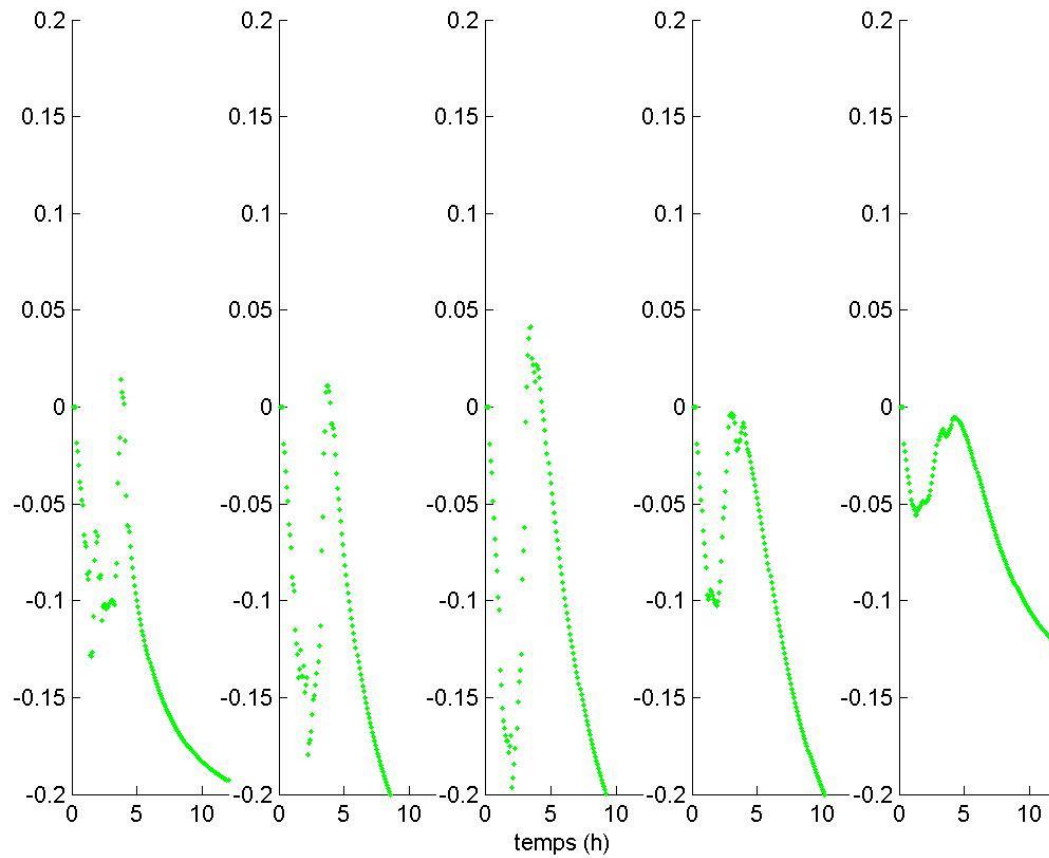
# ENGREF 2006 (y)



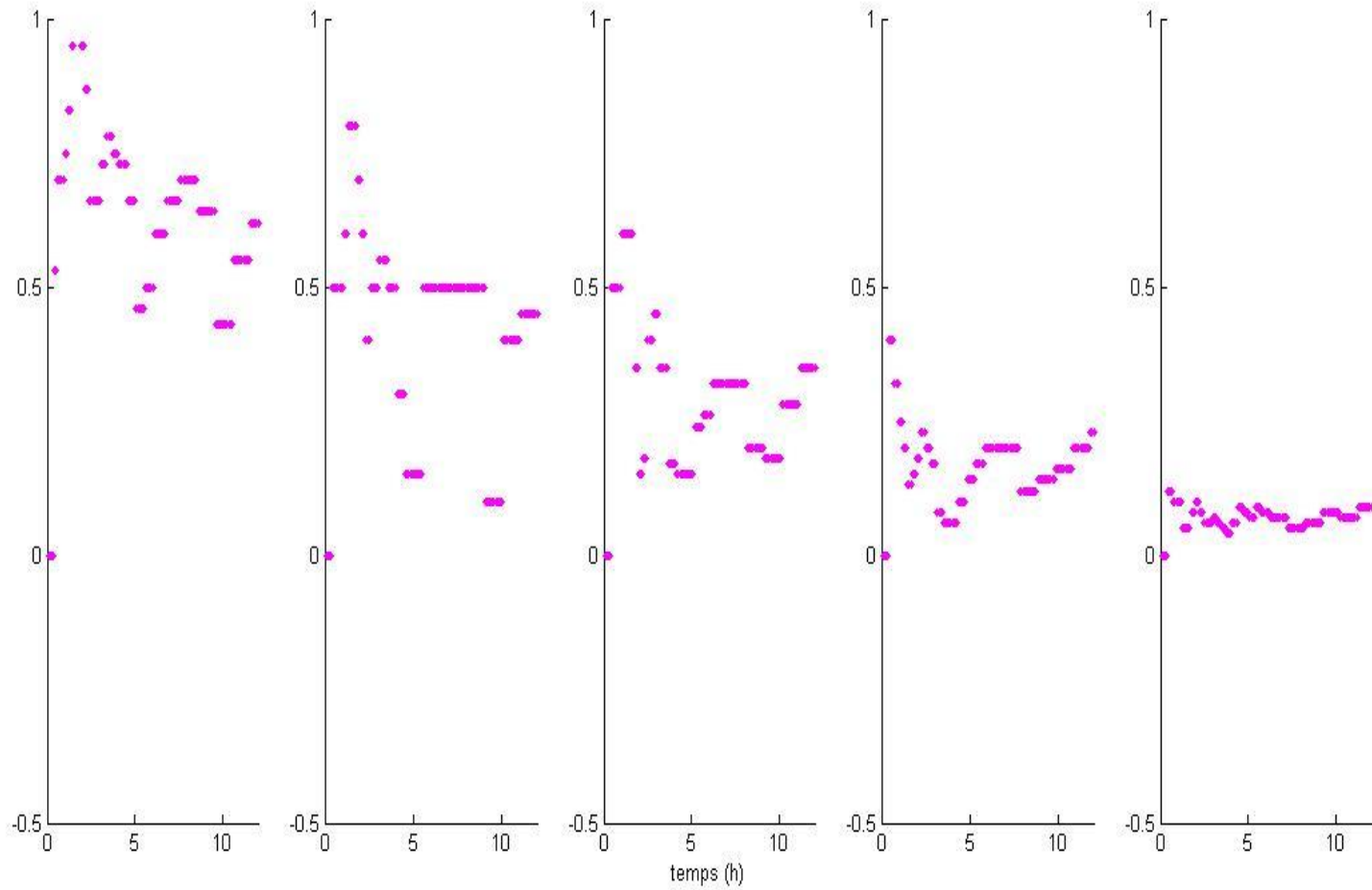
# ENSAM 2006 (u)



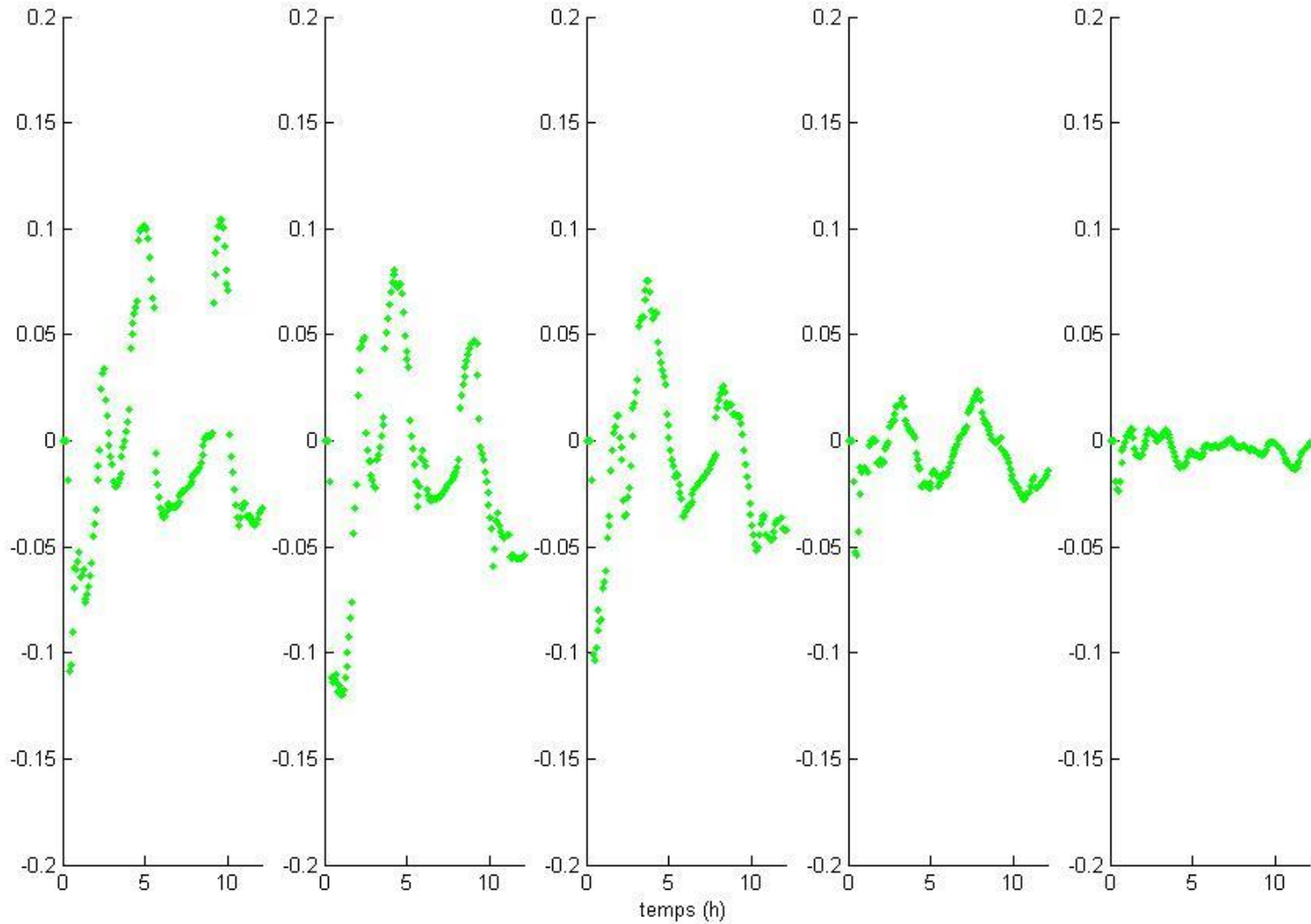
# ENSAM 2006 (y)



