BASES DE DONNÉES
TEMPORALITÉ

Une (très) courte introduction à la temporalité

(partie 2 de 3)

BD201b
v201b

2021-02-09

Christina KHNAISSER et Luc LAVOIE
Département d'informatique
Faculté des sciences

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Christina.Khnaisser@USherbrooke.ca
http://info.USherbrooke.ca/ckhnaisser
Luc.Lavoie@USherbrooke.ca
http://info.USherbrooke.ca/llavoie

PLAN

- L'intégrité temporelle par l'exemple
  - Non-contradiction
  - Non-redondance
  - Non-circonlocution
  - Compacité
- La temporalité et l'historicité par l'exemple
  - A-temporalité
  - Uni-temporalité
  - Bi-temporalité
- De la notion de temps
  - Modèles classiques : Newton, Kant, Leibniz
  - Modèles discret : Snodgrass, Lorentzos
- Logique des intervalles [Allen, DDLM]
  - Point
  - Intervalle
  - Opérateurs d'Allen

Problématiques temporelles

- Redondance
- Circonlocution
- Contradiction
- Non-compacité

Problématiques des intervalles dans les BD
Redondance

- Les intervalles de deux tuples contenant les mêmes données partagent un point.

Séjour

noPatient	noUnite	noChambre	d
P1	U1	1200	[d02:d08]
P1	U1	1200	[d04:d10]

PROBLÉMATIQUES DES INTERVALLES DANS LES BD
CIRCONLOCUTION

- Les intervalles de deux tuples contenant les mêmes données se jouxtent.

Séjour

noPatient	noUnite	noChambre	d
P1	U1	1200	[d02:d07]
P1	U1	1200	[d08:d10]

Problématiques des intervalles dans les BD
Contradiction

- Les intervalles de deux tuples ayant la même clé et des données différentes partagent un point.

Séjour			
noPatient	**noUnite**	**noChambre**	**d**
P1	U1	1200	[d02:d08]
P1	U1	1300	[d04:d10]

PROBLÉMATIQUES DES INTERVALLES DANS LES BD
NON-COMPACITÉ

- La compacité (*densness*) est une assertion qui garantit la cohérence des clés référentielles.

Soit la clé référentielle
Sejour{noPatient} → Hospitalisation

Hospitalisation	
noPatient	**d**
P1	[d02:d20]

Séjour			
noPatient	**noUnite**	**noChambre**	**d**
P1	U2	2400	[d02:d23]

La temporalité et l'historicité par l'exemple

- Atemporalité
- Unitemporalité
- Bitemporalité
- Unitemporalité vs Bitemporalité

Exemple Hospitalisation
Modèle de base

- Admission à l'hôpital et assignation d'une unité (de soin) et d'une chambre.

- Une modélisation *a*temporelle simple

Patient			
noPatient	**nom**	**ville**	**naissance**

Séjour		
noPatient	**unité**	**chambre**

Exemple Hospitalisation
Modèle de base - insuffisance

Le patient Tremblay (12345), né le 3 octobre 1960 et domicilié à Sherbrooke, est hospitalisé en cardiologie dans la chambre 3210.

Patient			
noPatient	**nom**	**ville**	**naissance**
12345	Tremblay	Sherbrooke	1960-10-03

Séjour		
noPatient	**unité**	**Chambre**
12345	Cardiologie	3210

Le patient Tremblay obtient son congé et quitte l'hôpital.

Patient			
noPatient	**nom**	**ville**	**naissance**
12345	Tremblay	Sherbrooke	1960-10-03

Séjour		
noPatient	**unité**	**Chambre**

Quand?

Depuis?

EXEMPLE HOSPITALISATION
MODÈLE UNITEMPOREL

Le patient Tremblay, né le 3 octobre 1960 et domicilié à Sherbrooke, est hospitalisé en cardiologie dans la chambre 3210 ***pour la période commençant le d02 et se terminant le d05***.

Patient				
noPatient	**nom**	**ville**	**naissance**	**dValidite**
12345	Tremblay	Sherbrooke	1960-10-03	[d02:??]

Séjour			
noPatient	**unité**	**Chambre**	**dValidite**
12345	Cardiologie	3210	[d02:d05]

Congé : Le patient Tremblay obtient son congé *le **d04** (non le **d05** comme prévu)* et quitte l'hôpital.

Patient				
noPatient	**nom**	**ville**	**naissance**	**dValidite**
12345	Tremblay	Sherbrooke	1960-10-03	[d02:??]

