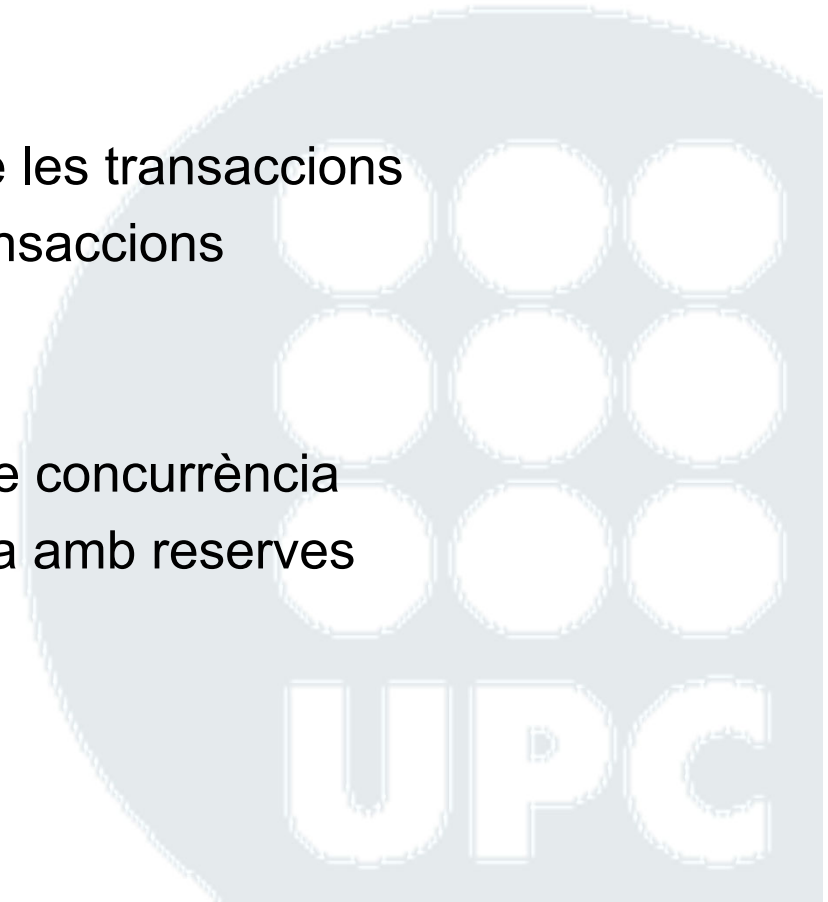


## 8. Transaccions i concurrència

- Objectius
- Definició i propietats de les transaccions
- Interferències entre transaccions
- Serialitzabilitat
- Recuperabilitat
- Tècniques de control de concurrència
- Control de concurrència amb reserves
- Recuperació



## Objectius

- Un dels objectius més importants dels SGBD és permetre l'accés simultani de múltiples usuaris a la mateixa BD i preservar-ne la integritat
- Objectius d'aquest tema:
  - Saber què és una transacció, quines propietats compleix i com s'utilitza
  - Comprendre el problema que intenta resoldre la gestió de transaccions, evitant interferències entre usuaris que accedeixen simultàniament a la mateixa BD.
  - Comprendre les funcions que ha d'acomplir un SGBD en la gestió de transaccions
  - Conèixer el funcionament de les reserves, la tècnica més comuna per a controlar la concurrència
  - Tenir coneixements bàsics de com un SGBD pot evitar que es perdi informació o que se'n malmeti, mitjançant còpies de seguretat i estructures amb informació de canvis

## Definició i propietats de les transaccions

- Una **transacció** és un conjunt d'operacions de lectura i/o actualització de la BD que acaba confirmant o cancel·lant els canvis que s'han dut a terme
- SQL estàndard ofereix les sentències següents per indicar l'inici i l'acabament de transaccions:
  - Inici Explícit: START TRANSACTION
  - Inici Implícit: qualsevol sentència SQL
  - Acabament: COMMIT o ROLLBACK
- Tota transacció ha de complir les **propietats ACID**:
  - **A**tomicitat
  - **C**onsistència
  - **A**ïllament
  - **D**efinitivitat

*Garantir les propietats ACID de les transaccions no és sols missió de l'SGBD, sinó també de les aplicacions que l'utilitzen i del seu desenvolupador*

## Propietats de les transaccions

- En els SGBDs el concepte de transacció representa la unitat de treball a efectes de concurrència i d'integritat
- Exemple de transacció: imaginem que una aplicació d'una entitat bancària ofereix la possibilitat de transferir una certa quantitat de diners  $Q$  d'un compte origen a un compte destí