# ENSEEIH 2006 (u)

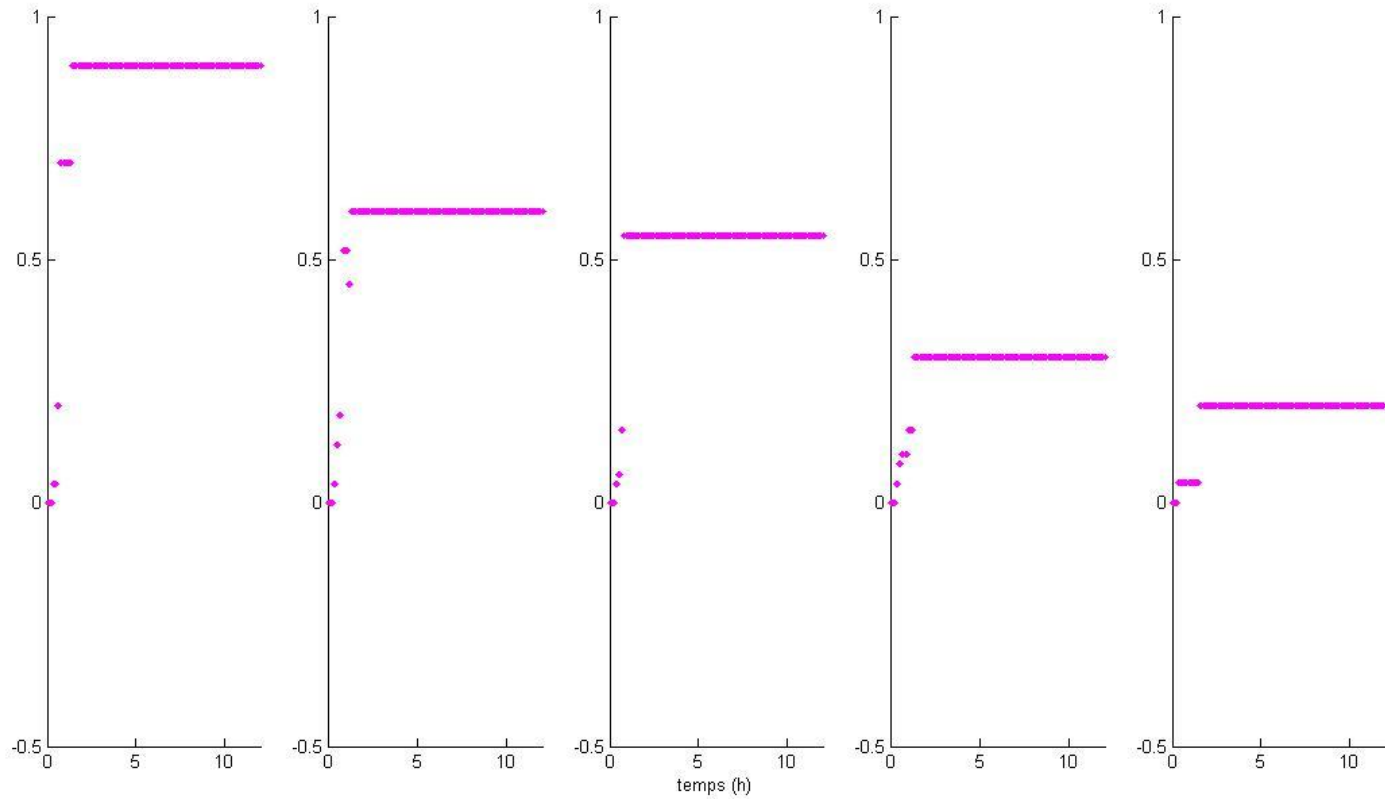


# ENSEEIH 2006 (y)

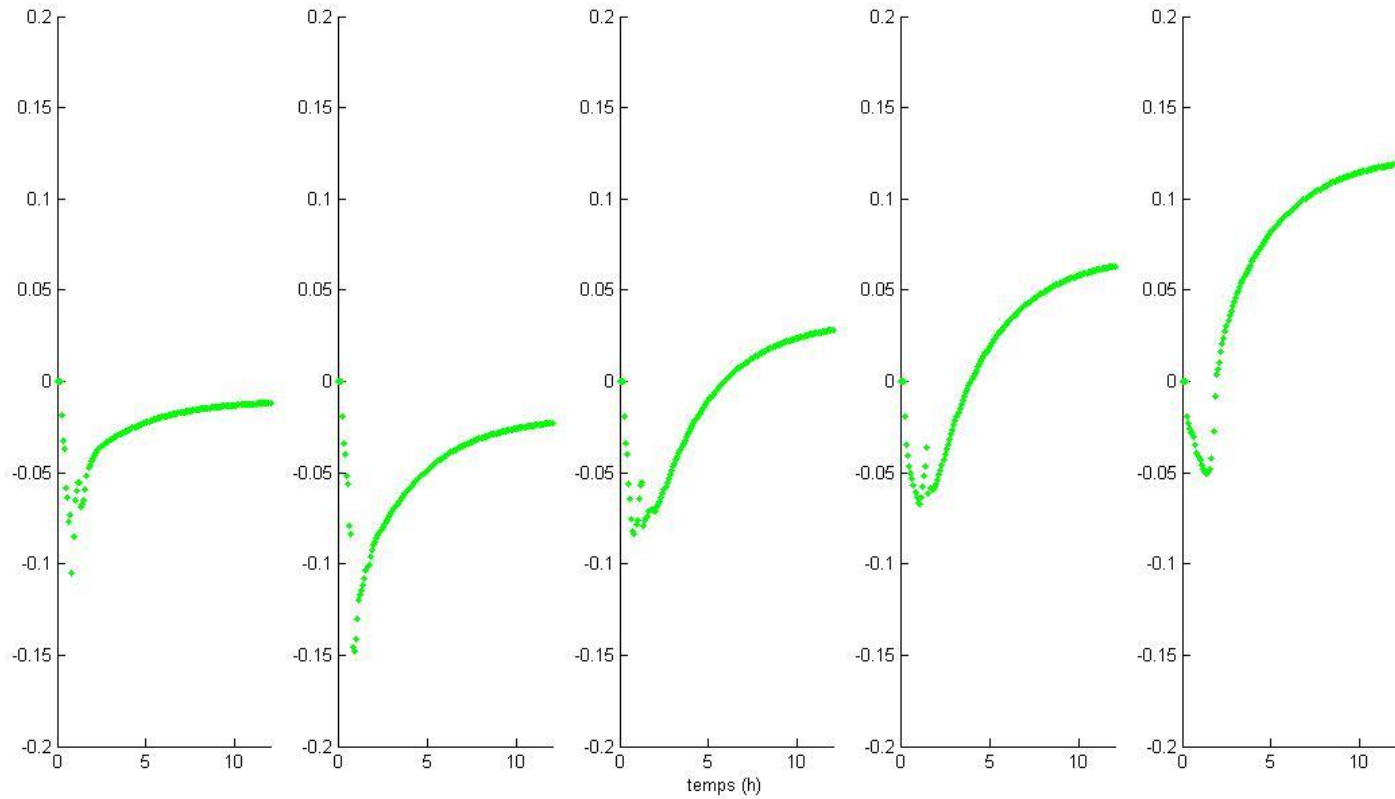




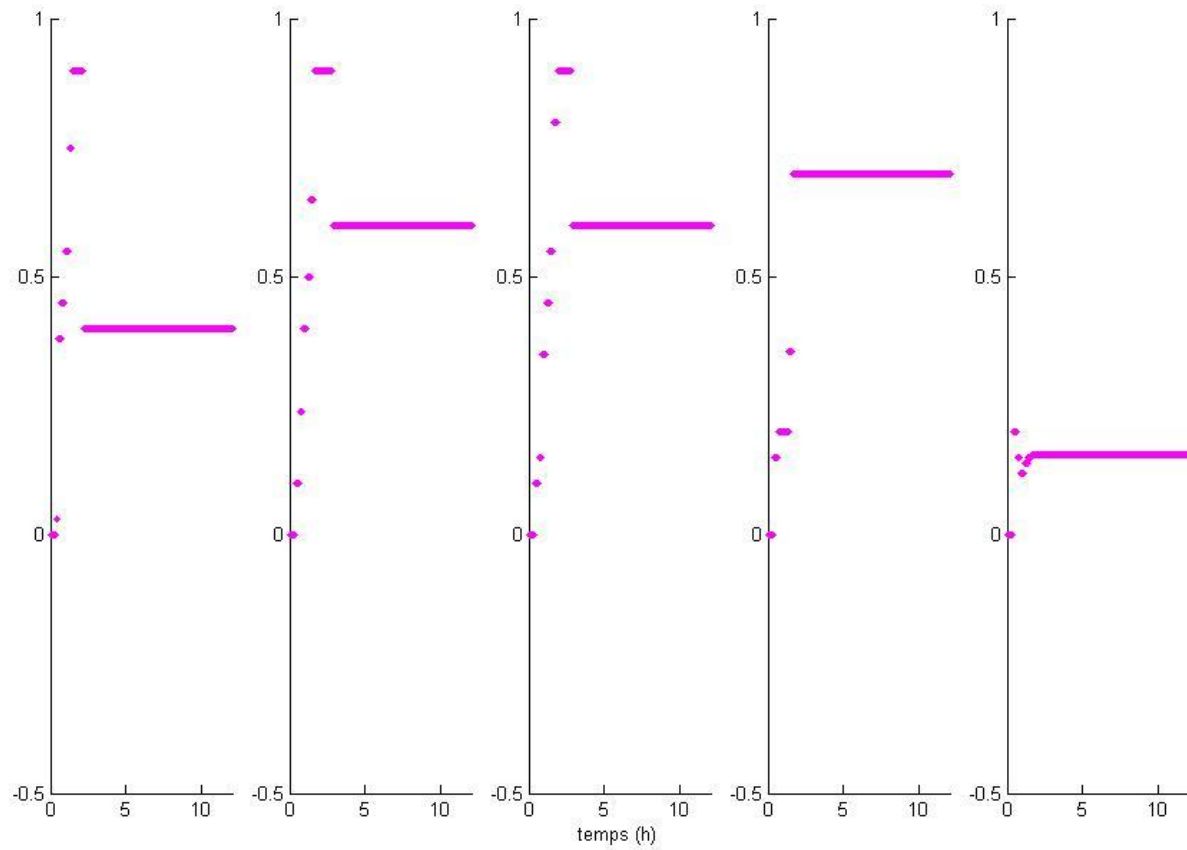
# ENGREF 2007 (u)



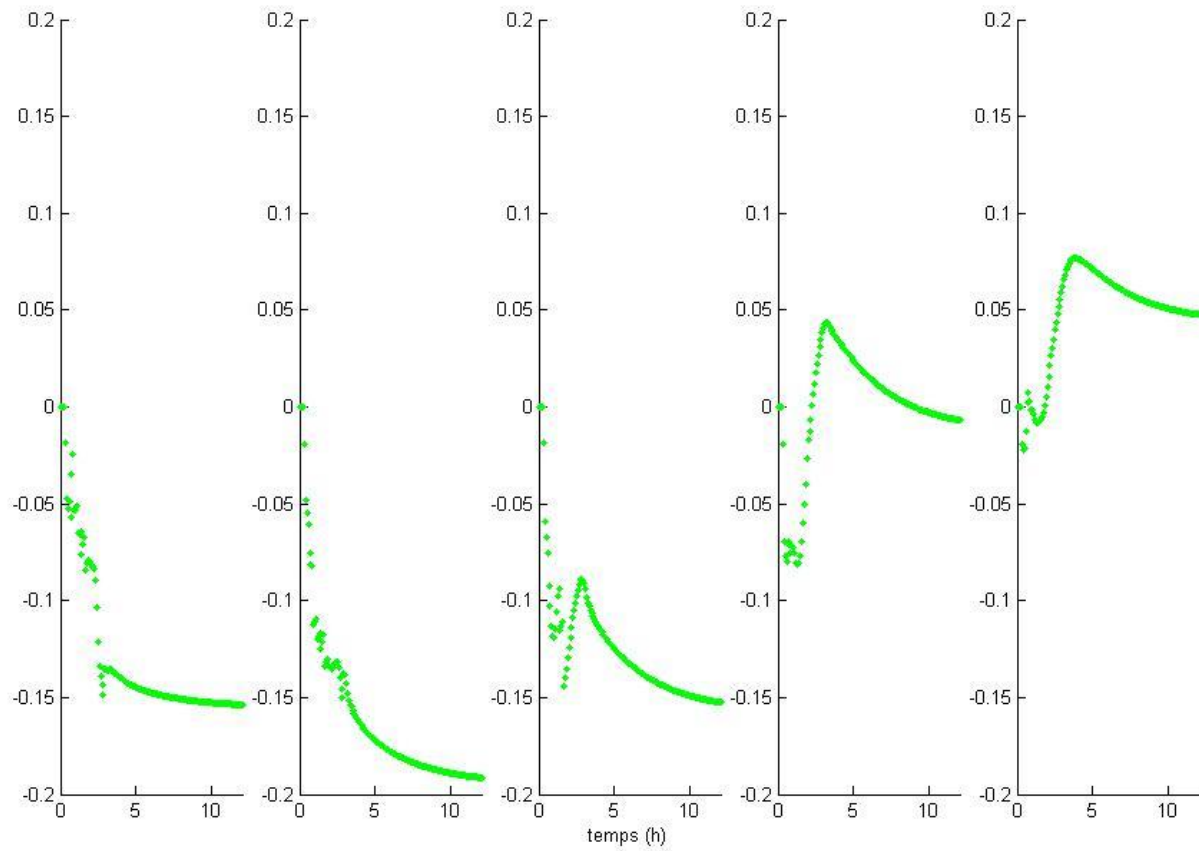
# ENGREF 2007 (y)



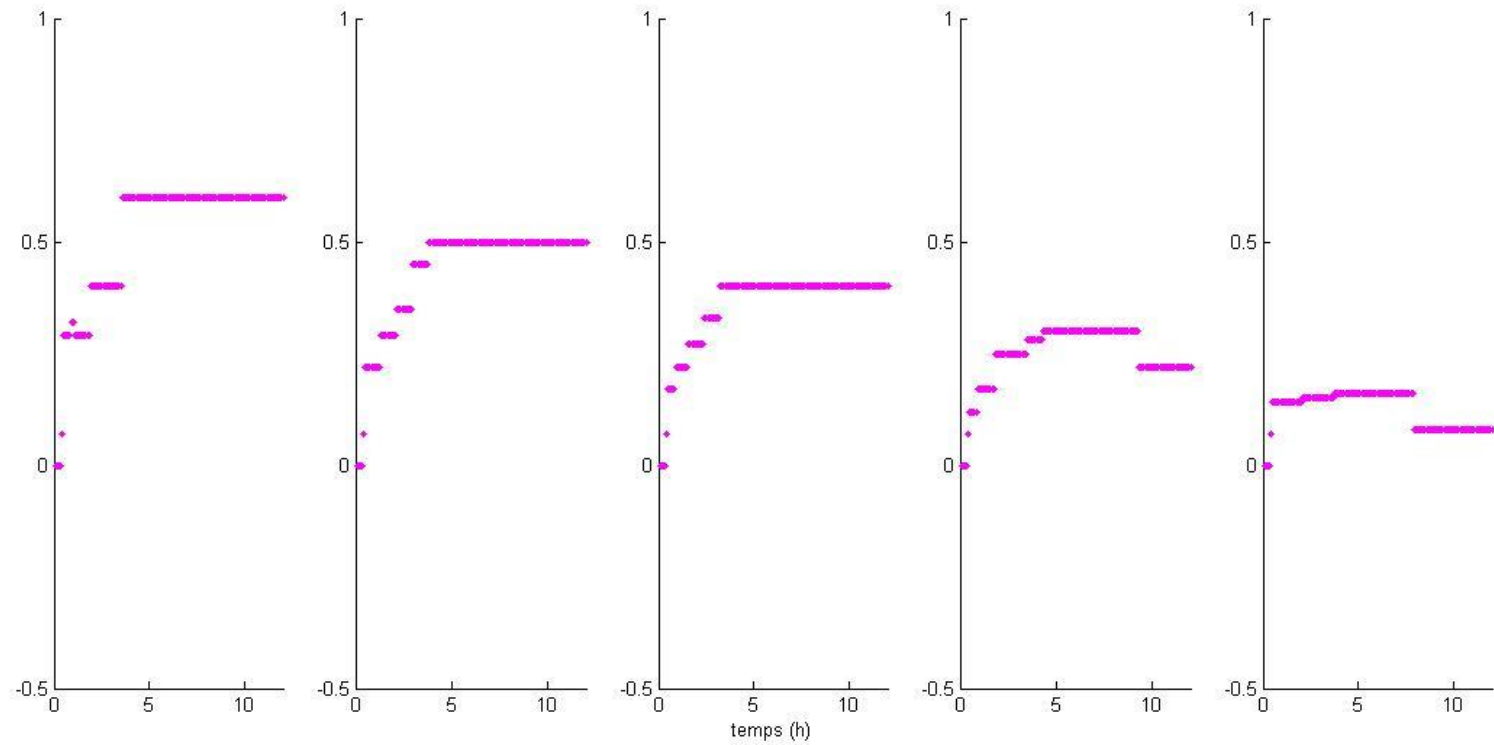
# ENSAM 2007 (u)



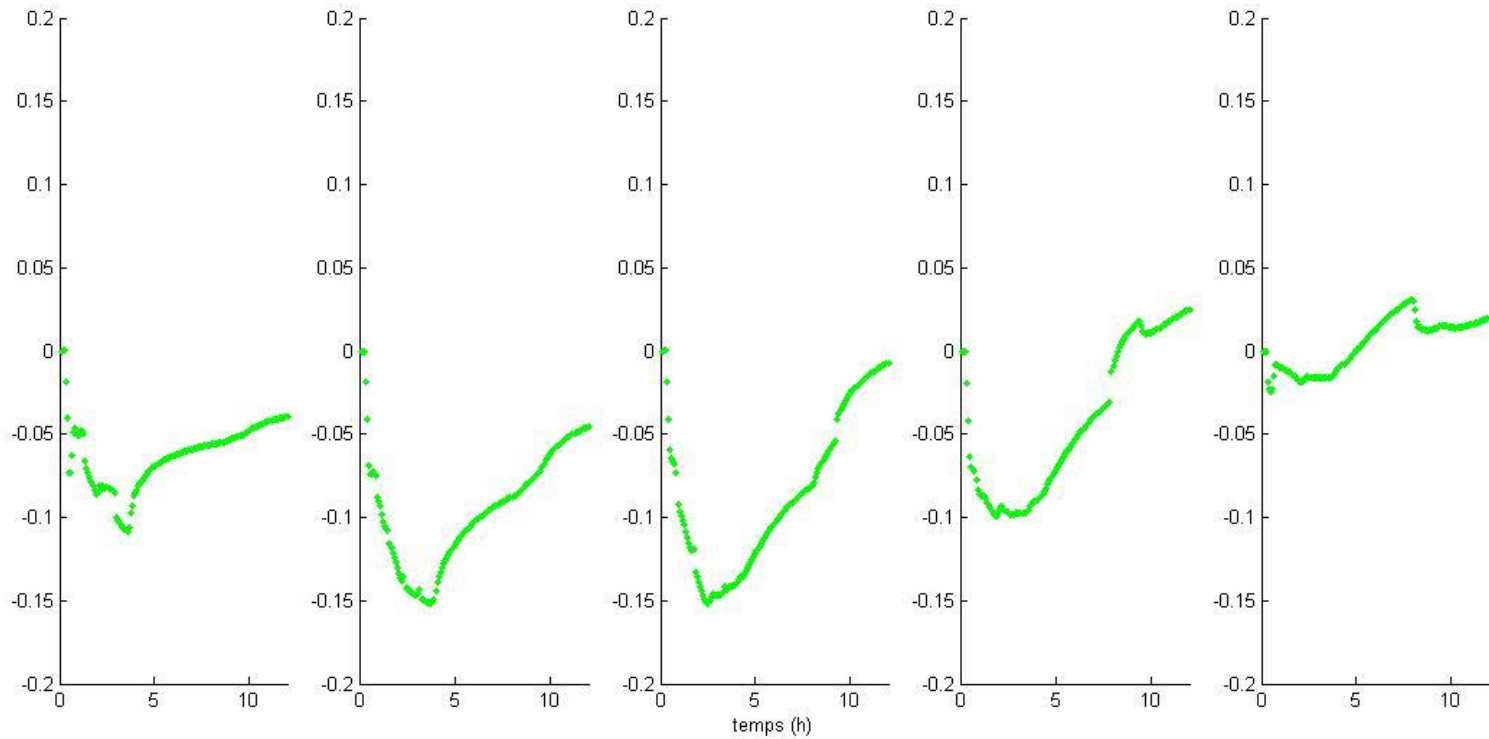
# ENSAM 2007 (y)