Séjour			
noPatient	**unité**	**chambre**	**dValidite**
12345	Cardiologie	3210	[d02:d04]

EXEMPLE HOSPITALISATION
MODÈLE BITEMPOREL

La BD enregistre le d02 « Le patient Tremblay, né le 3 octobre 1960 et domicilié à Sherbrooke, est hospitalisé en cardiologie dans la chambre 3210 ***pour la période commençant le d02 et se terminant le d05***. »

Patient

noPatient	nom	ville	naissance	dValidite	dTransaction
12345	Tremblay	Sherbrooke	1960-10-03	[d02:??]	[d02:??]

Séjour

noPatient	unité	Chambre	dValidite	dTransaction
12345	Cardiologie	3210	[d02:d05]	[d02:??]

La BD enregistre le d02 « Le patient Tremblay obtient son congé *le **d04** (non le **d05** comme prévu)* et quitte l'hôpital. »

Séjour

noPatient	unité	chambre	dValidite	dTransaction
12345	Cardiologie	3210	[d02:d05]	[d02:d03]
12345	Cardiologie	3210	[d02:d04]	[d04:??]

BD201b : Introduction à la temporalité (v201b) — Christina Khnaisser et Luc Lavoie
Département d'informatique, Faculté des sciences, Université de Sherbrooke, Québec

Exemple Hospitalisation
Modèle unitemporel VS bitemporel

- Temps de validité : intervalle de temps durant lequel la proposition associée est considérée vrai

Séjour			
noPatient	unité	Chambre	dValidite
12345	Cardiologie	3210	

- Temps de transaction : intervalle de temps durant lequel une proposition est présente dans la base de données

Séjour				
noPatient	unité	Chambre	dValidite	dTransation
12345	Cardiologie	3210	[d02:d05]	

DE LA NOTION DE TEMPS

- Mise en perspective
  - Newton
  - Leibniz
  - Kant
  - Einstein
  - Lorentzos
  - Snodgrass
- Modèle classique
- Modèle discret

De la notion de temps
Courte mise en perspective

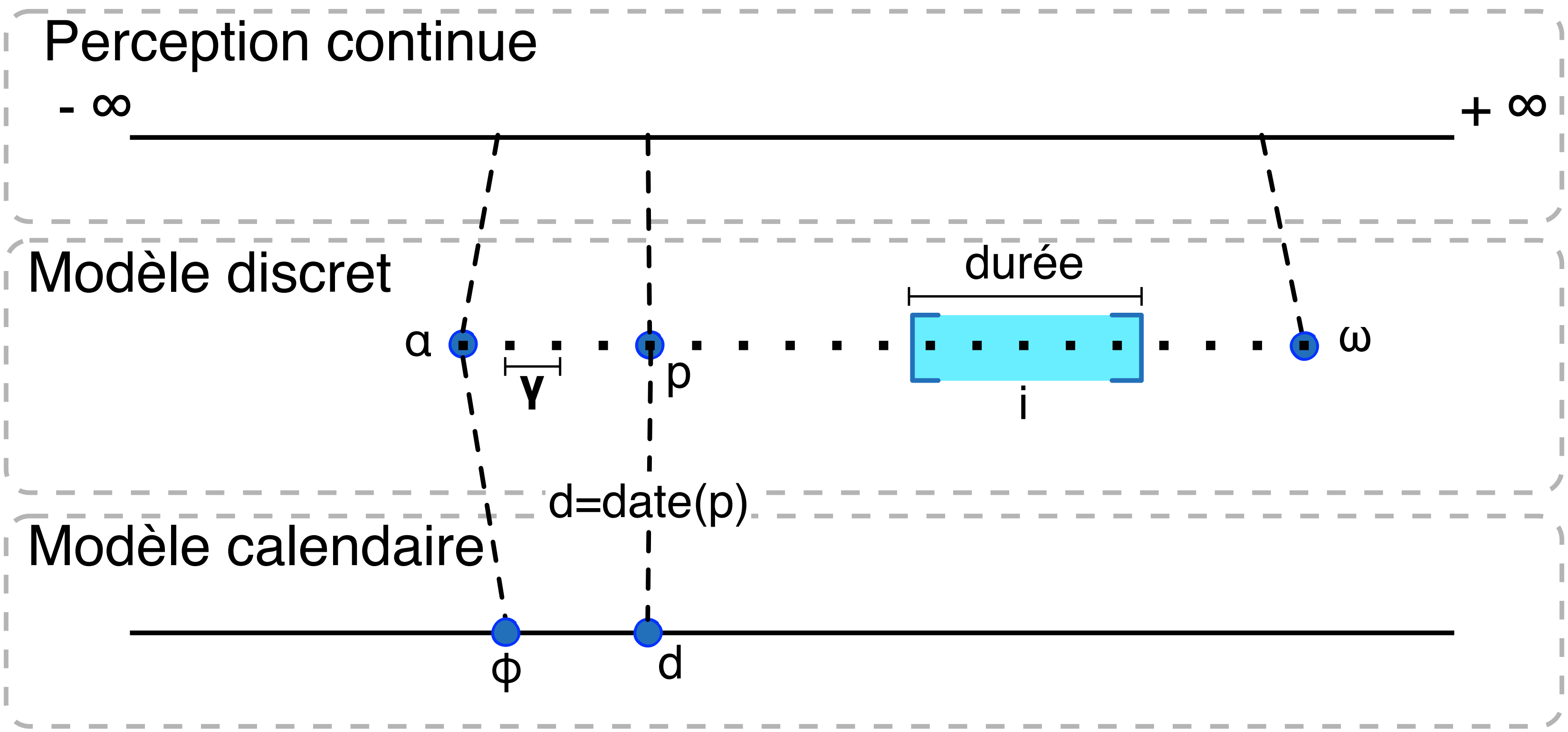
- Le temps selon Newton
- Le temps selon Leibniz
- La réflexion de Kant
- La démonstration d'Einstein