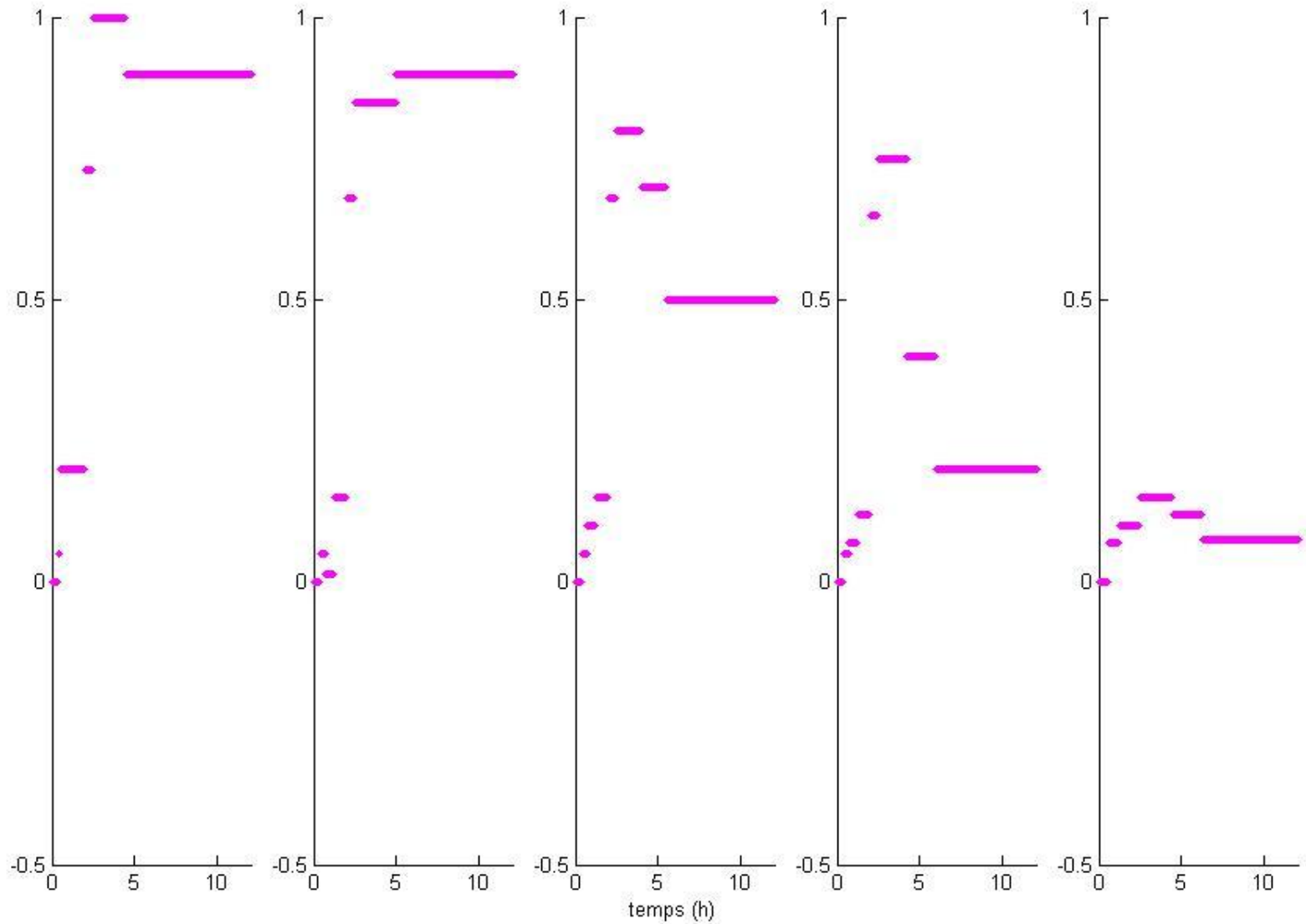
# ENSEEIH 2007 (u)



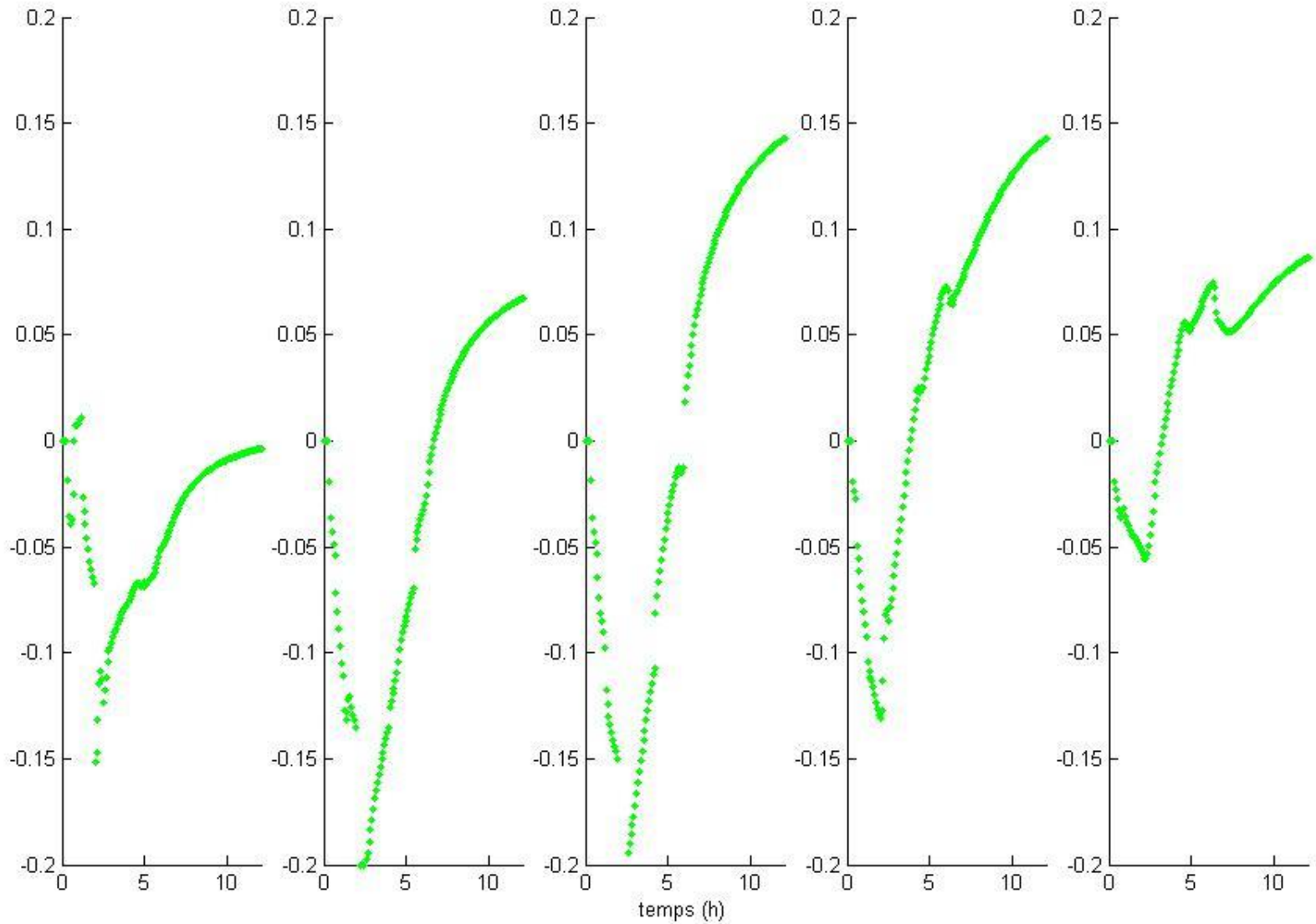
# ENSEEIH 2007 (y)



# ENGREF 2008 (u)

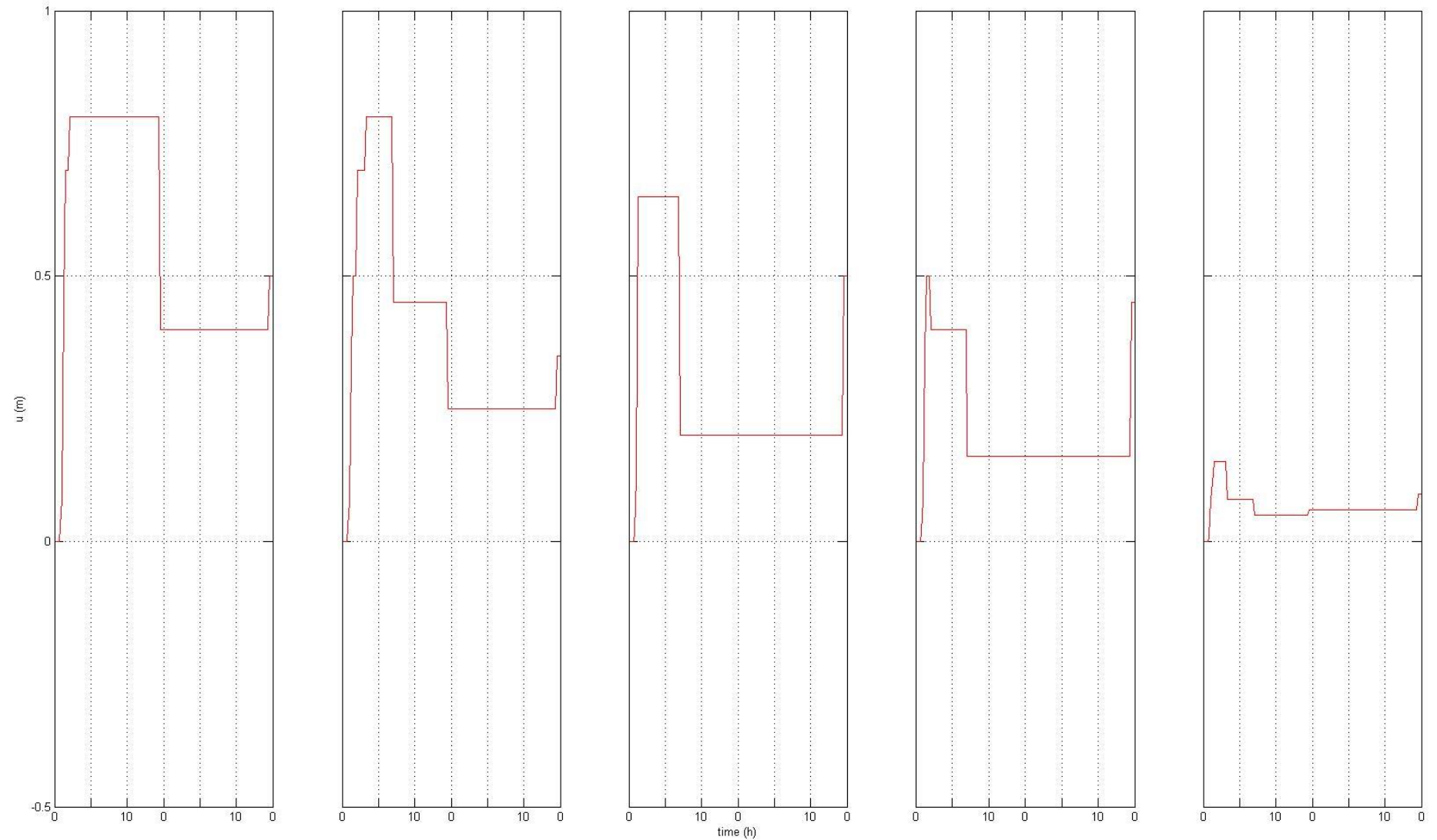


# ENGREF 2008 (y)

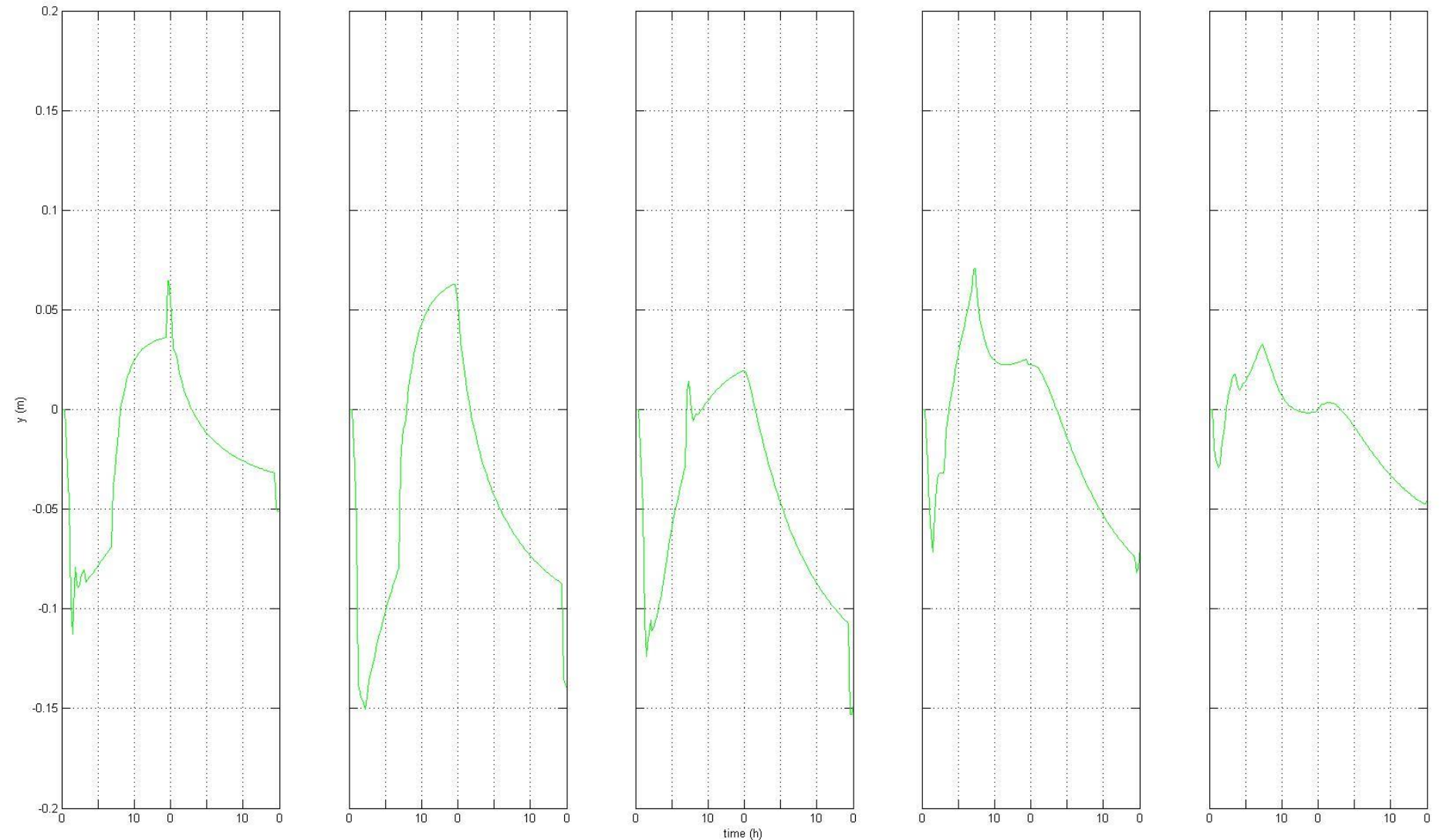




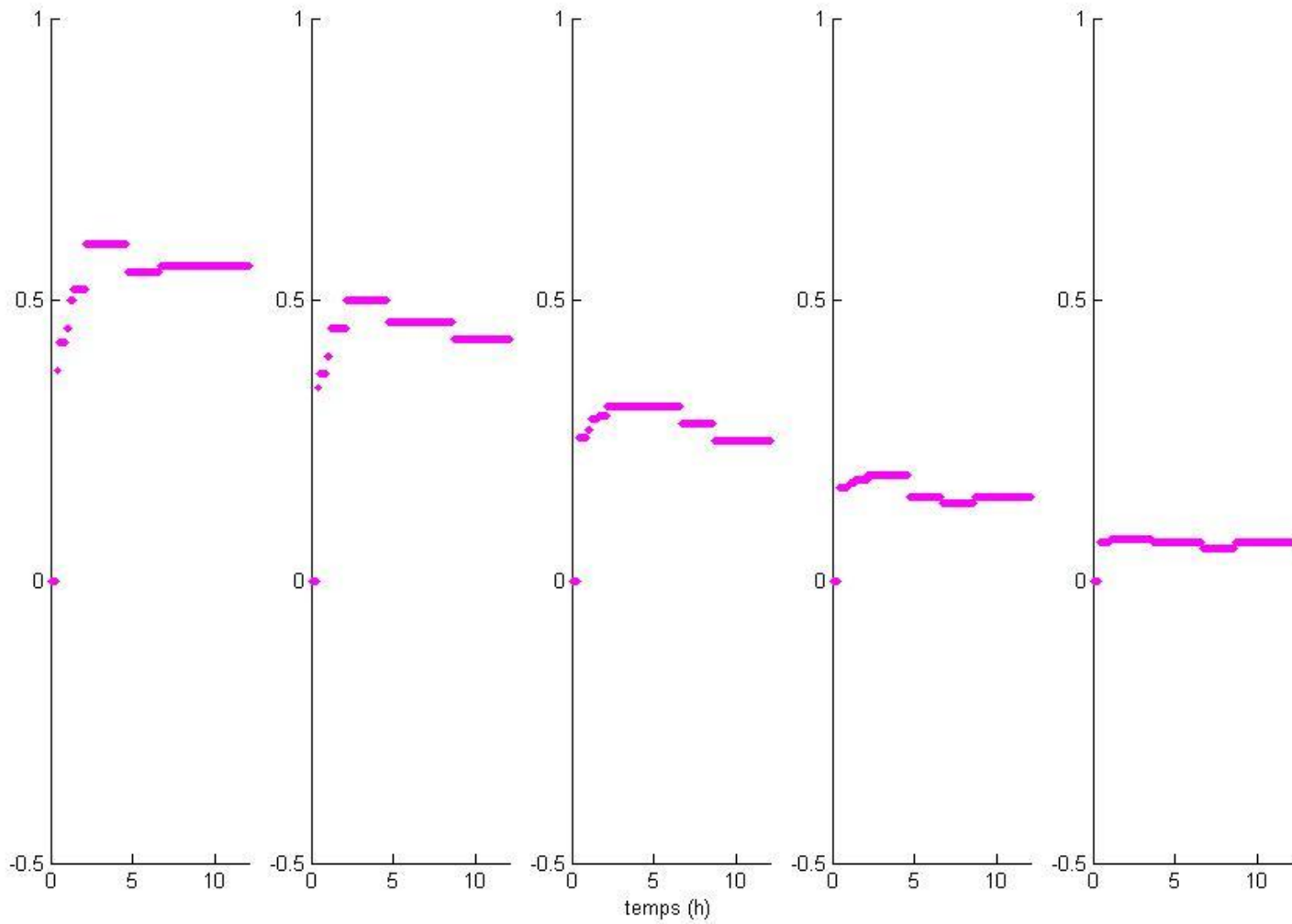
# ME 2012 (commandes u)



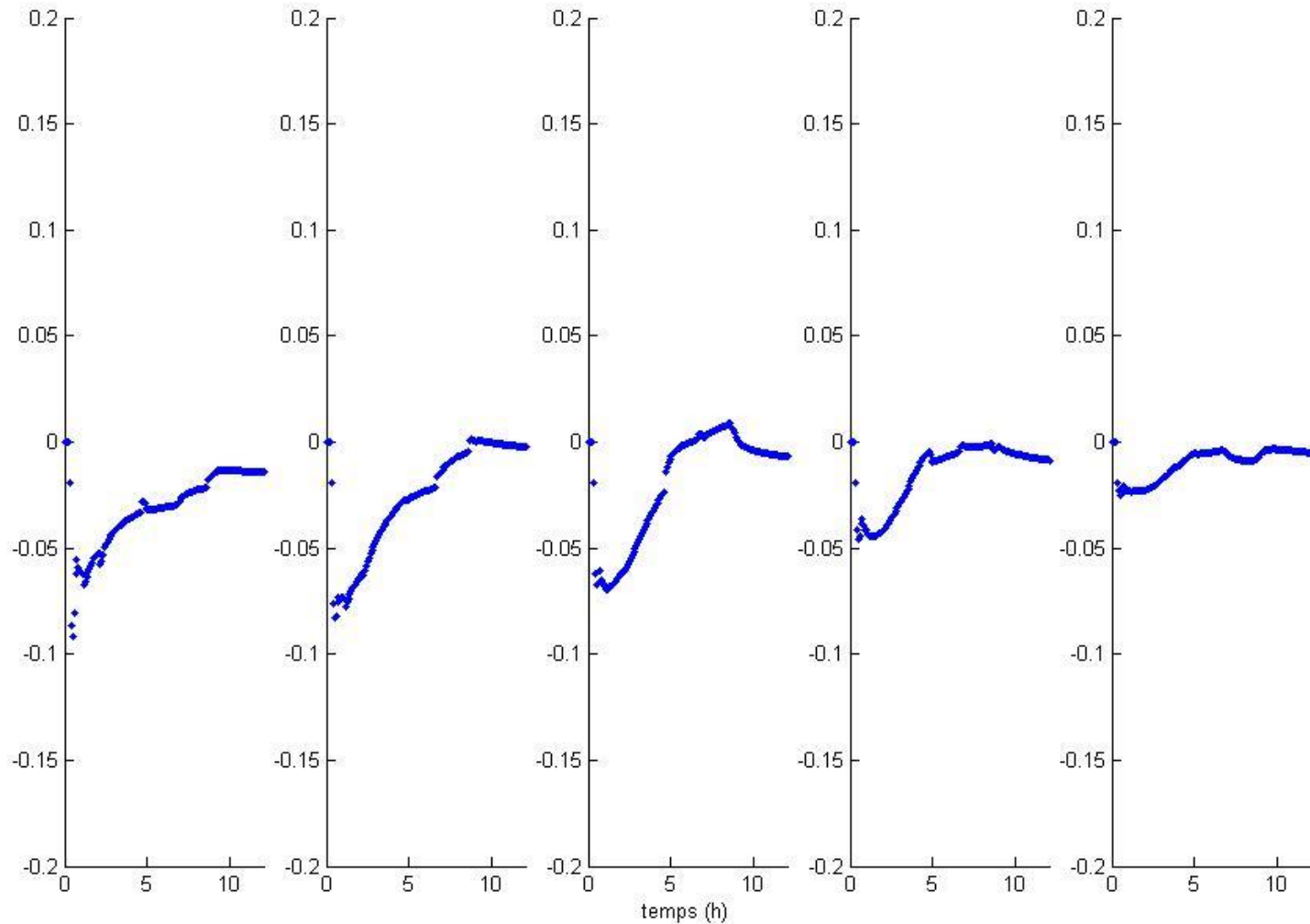
# ME 2012 (variables contrôlées $y$ )



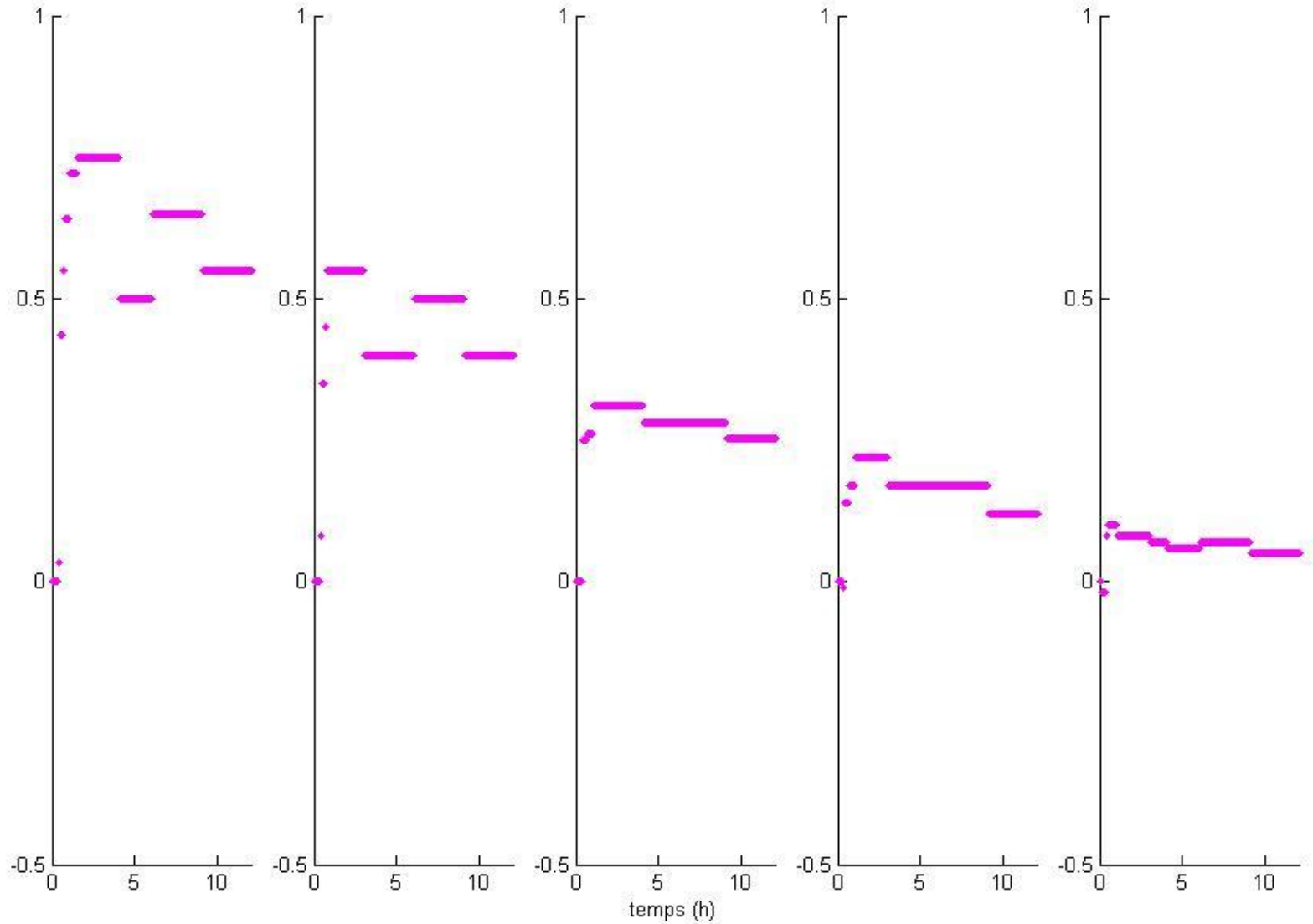
# ME 2013 (apertura u)



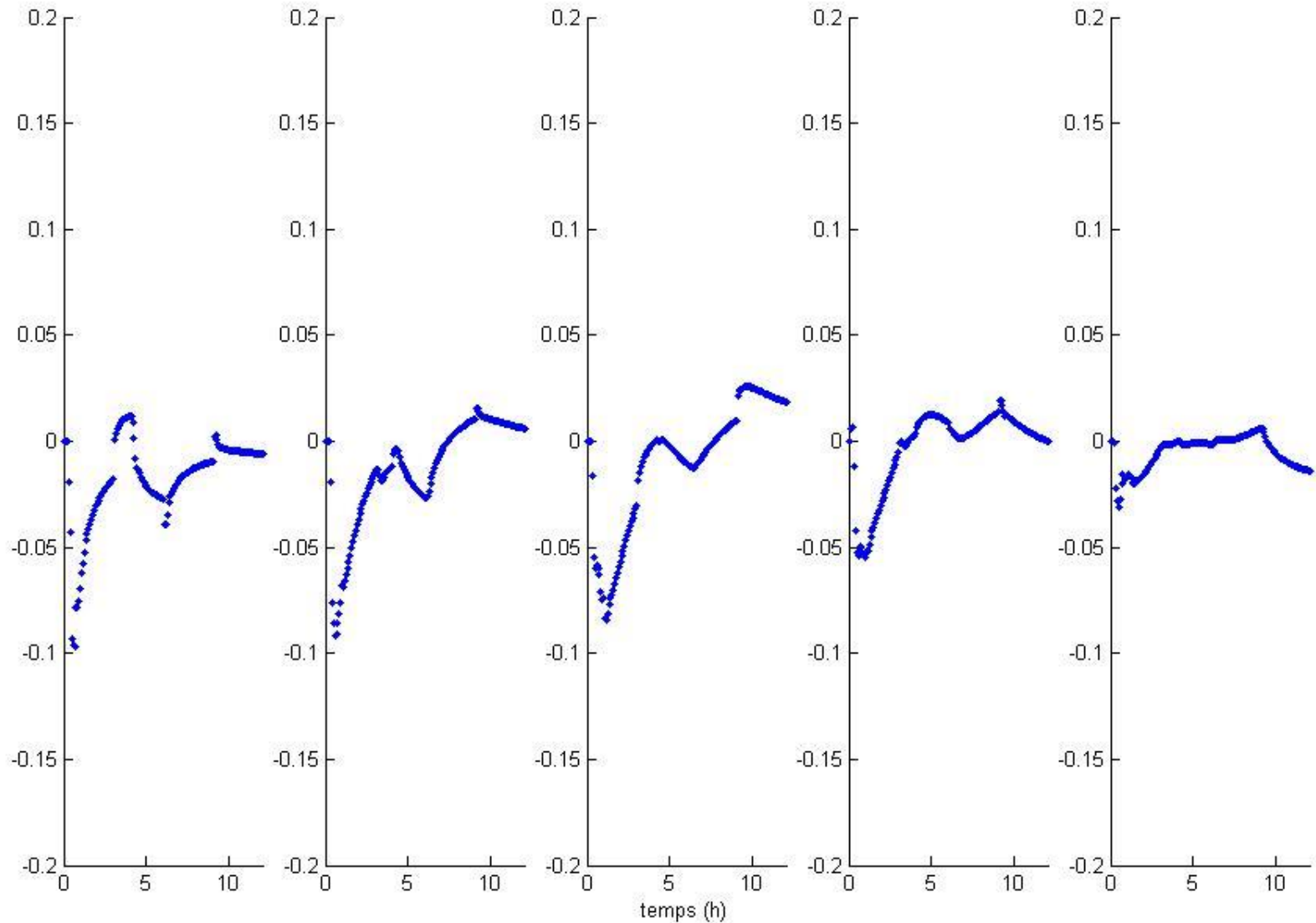
# ME 2013 (calados controlados y)



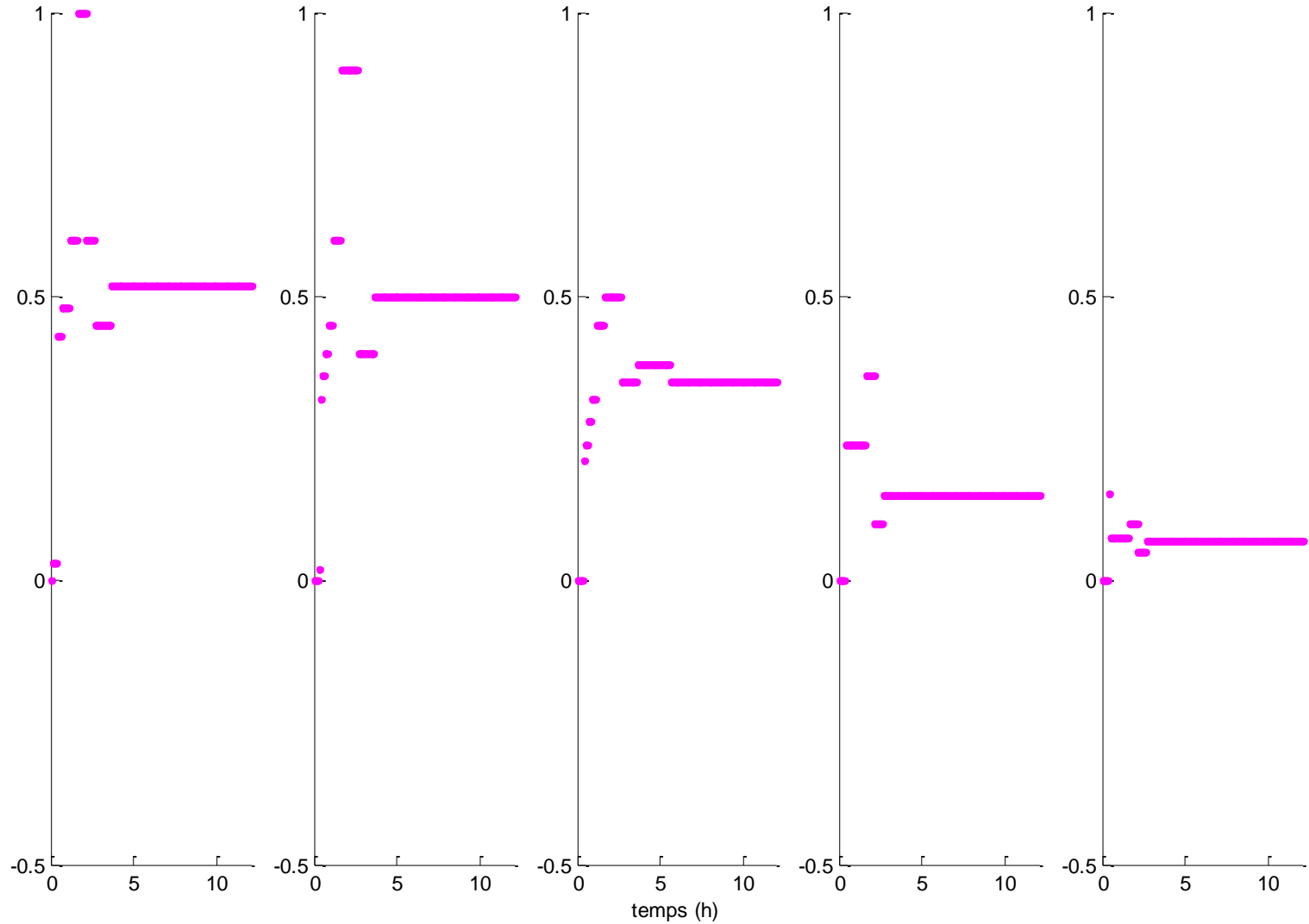
# ENSEEIH 2014 (commandes u)