- Le quasi corolaire de la discrétisation...
  - épuré par Lorentzos...
  - mais qui heurte tant les usages...
  - mais qui convient si bien à l'informatisation!

DE LA NOTION DE TEMPS
MODÈLE CLASSIQUE (PERCEPTION DU TEMPS)

- Le temps s'écoule en continu, à vitesse constante.
- Le flux de temps est dirigé du futur vers le passé, il ne recule ni ne s'arrête jamais.
- Chaque observation ou action en cours a lieu à un moment précis, appelé *Maintenant*(*NOW*).
- *Maintenant* n'a pas de durée.
- Ce qui était *Maintenant* il y a un instant appartient déjà au passé: *Maintenant*, c'est comme un point d'observation fixe sous lequel le temps passe.
- Le temps est illimité. Nous n'avons aucun moyen de dire si ou quand il y avait un début de temps, ou si et quand il y aura une fin de temps - percevant ainsi le temps comme un processus infini semble raisonnable.

De la notion de temps
Modèle discret



α = point initial (minimum)
ω = point final (maximum)
γ = distance entre deux points consécutifs
φ = valeur calendaire associée à α
p = point de type TIMEPPOINT
i = INTERVAL[TIMEPOINT]

durée(i) = card(i) * γ
date(α) = φ
pi < pj ⇒ date(pi) ≤ date(pj)
dk < dℓ ⇒ date^{-1}(dk) ≤ date^{-1}(dℓ)

Modèle discret
Le point

- Un point est tout type discret, ordonné et ordinal.
- La valeur minimale est conventionnellement désignée par alpha (α) et la valeur maximale par oméga (ω).
- Un modèle ou un langage pourront, notamment pour des raisons pratiques, ajouter des contraintes à cette définition ; en particulier, un point pourrait être limité aux seuls types scalaires.
- Exemple :
  - POINT (α= 01, ω = 99, γ = 1)

Modèle discret
L'intervalle – une définition

- Soit P un type point, un ***intervalle de P***, noté INTERVAL[P], est l'ensemble des valeurs d'intervalles légitimes définies sur P.
- INTERVAL est le constructeur de type intervalle. Un intervalle peut être construit à l'aide de n'importe quel type point (un entier ou un type défini par énumération, par exemple).
- Une valeur d'intervalle définie sur P est un ensemble de points $\{x \in P \mid b \leq x \leq e\}$ où ***b*** (pour « begin ») est le point de début de l'intervalle, ***e*** (pour « end ») est le point de fin de l'intervalle avec $b \leq e$. Corolairement, une valeur d'intervalle ne peut être (un ensemble) vide. Un intervalle de cardinalité 1 est appelé singleton ou encore intervalle unitaire.