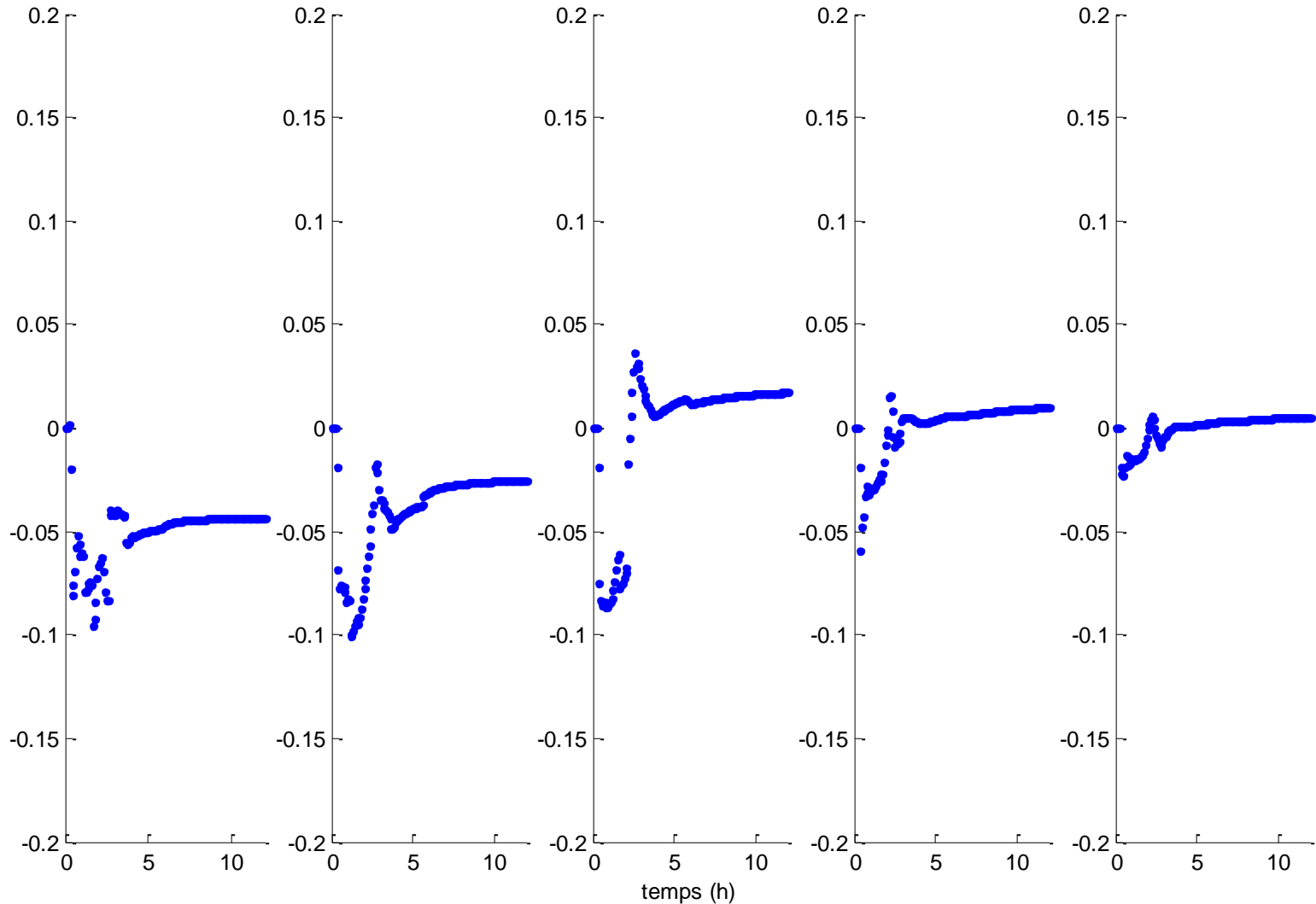
# ENSEEIHT 2014 (variables contrôlées y)



# ENSEEIH 2015 (commandes u)

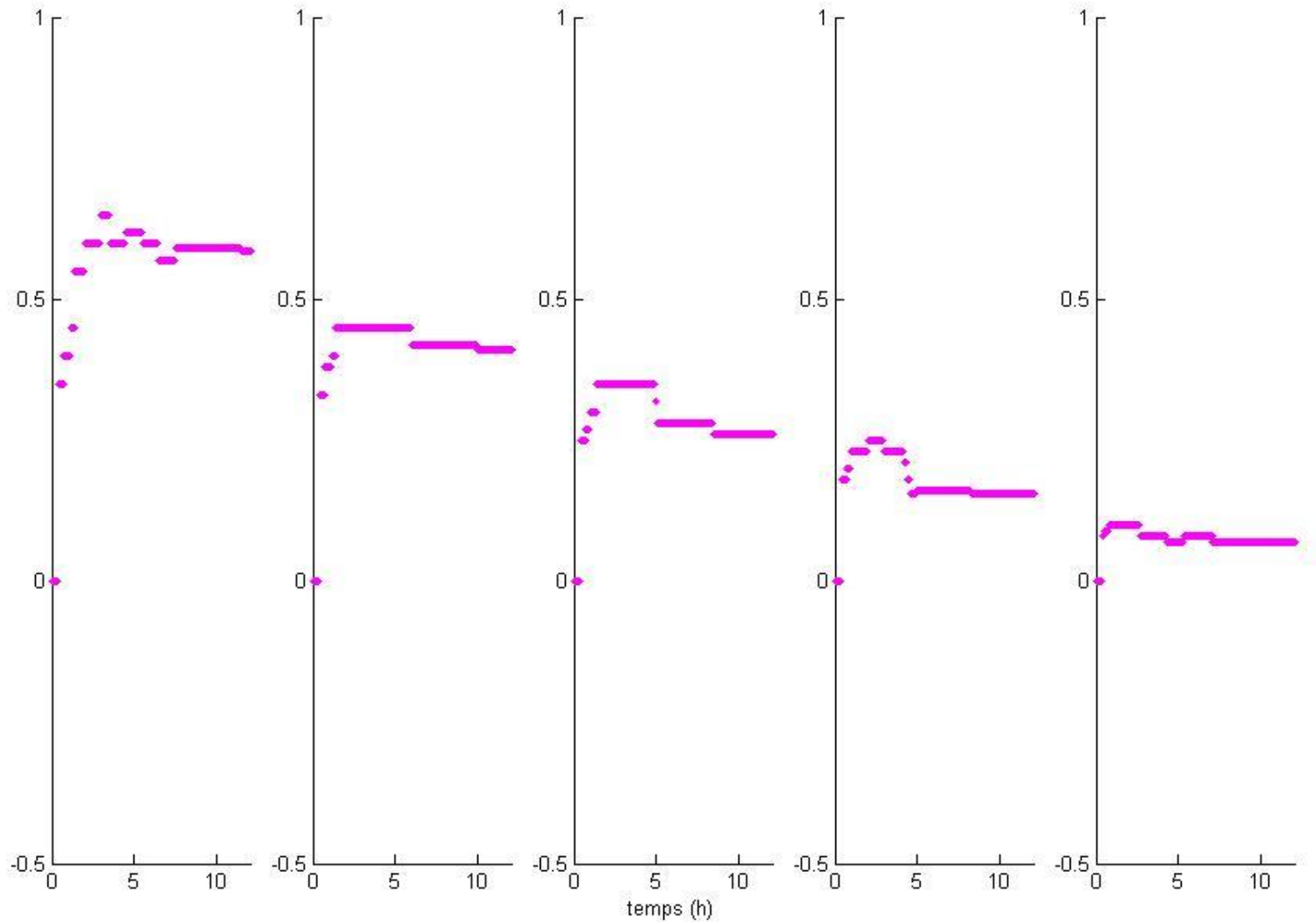


# ENSEEIHT 2015 (variables contrôlées y)

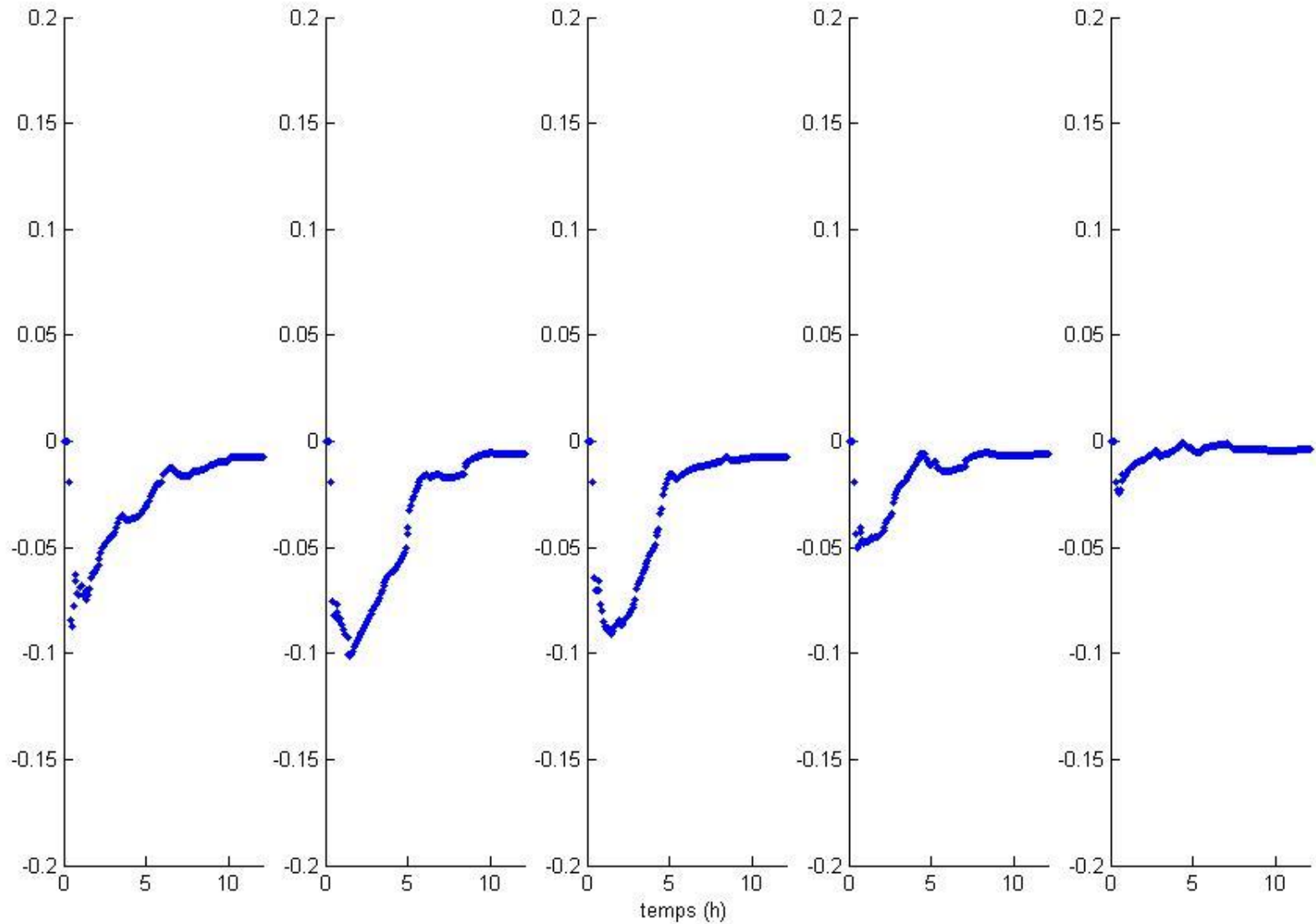




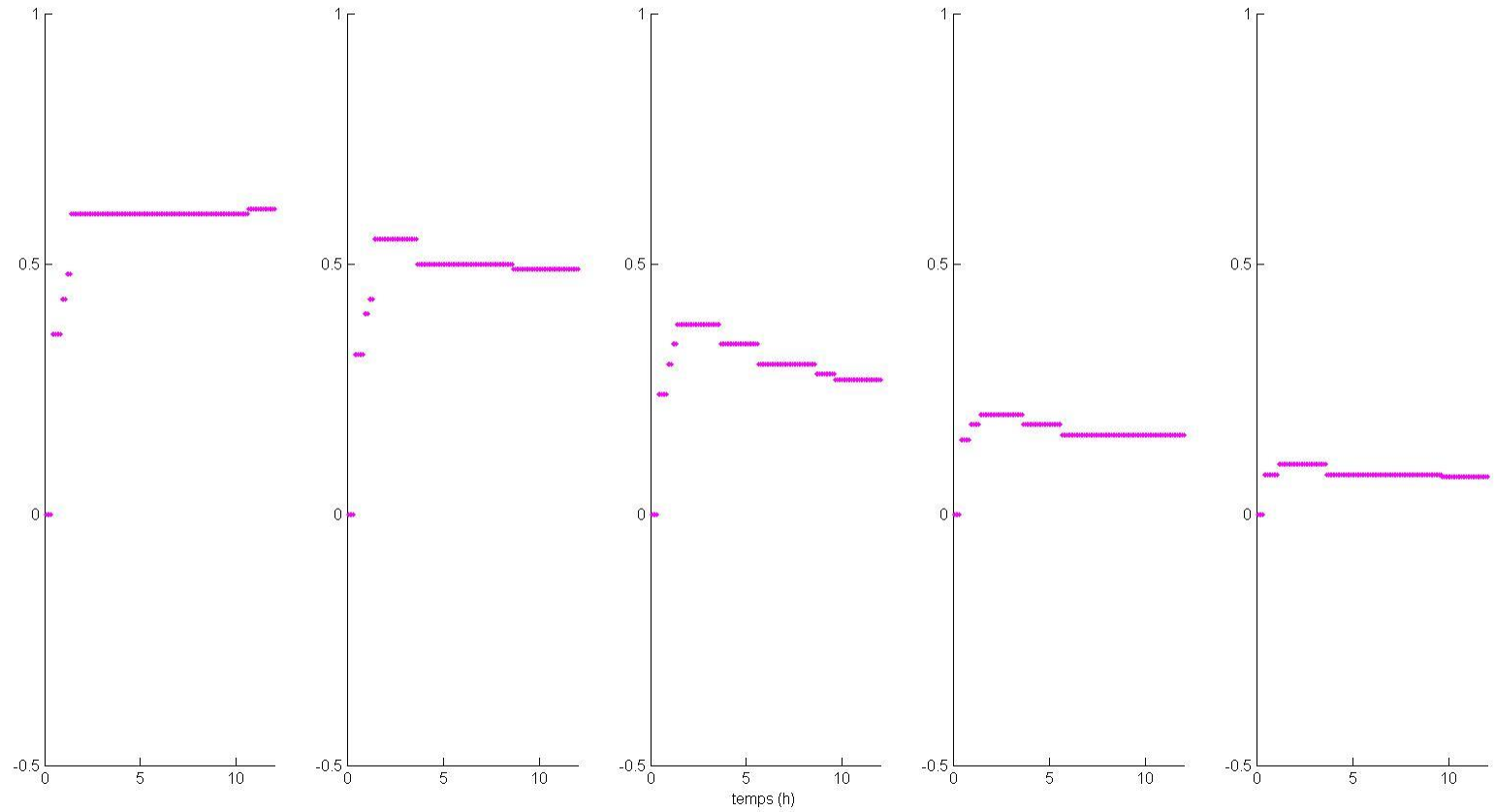
# ENSEEIH 2016 (commandes u)



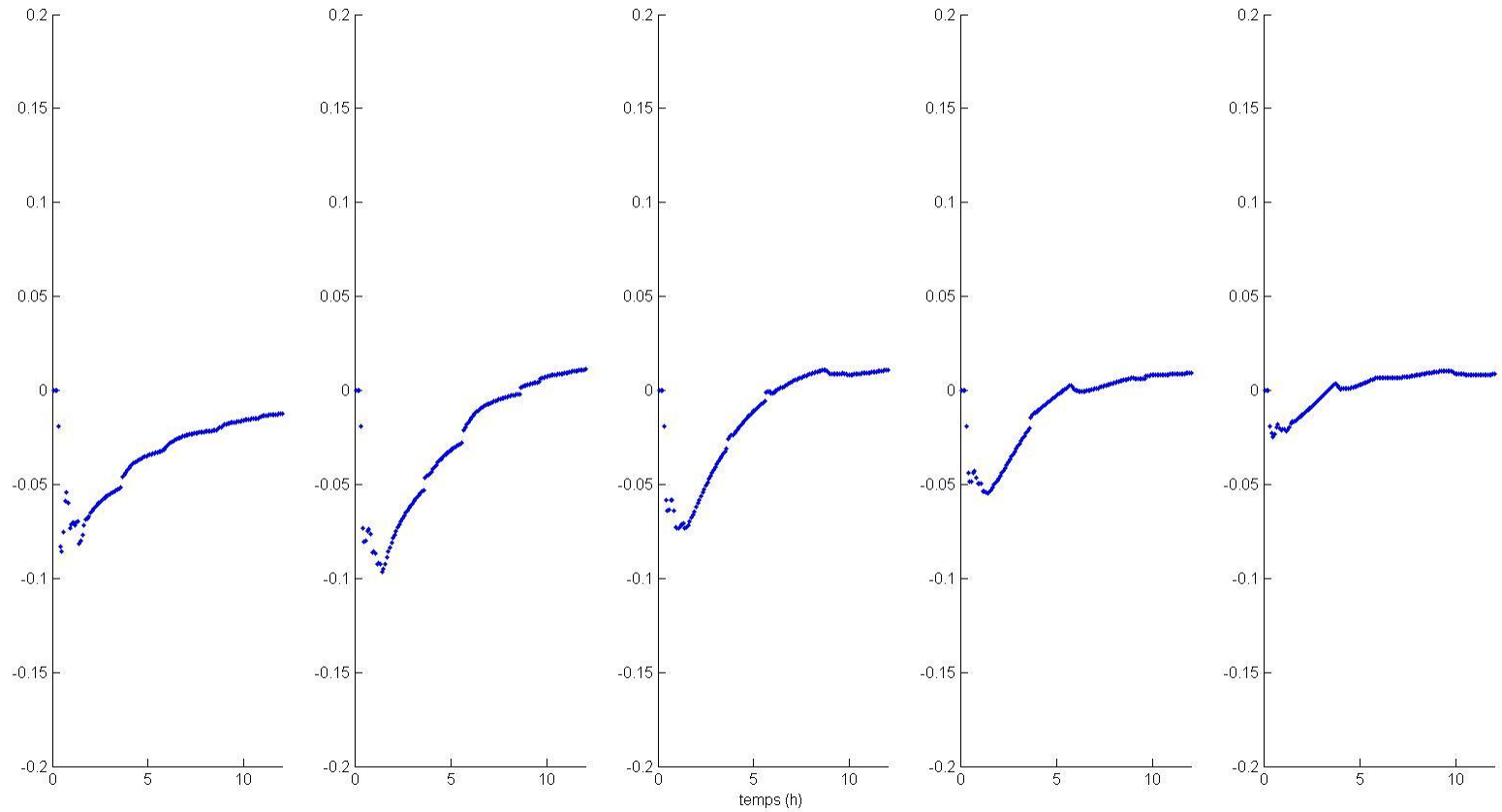
# ENSEEIHT 2016 (variables contrôlées y)



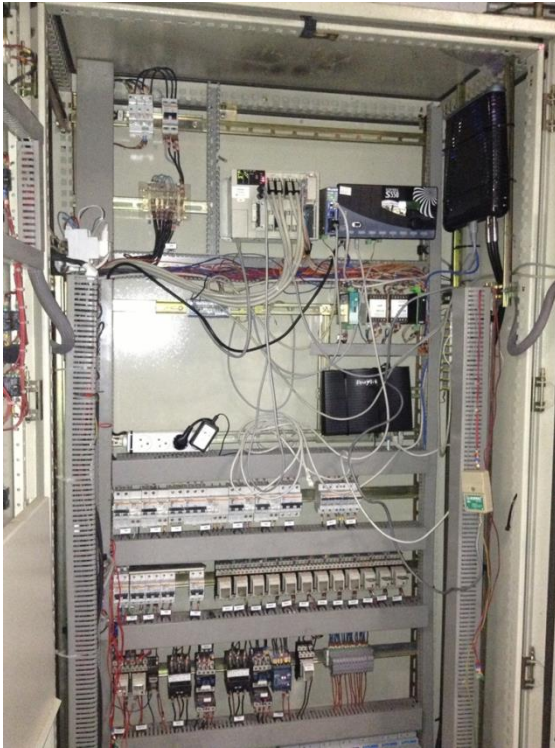
# ENSEEIH 2019 (commandes u)



# ENSEEIHT 2019 (variables contrôlées y)



# Metodos automaticos



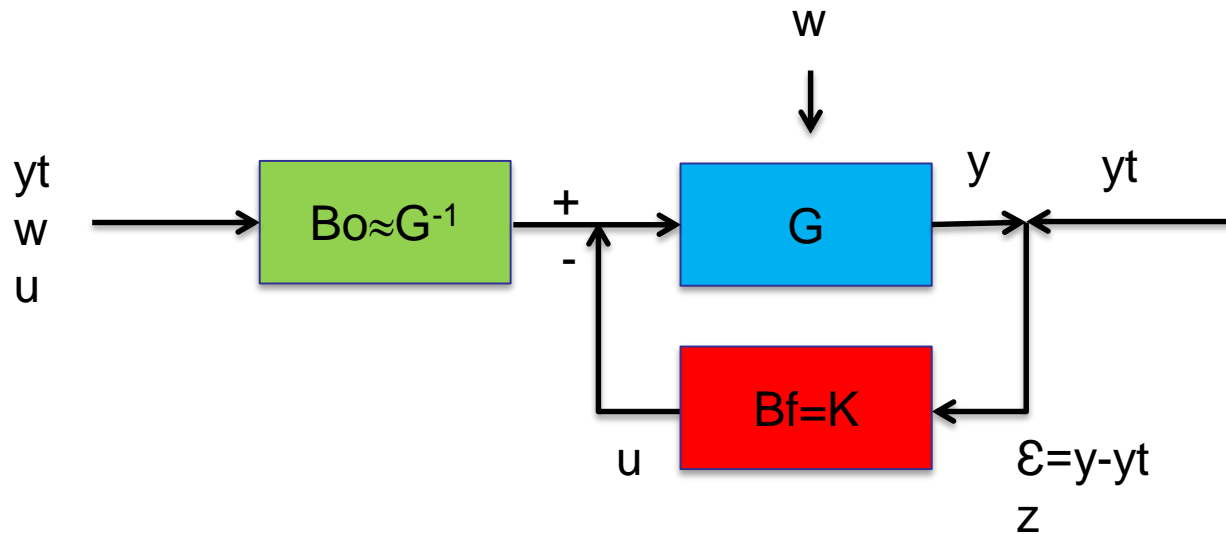
Canal de Provence



# Que principios?

- Corregir los errores en tiempo real:
  - si el nivel esta demasiado bajo, aumentar el flujo arriba → controlador proporcional al error
  - Pero si correccion demasiado larga, oscilaciones puede aparecer
  - Considerar el cumul de errores → controlador integral
  - Considerar la reaccion al cambio de apertura → derivado
- Definir la apertura en funcion del caudal pedido :
  - No anticipacion: perdemos el volumen bombado mientras el tiempo de retraso
  - La anticipacion permite evitar de perder este volumen
  - Necesidad de reportar todos los cambios abajo

# Lazo abierto & cerrado

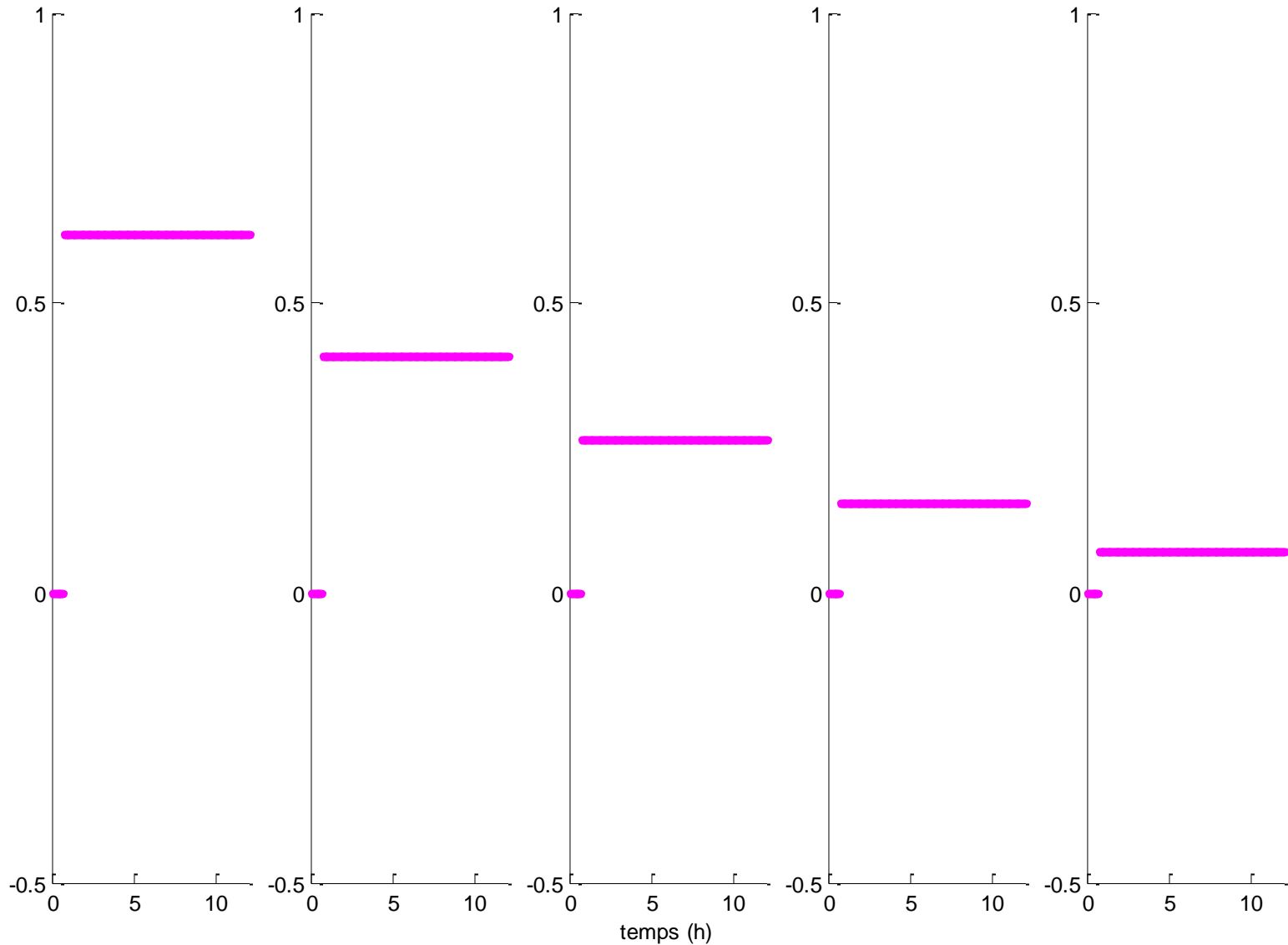


$w$ : perturbaciones (tomas no conocidas  $Q_p$ , lluvia, roba de agua...)

$u$  : acciones controladas, como aperturas, funcionamiento de las bombas

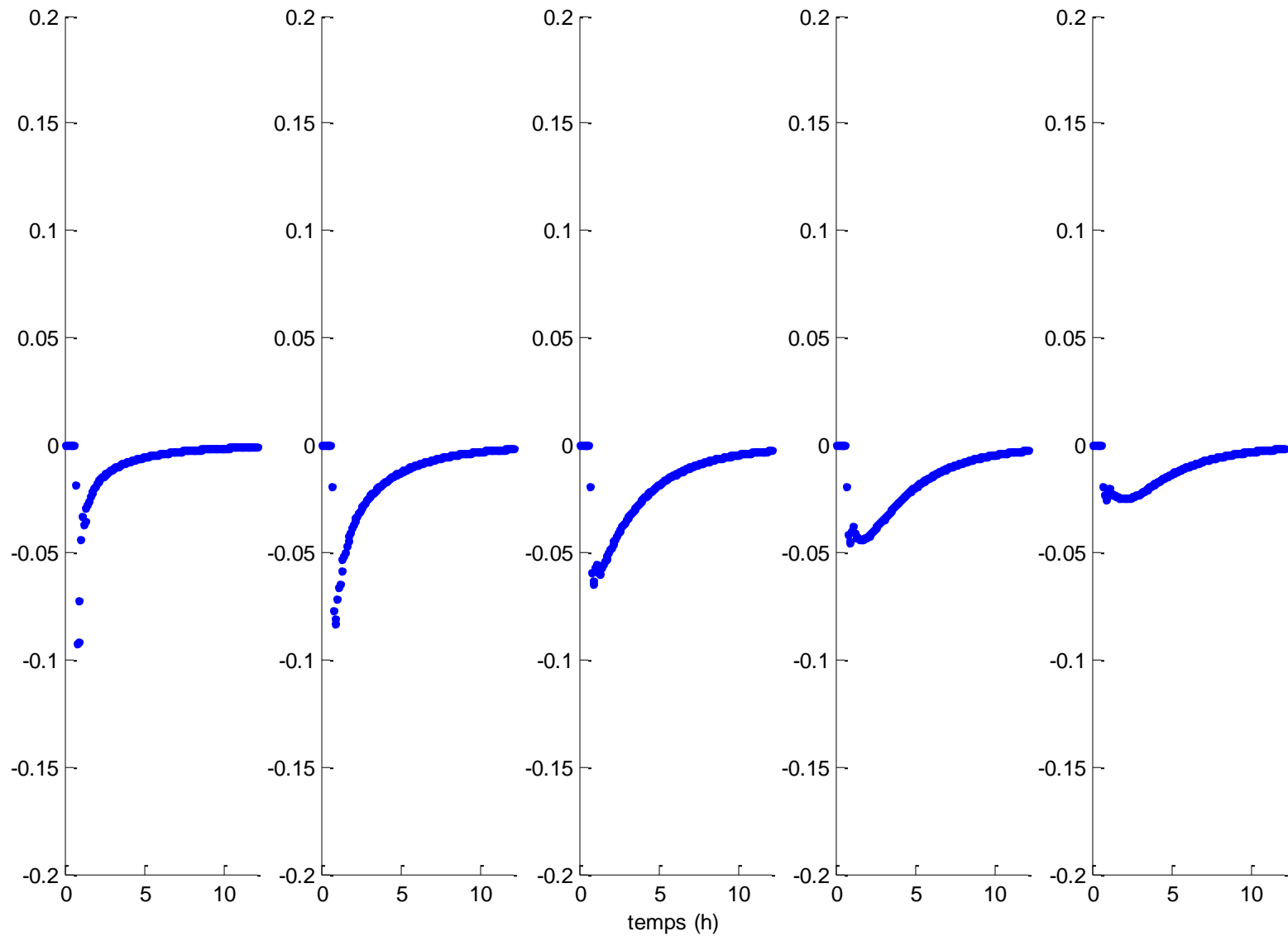
$y$  : variables controladas (calados, turbidez...), con objetivo  $y_t$