Modèle discret
L'intervalle – Notation

- L'intervalle $\{x \in P \mid b \leq x \leq e\}$ est conventionnellement noté de 5 façons, définies au tableau suivant. Soit ***f*** pour « ***from*** » (f=b-1), ***t*** pour « ***to*** » (t=e+1) et ***i*** pour « ***increment*** » (i=e-b+1).
- On remarque que, ***dans les cas discret***, ces notations sont équivalentes :

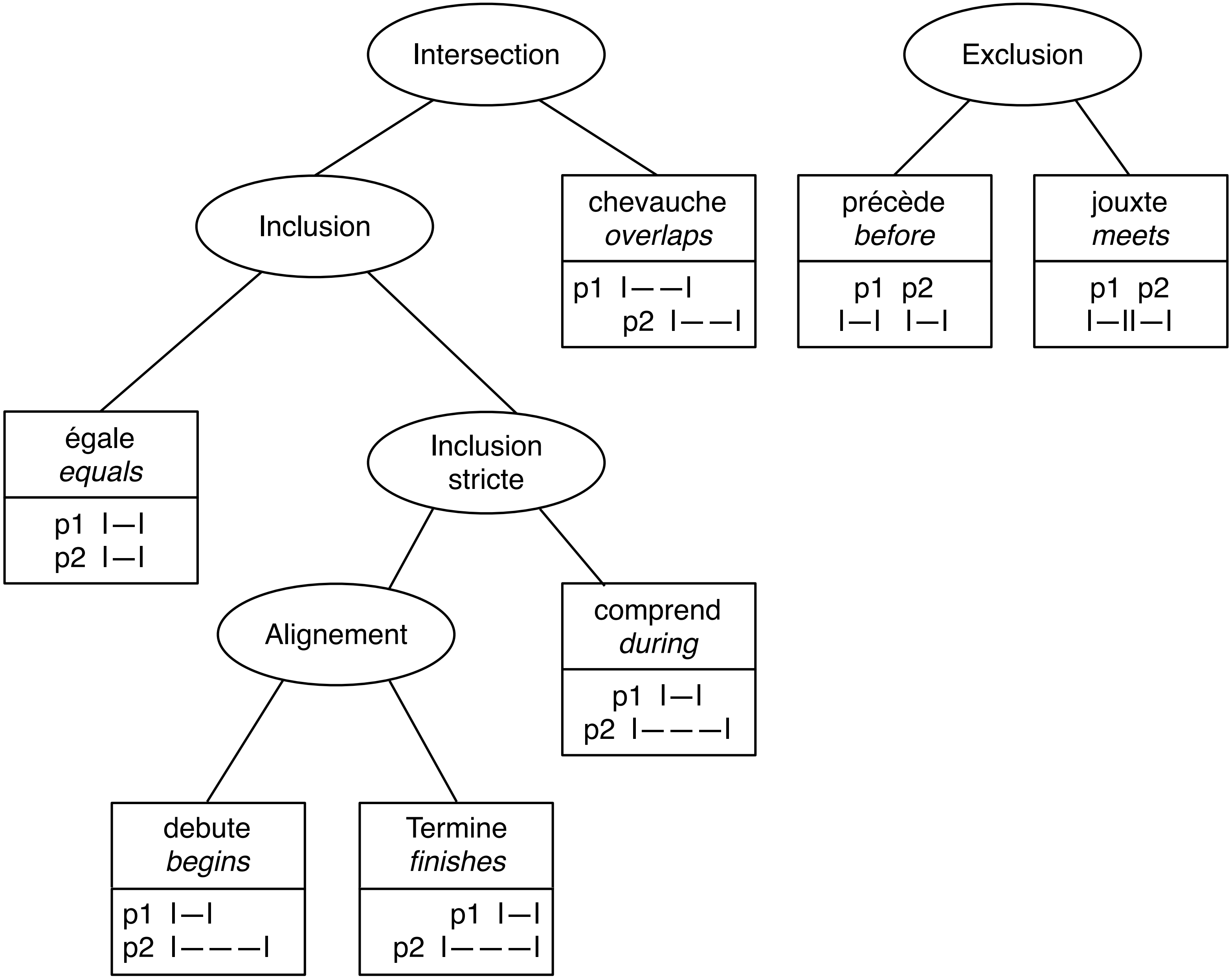
$$[b:e] = (b-1:e] = [b:e+1) = (b-1:e+1) = (b,e-b+1)$$