# LA sin anticipacion (u) ("BO+5")

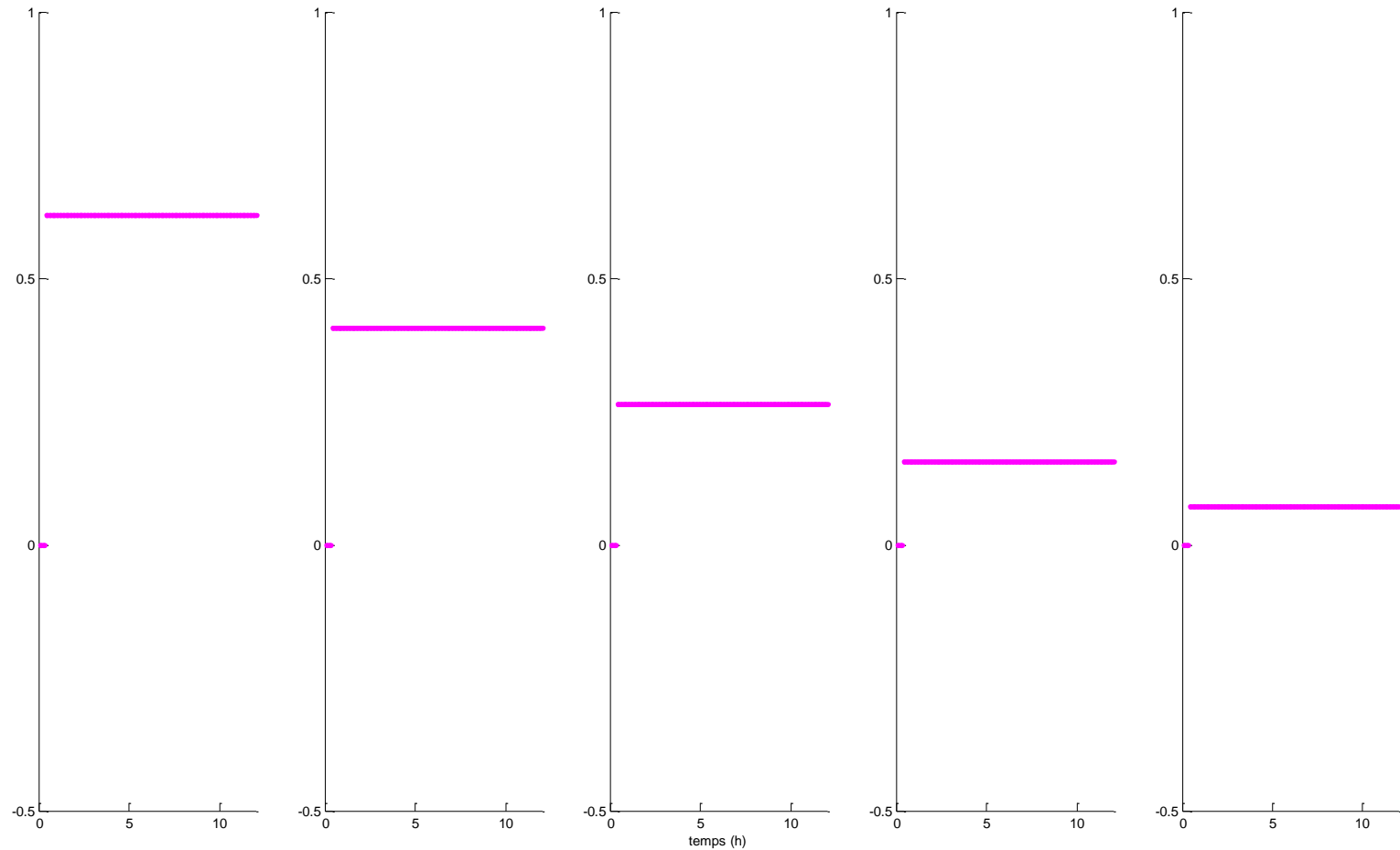




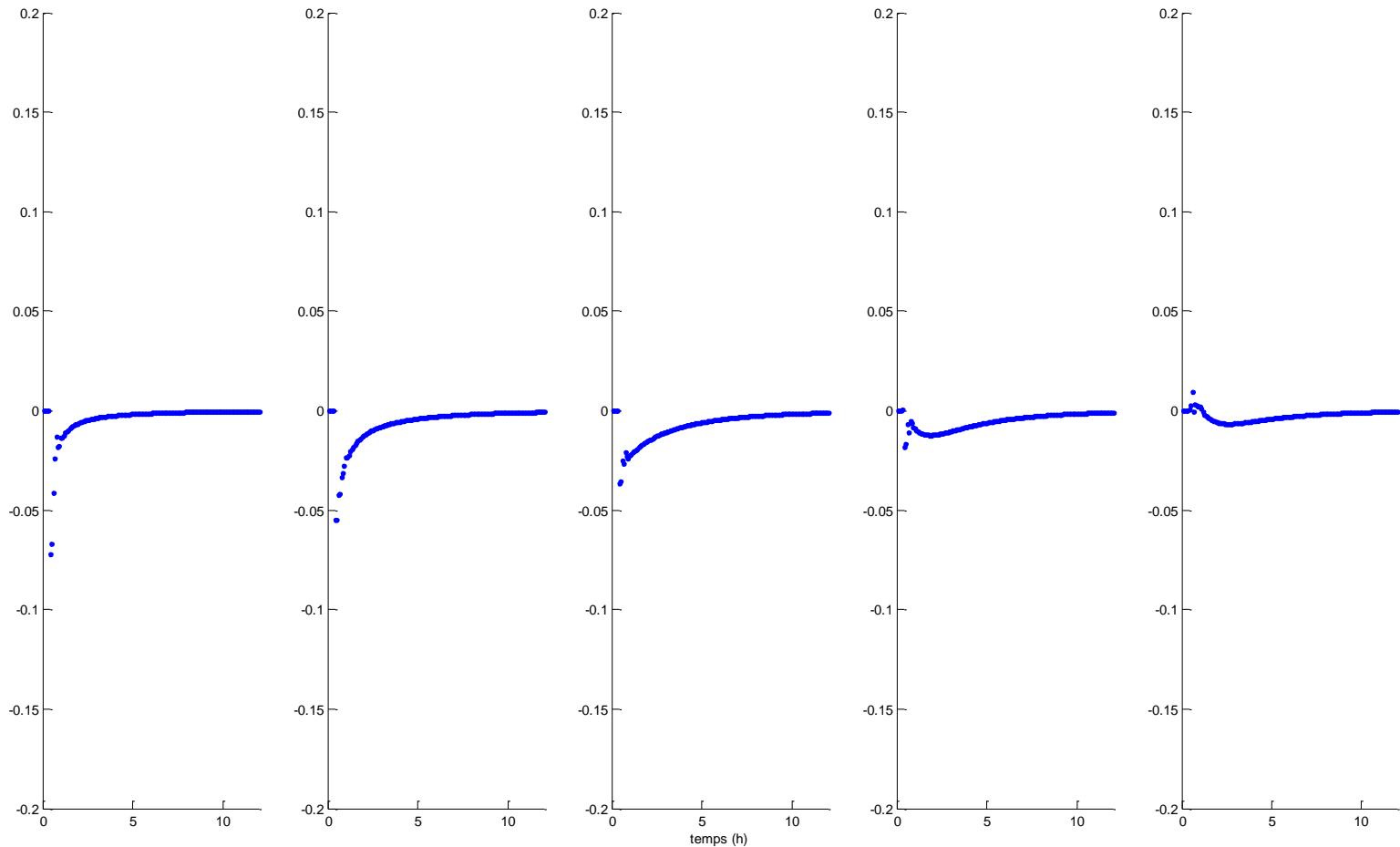
# LA sin anticipacion (y) ("BO+5")



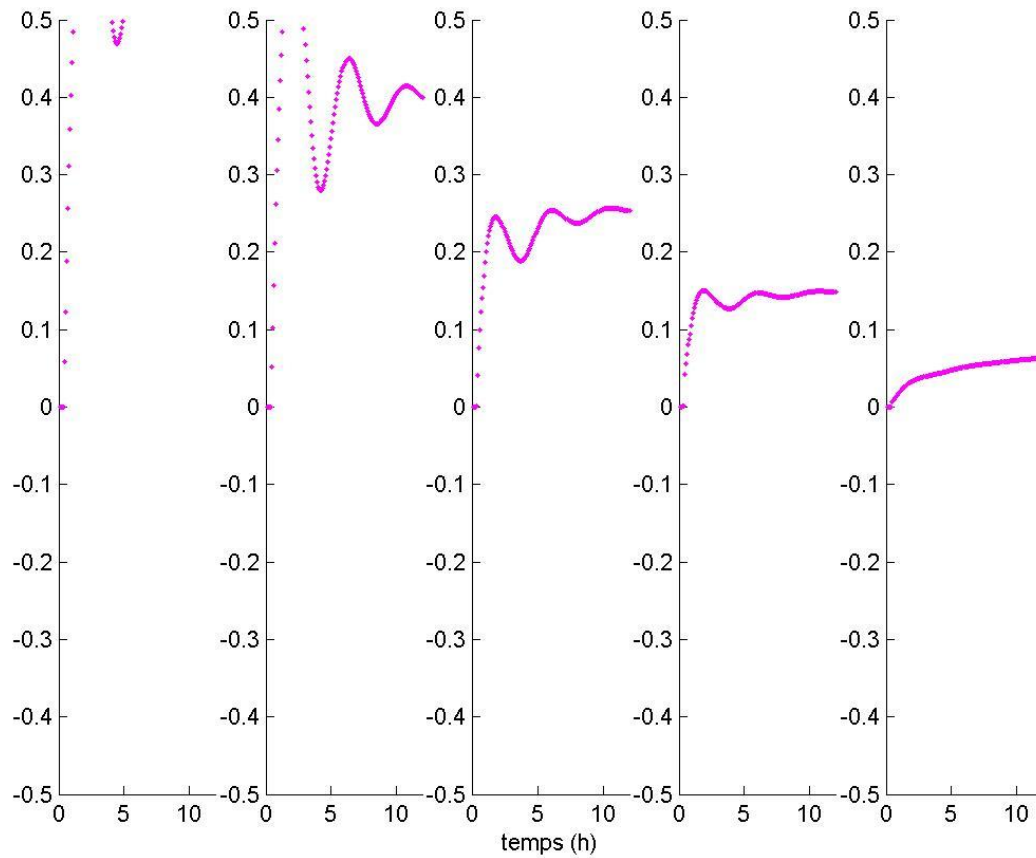
# LA con anticipacion (u) ("BO-15")



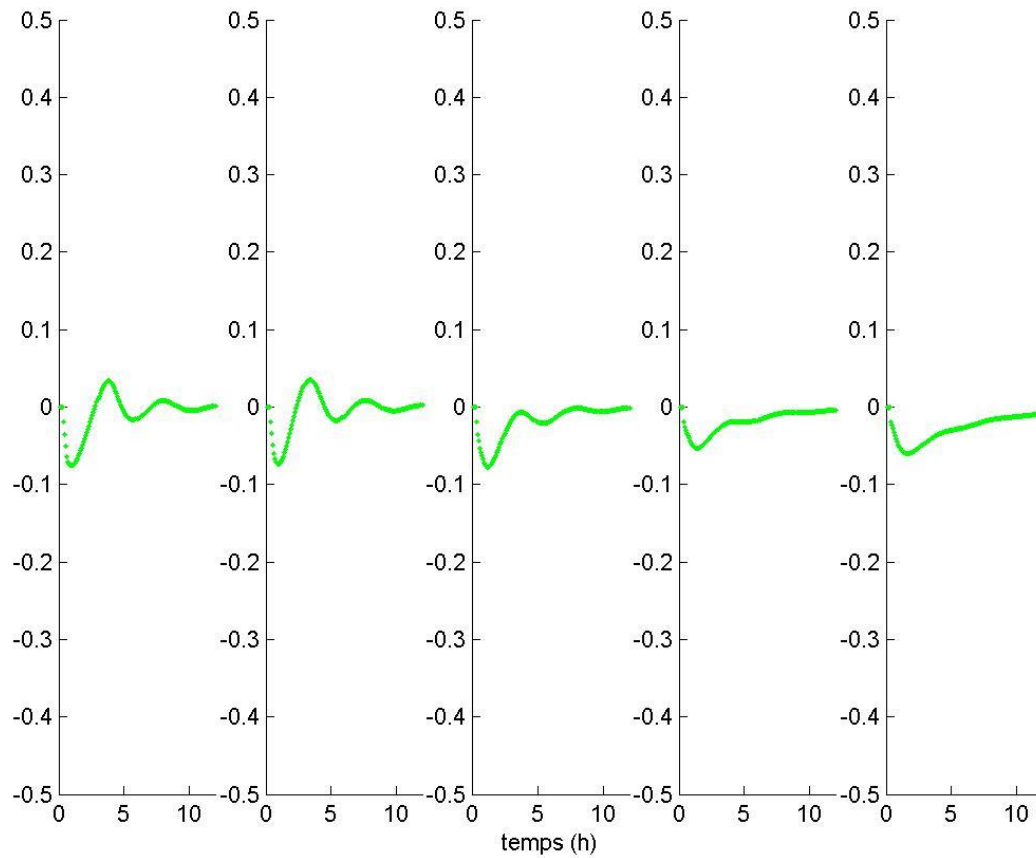
# LA con anticipacion (y) ("BO-15")



# Contrôleur PID (u)



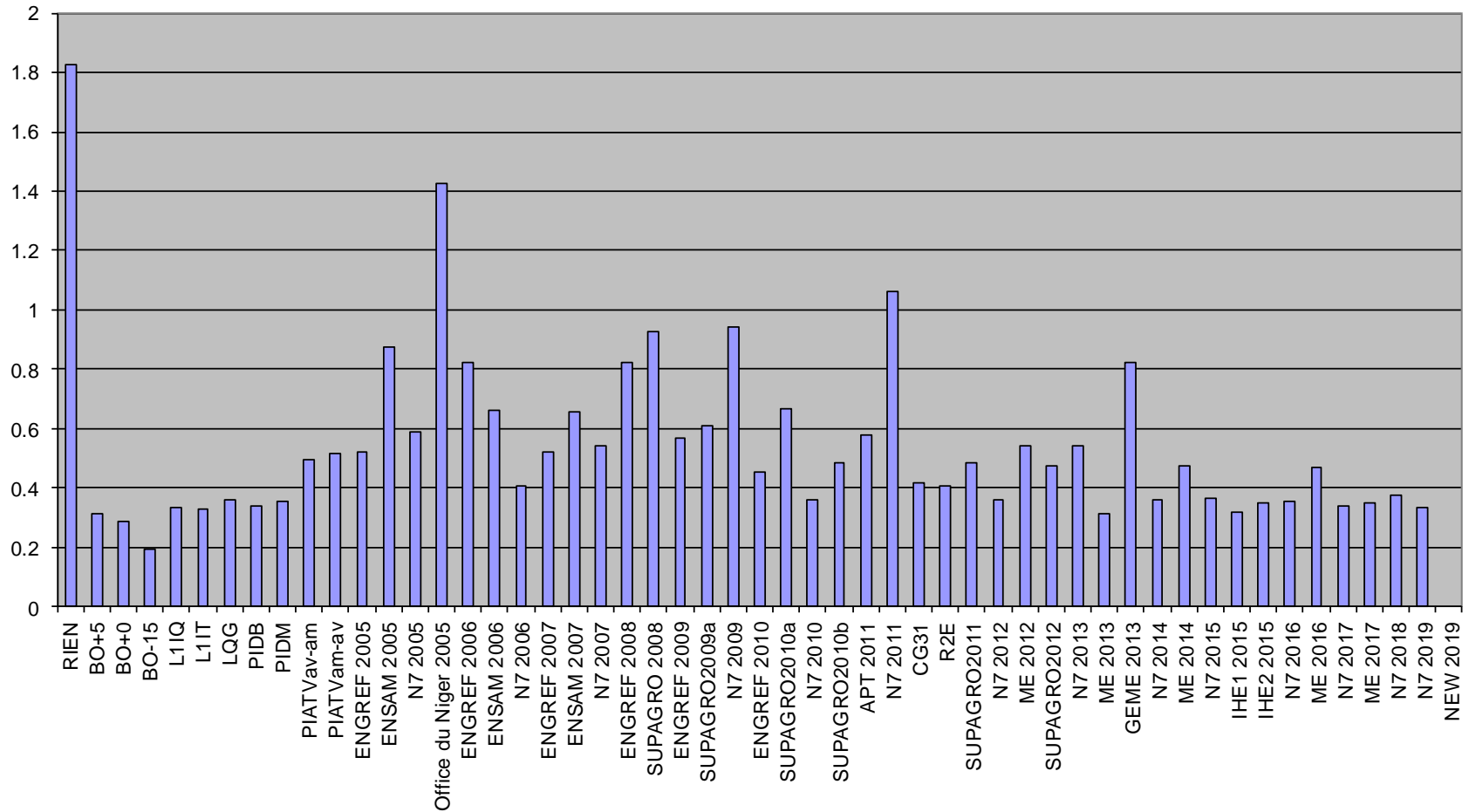
# Contrôleur PID (y)



Chronologique	Best sur z	z	Best sur u	u
'RIEN'	'-> NEW 2019'	[ 0]	'RIEN'	[ 0]
'BO+5'	'BO-15'	[0.1913]	'-> NEW 2019'	[ 0]
'BO+0'	'BO+0'	[0.2853]	'SDEA CG31 2011'	[1.3000]
'BO-15'	'BO+5'	[0.3113]	'SUPAGRO 2010b'	[1.3100]
'L1IQ'	'ME2013'	[0.3145]	'IHE 2015 G1'	[1.4780]
'L1IT'	'IHE 2015 G1'	[0.3182]	'BO+5'	[1.5150]
'LQG'	'L1IT'	[0.3306]	'BO+0'	[1.5150]
'PIDB'	'L1IQ'	[0.3348]	'BO-15'	[1.5150]
'PIDM'	'ENSEEIH 2019'	[0.3351]	'ME2013'	[1.6750]
'PIATVav-am'	'ENSEEIH 2017'	[0.3383]	'IHE 2015 G2'	[1.7650]
'PIATVam-av'	'PIDB'	[0.3399]	'APT 2011'	[1.7700]
'ENGREF 2005'	'IHE 2015 G2'	[0.3479]	'ENSEEIH 2012'	[1.7860]
'ENSAM 2005'	'ME2017'	[0.3497]	'ENSEEIH 2010'	[1.7920]
'ENSEEIH 2005'	'PIDM'	[0.3528]	'ENSEEIH 2016'	[1.8000]
'ONiger 2005'	'ENSEEIH 2016'	[0.3543]	'ENSEEIH 2019'	[1.8400]
'ENGREF 2006'	'ENSEEIH 2014'	[0.3578]	'PIDB'	[1.8864]
'ENSAM 2006'	'ENSEEIH 2012'	[0.3584]	'ENSEEIH 2014'	[1.9300]
'ENSEEIH 2006'	'LQG'	[0.3589]	'ENSEEIH 2007'	[1.9600]
'ENGREF 2007'	'ENSEEIH 2010'	[0.3621]	'L1IT'	[2.0882]
'ENSAM 2007'	'ENSEEIH 2015'	[0.3655]	'ENSEEIH 2018'	[2.1040]
'ENSEEIH 2007'	'ENSEEIH 2018'	[0.3747]	'L1IQ'	[2.1280]
'ENGREF 2008'	'R2E 2011'	[0.4082]	'ENGREF 2006'	[2.1700]
'SUPAGRO 2008'	'ENSEEIH 2006'	[0.4093]	'ENGREF 2010'	[2.2100]
'ENGREF 2009'	'SDEA CG31 2011'	[0.4152]	'LQG'	[2.2969]
'SUPAGRO 2009'	'ENGREF 2010'	[0.4539]	'SUPAGRO 2012'	[2.3800]
'ENSEEIH 2009'	'ME2016'	[0.4716]	'SUPAGRO 2011'	[2.4000]
'ENGREF 2010'	'ME2014'	[0.4758]	'ENGREF 2005'	[2.4900]
'SUPAGRO 2010a'	'SUPAGRO 2012'	[0.4769]	'ENSEEIH 2017'	[2.5000]
'ENSEEIH 2010'	'SUPAGRO 2010b'	[0.4837]	'ME2017'	[2.5100]
'SUPAGRO 2010b'	'SUPAGRO 2011'	[0.4857]	'ENGREF 2007'	[2.5500]
'APT 2011'	'PIATVav-am'	[0.4974]	'PIDM'	[2.5763]
'ENSEEIH 2011'	'PIATVam-av'	[0.5178]	'PIATVav-am'	[2.7237]
'SDEA CG31 2011'	'ENGREF 2005'	[0.5213]	'ME2016'	[2.8720]
'R2E 2011'	'ENGREF 2007'	[0.5235]	'PIATVam-av'	[2.8733]
'SUPAGRO 2011'	'ENSEEIH 2013'	[0.5408]	'ENGREF 2009'	[2.9000]
'ENSEEIH 2012'	'ENSEEIH 2007'	[0.5423]	'ME2012'	[2.9000]
'ME2012'	'ME2012'	[0.5446]	'ENSEEIH 2015'	[2.9120]
'SUPAGRO 2012'	'ENGREF 2009'	[0.5695]	'ENSEEIH 2006'	[2.9700]
'ENSEEIH 2013'	'APT 2011'	[0.5769]	'ME2014'	[3.0900]
'ME2013'	'ENSEEIH 2005'	[0.5901]	'ENGREF 2008'	[3.6000]
'GEME2013'	'SUPAGRO 2009'	[0.6072]	'ENSAM 2007'	[3.6000]
'ENSEEIH 2014'	'ENSAM 2007'	[0.6554]	'SUPAGRO 2010a'	[3.7000]
'ME2014'	'ENSAM 2006'	[0.6640]	'ENSEEIH 2005'	[3.7700]
'ENSEEIH 2015'	'SUPAGRO 2010a'	[0.6681]	'ENSEEIH 2013'	[3.8000]
'IHE 2015 G1'	'ENGREF 2008'	[0.8207]	'ENSEEIH 2011'	[3.9900]
'IHE 2015 G2'	'ENGREF 2006'	[0.8208]	'ENSAM 2005'	[4.1914]
'ENSEEIH 2016'	'GEME2013'	[0.8210]	'SUPAGRO 2008'	[4.2300]
'ME2016'	'ENSAM 2005'	[0.8725]	'SUPAGRO 2009'	[4.4000]
'ENSEEIH 2017'	'SUPAGRO 2008'	[0.9282]	'R2E 2011'	[4.4800]
'ME2017'	'ENSEEIH 2009'	[0.9414]	'ENSAM 2006'	[4.4900]
'ENSEEIH 2018'	'ENSEEIH 2011'	[1.0623]	'GEME2013'	[4.5000]
'ENSEEIH 2019'	'ONiger 2005'	[1.4245]	'ENSEEIH 2009'	[5.2414]
'-> NEW 2019'	'RIEN'	[1.8243]	'ONiger 2005'	[8.0354]

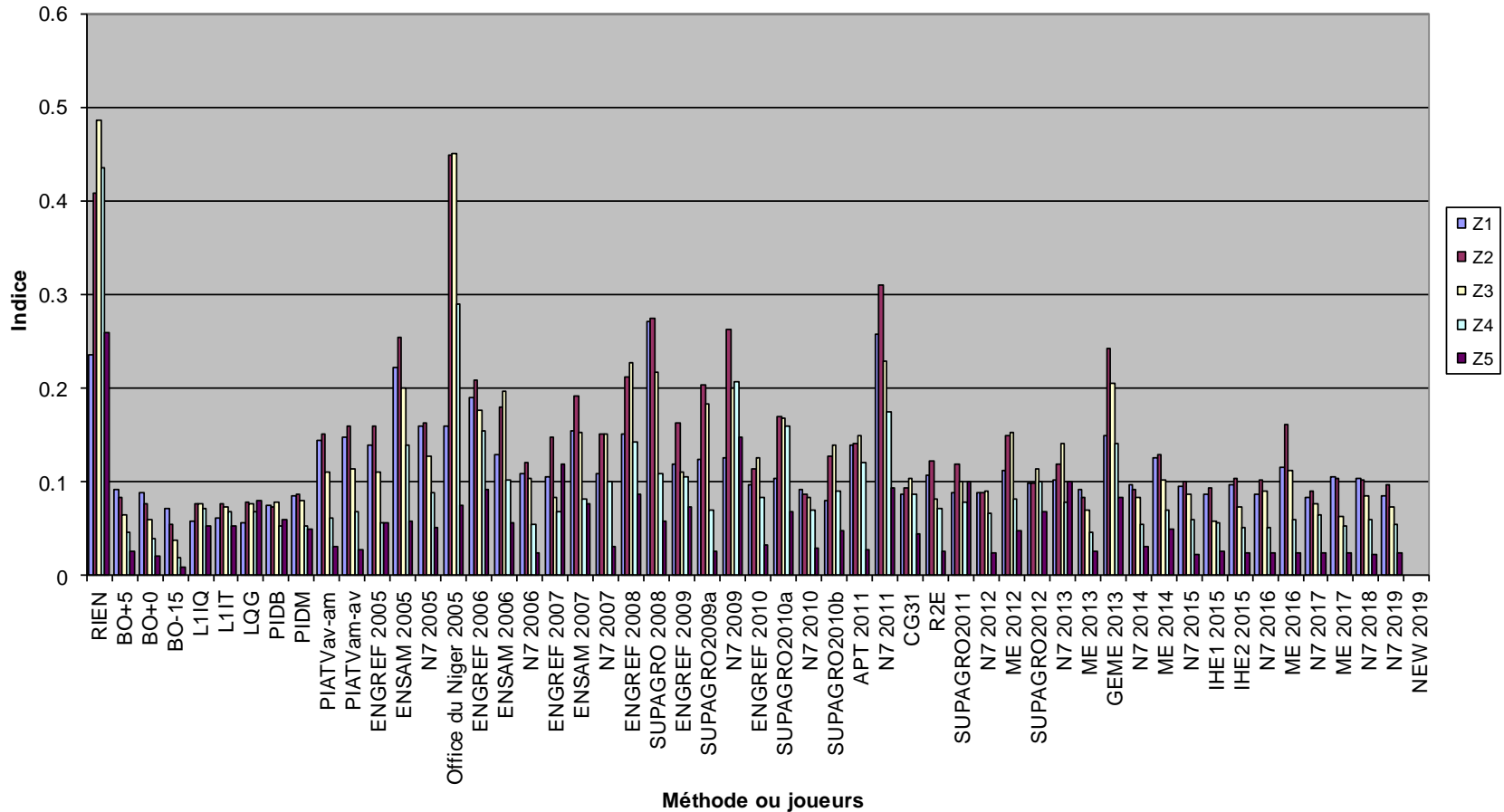
# Eficiencia sobre el control de los calados Z

Somme sur les 5 biefs de  $\max(\text{abs}(Z-Z_{\text{ref}}))$



Lo mejor: BO-15,  $\ell_1$  en lazo cerrado, Montpellier 2013 en control manual

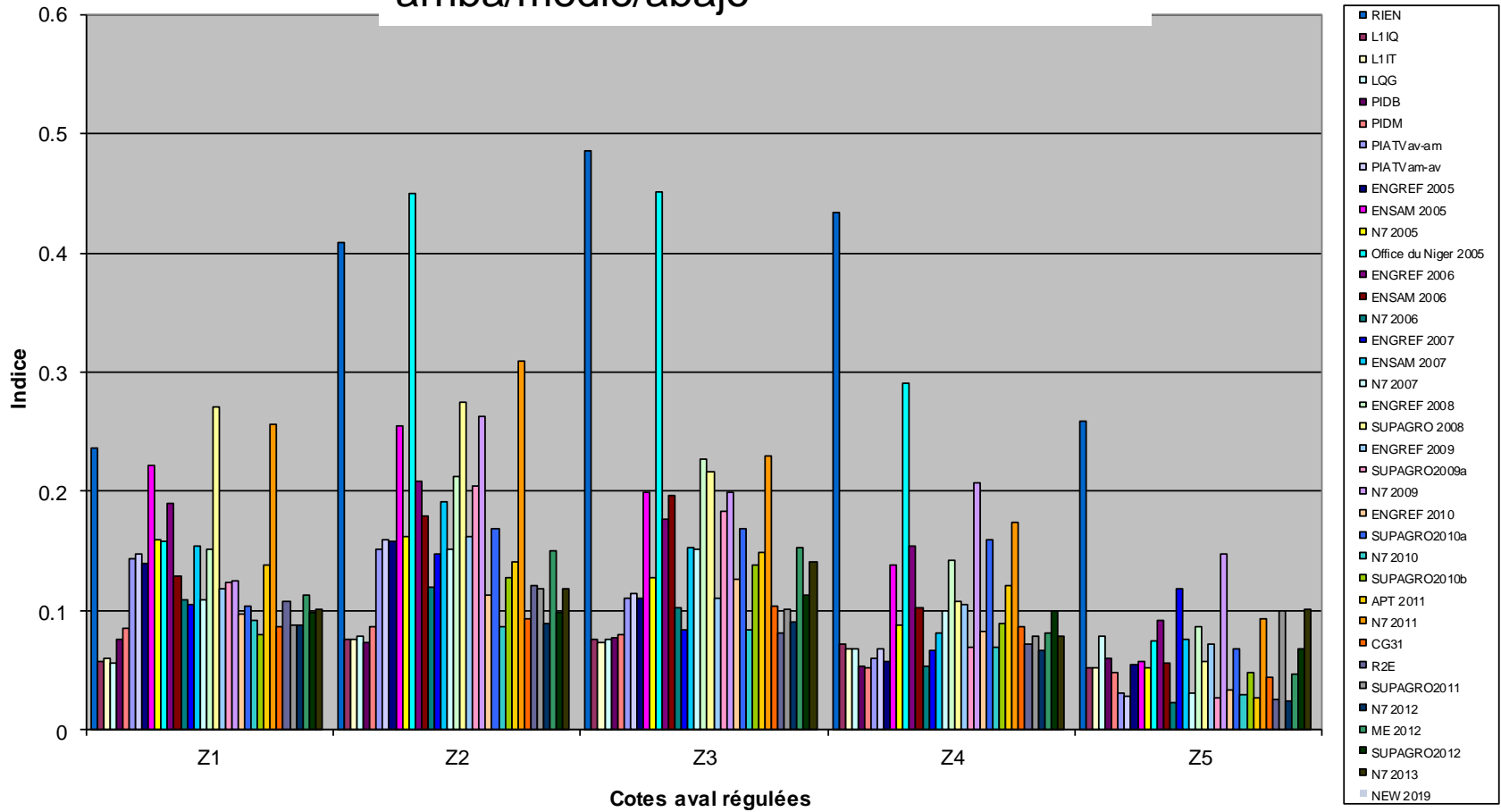
## Indice de performance (écart max en m)



- En general, mejor hacer algo....
- Los metodos automaticos son mejor que los manuales
- Los metodos que consideran multiple informaciones y puntos de control (MIMO) al mismo tiempo son mejor que los metodos SISO y manuales

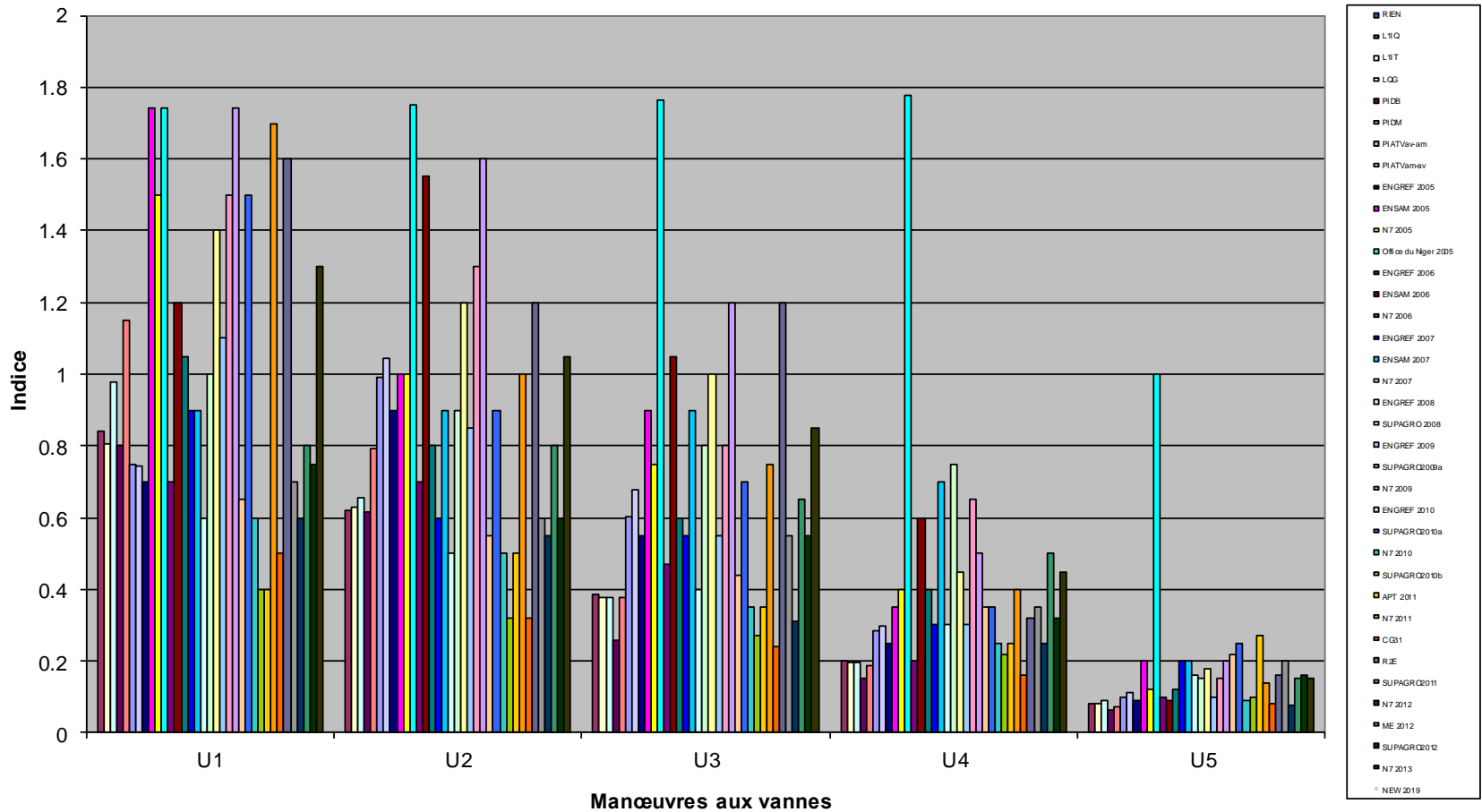


## Indicador de eficiencia arriba/medio/abajo



Hay un desvio mas grande en el medio

# Indicador del numero de operaciones



Hay mas operaciones arriba que abajo