Type de bornes	Notation	Définition
fermé-fermé	[b:e]	$b \leq x \leq e$
fermé-ouvert	[b:t)	$b \leq x < t$
ouvert-fermé	(f:e]	$f < x \leq e$
ouvert-ouvert	(f:t)	$f < x < t$
fermé-incrément	(b,i)	$b \leq x \leq b+i-1$

Modèle discret
L'intervalle – Notation (suite)

- Enfin, presqu'équivalentes :
  - Les valeurs [α:e] ne peuvent être dénotées à l'aide des notations ouvert-fermé et ouvert-ouvert.
  - Les valeurs [b:ω] ne peuvent être dénotées à l'aide des notations fermé-ouvert et ouvert-ouvert.
- En conséquence, les notations fermé-fermé et fermé-incrément sont préférables lorsque vient le temps de formuler des règles générales (de façon à réduire le nombre de cas particuliers).

Modèle discret
Opérateurs d'Allen (aperçu graphique)



BD201b : Introduction à la temporalité (v201b) — Christina Khnaisser et Luc Lavoie
Département d'informatique, Faculté des sciences, Université de Sherbrooke, Québec

Modèle discret
Opérateurs de Allen (résumé)

Opération	gauche	droite	résultat	Description	Définition [b:e]	Allen
intervalle(b,e)	point	point	intervalle		{x ∈ T | b ≤ x ≤ e}	[p-:p+)
début		intervalle	point		p.b	p-
fin		intervalle	point		p.e	p+
prédécesseur		point	point		p.b-1	?
successeur		point	point		p.e+1	?
dénombrement		intervalle	entier		nombre d’éléments	?
alpha		Type point	point		La plus petite valeur du type T	first
oméga		Type point	point		La plus grande valeur du type T	last
appartenance	point	intervalle	booléen		x ∈ p	x ∈ p
appartenance^{-1}	intervalle	point	booléen		p ∋ x	?
antériorité stricte	intervalle	intervalle	booléen	p : |---|oooooo q : oooooo|---|	p.e+1<q.b	before
adjacence antérieure	intervalle	intervalle	booléen	p : o|---|ooooo q : oooooo|---|	p.e+1=q.b	meets
chevauchement antérieur strict	intervalle	intervalle	booléen	p : oo|---|oooo q : ooooo|---|o	p.b<q.b ∧ p.e≥q.b ∧ p.e<q.e	overlaps
commencement strict	intervalle	intervalle	booléen	p : ooo|--|oooo q : ooo|---|ooo	q.b=p.b ∧ p.e<q.e	starts
inclusion bistricte	intervalle	intervalle	booléen	p : oooo|-|oooo q : ooo|---|ooo	q.b<p.b ∧ p.e<q.e	during
achèvement strict	intervalle	intervalle	booléen	p : oooo|--|ooo q : ooo|---|ooo	q.b<p.b ∧ p.e=q.e	finishes
égalité	intervalle	intervalle	booléen	p : ooo|---|ooo q : ooo|---|ooo	q.b=p.b ∧ p.e=q.e	equals

AUTRES OPÉRATEURS
LA BASE

Allen	Lorentzos	Concept	gauche	doite	résultat
from	begin	début		intervalle	point
to	end	fin		intervalle	point
=	=	égalité	intervalle	intervalle	booléen
<>	<>	inégalité	intervalle	intervalle	booléen
during	$\subseteq$	inclusion	intervalle	intervalle	booléen
ND	$\subset$	inclusion stricte	intervalle	intervalle	booléen
in	$\in$	appartenance	point	intervalle	booléen
ND	$\supseteq$	inclusion^{-1}	intervalle	intervalle	booléen
ND	$\supset$	inclusion stricte^{-1}	intervalle	intervalle	booléen
ND	$\ni$	appartenance^{-1}	intervalle	point	booléen
overlaps	overlaps	chevauchement	intervalle	intervalle	booléen
before	before	antériorité	intervalle	intervalle	booléen
after	after	antériorité$^{-1}$	intervalle	intervalle	booléen
meets	meets	adjacence	intervalle	intervalle	booléen
starts	begins	commencement	intervalle	intervalle	booléen
finishes	ends	achèvement	intervalle	intervalle	booléen
ND	merges	non discontinuité (?)	intervalle	intervalle	booléen
to(x) <= to (y)	end(x) <= end (y)	non postériorité	intervalle	intervalle	booléen
from(x) >= from(y)	begin(x) >= begin(y)	non antériorité	intervalle	intervalle	booléen

AUTRES OPÉRATEURS
LE CAS POSTGRESQL (1)

Allen	Lorentzos	Concept	PostgreSQL	Description PostgreSQL
from	begin	début	lower(r)	lower bound of range
to	end	fin	upper(r)	upper bound of range
=	=	égalité	=	equal
<>	<>	inégalité	<>	not equal
during	$\subseteq$	inclusion	<@	range is contained by
ND	$\subset$	inclusion stricte	ND	range is strictly contained by
in	$\in$	appartenance	<@	element is contained by
ND	$\supseteq$	inclusion^{-1}	@>	contains range
ND	$\supset$	inclusion stricte^{-1}	ND	strictly contains range
ND	$\ni$	appartenance^{-1}	@>	contains element
overlaps	overlaps	chevauchement	&&	overlap (have points in common)
before	before	antériorité	<<	strictly left of
after	after	antériorité$^{-1}$	>>	strictly right of
meets	meets	adjacence	-|-	is adjacent to
starts	begins	commencement	ND	contains(a,b) and (begin(a)=begin(b))
finishes	ends	achèvement	ND	contains(a,b) and (end(a)=end(b))
ND	merges	non discontinuité (?)	ND	overlaps or meets
to(x) <= to (y)	end(x) <= end (y)	non postériorité	&<	does not extend to the right of
from(x) >= from(y)	begin(x) >= begin(y)	non antériorité	&>	does not extend to the left of

AUTRES OPÉRATEURS
LE CAS POSTGRESQL (2)

PostgreSQL	Description PostgreSQL	Exemple	Result
(,)	empty	'(,)'::daterange	
<	less than	int4range(1,10) < int4range(2,3)	true
>	greater than	int4range(1,10) > int4range(1,5)	true
<=	less than or equal	numrange(1.1,2.2) <= numrange(1.1,2.2)	true
>=	greater than or equal	numrange(1.1,2.2) >= numrange(1.1,2.0)	true
isempty(r)	is the range empty?	isempty(numrange(1.1,2.2))	false
lower_inc(r)	is the lower bound inclusive?	lower_inc(numrange(1.1,2.2))	true
upper_inc(r)	is the upper bound inclusive?	upper_inc(numrange(1.1,2.2))	false
lower_inf(r)	is the lower bound infinite?	lower_inf('(,)'::daterange)	true
upper_inf(r)	is the upper bound infinite?	upper_inf('(,)'::daterange)	true
	is lower unbounded?		
	is upper unbounded?		
+	union	numrange(5,15) + numrange(10,20)	[5,20)
*	intersection	int8range(5,15) * int8range(10,20)	[10,15)
-	difference	int8range(5,15) - int8range(10,20)	[5,10)

AUTRES OPÉRATEURS
INVENTAIRE PLUS COMPLET

- Voir le fichier suivant sur le site de cours :
  - BD201-Temporalite-A_PRE.xlsx

Classique vs Discret

Classique	Discret
Le temps s'écoule en continu, à vitesse constante.	Le temps «saute» d'un chronon à un autre.
Le temps s'écoule du passé vers le futur, il ne recule ni ne s'arrête jamais.	Le temps est unidimensionnel, mais n'a pas de sens (orientation).
Chaque observation ou action en cours a lieu à un moment précis, appelé *Maintenant*(NOW).	Le temps est fini, compris entre deux bornes alpha et omega.
Maintenant n'a pas de durée.	*Maintenant* correspond à un chronon (pas un intervalle) et conséquemment n'a pas de durée.
Ce qui était *Maintenant* il y a un instant appartient déjà au passé; *Maintenant* est comme un point d'observation fixe sous lequel le temps passe.	
Le temps est illimité. Nous n'avons aucun moyen de dire si, ou quand, il y avait un début de temps, ou si, et quand, il y aura une fin de temps.	

Références

- Théorie temporelle
  - C.J. Date, H. Darwen, N.A. Lorentzos. 2014. *Time and the relational theory*. Morgan Kaufman.

LES COLLES DU PROF

- Écrire les assertions requises pour empêcher la modification incorrecte d'une BD en regard des quatre problématiques temporelles. La BD est formée des trois relations Patient, Hospitalisation et Séjour.
  - Utiliser
    - un langage calqué sur l'algèbre relationnelle (comme Tutorial D ou Discipulus) ;
    - le langage SQL (variante ISO ou PostgreSQL).
  - Faire l'exercice pour les trois variantes
    - unitemporelle de validation;
    - unitemporelle de transaction;
    - bitemporelle.