Transferència de quantitat $Q$ de CompteOrigen a CompteDestí	
Número operació	Instruccions
1	SaldoOrigen := Llegir_saldo(CompteOrigen) Comprovar que és més gran o igual que $Q$
2	SaldoDestí := Llegir_saldo(CompteDestí)
3	escriure_saldo(CompteOrigen, SaldoOrigen - $Q$ )
4	escriure_saldo(CompteDestí, SaldoDestí + $Q$ )
5	registrar_moviment("Transferència", CompteOrigen, CompteDestí, $Q$ ) /* Crear un registre per a anotar la transferència en una taula de moviments, posant-hi també la data i l'hora, per exemple */

- A) Imaginem que un usuari comença a executar una d'aquestes transferències i just després del tercer pas, una apagada fa que el procés no acabi  $\Rightarrow$

*les operacions que s'executen en fer la transferència s'han d'efectuar completament o no s'han d'efectuar en absolut*

## Propietats de les transaccions

- I) Suposem que dos usuaris diferents (A i B) intenten fer dues transferències al mateix temps i al mateix compte destí. Imaginem que passarà si els passos de les transaccions s'executen concurrentment en l'ordre següent:

Execució concurrent de dues transferències			
Número operació	Transferència usuari A (Q = 10)	Número operació	Transferència usuari B (Q = 20)
1	SaldoOrigen := llegir_saldo(CompteOrigen1) Comprovar que és més gran o igual que 10		
2	SaldoDestí := llegir_saldo(CompteDestí)		
		1	SaldoOrigen := llegir_saldo(CompteOrigen2) Comprovar que és més gran o igual que 20
		2	SaldoDestí := llegir_saldo(CompteDestí)
3	escriure_saldo(CompteOrigen1, SaldoOrigen - 10)		
4	escriure_saldo(CompteDestí, SaldoDestí + 10)		
5	registrar_moviment("Transferència", CompteOrigen1, CompteDestí, 10)		
		3	escriure_saldo(CompteOrigen2, SaldoOrigen - 20)
		4	escriure_saldo(CompteDestí, SaldoDestí + 20)
		5	registrar_moviment("Transferència", CompteOrigen2, CompteDestí, 20)

*És necessari impedir que l'accés concurrent de diversos usuaris produeixi resultats anòmals*



## Propietats de les transaccions

- C) Imaginem que un error de programació de la funció de transferència fa que el saldo del compte destí rebi com a nou valor la quantitat que s'ha transferit, en lloc de sumar-la al saldo anterior

*És missió dels dissenyadors/programadors que les transaccions verifiquin els requeriments dels usuaris*

- D) Plantegem-nos que passaria si, després d'utilitzar l'aplicació durant uns quants dies, i en un moment de plena activitat, es produeix un error fatal del disc en què s'emmagatzema la BD

*Cal que hi hagi mecanismes per a evitar la pèrdua tant de les dades més antigues com de les actualitzacions més recents*

## Interferències entre transaccions

- Les interferències es produeixen si les transaccions no s'aïllen adequadament entre si. Distingim quatre grans tipus d'interferències:
  - Actualització perduda
  - Lectura no confirmada
  - Lectura no repetible
  - Anàlisi inconsistent i fantasmes
- **Actualització perduda:** Aquesta interferència es produeix quan es perd el canvi que ha efectuat una operació d'escriptura:

Transacció T <sub>1</sub> (reintegament de 10)	Transacció T <sub>2</sub> (reintegament de 25)
Saldo := llegir_saldo(Compte)	
	Saldo := llegir_saldo(Compte)
escriure_saldo(Compte, Saldo – 10)	
	escriure_saldo(Compte, Saldo – 25)
COMMIT	
	COMMIT

## Interferències entre transaccions

- **Lectura no confirmada:** Aquesta interferència es produeix quan una transacció T1 llegeix una dada, que ha estat modificada per una altra transacció T2, i que és una dada que no és definitiva (per exemple: després la transacció T2 avorta, o després la transacció T2 la torna a modificar)

Transacció T <sub>1</sub> (reintegrament de 10)	Transacció T <sub>2</sub> (reintegrament de 25)
	Saldo := llegir_saldo(Compte)
	escriure_saldo(Compte, Saldo - 25)
Saldo := llegir_saldo(Compte)	
escriure_saldo(Compte, Saldo - 10)	
COMMIT	
	ABORT



## Interferències entre transaccions

- **Lectura no repetible:** Aquesta interferència es produeix si una transacció llegeix dues vegades la mateixa dada i obté valors diferents, a causa d'una modificació efectuada per una altra transacció

Transacció T <sub>1</sub> (lectura de saldo)	Transacció T <sub>2</sub> (reintegament de 25)
Saldo := llegir_saldo(Compte)	
	Saldo := llegir_saldo(Compte)
	escriure_saldo(Compte, Saldo - 25)
	COMMIT
Saldo := llegir_saldo(Compte)	
COMMIT	

## Interferències entre transaccions

- **Anàlisi inconsistent:** Els tres tipus d'interferències anteriors tenen lloc respecte a una única dada de la BD, però també es produeixen interferències respecte a la visió que dues transaccions tenen d'un conjunt de dades.

Un exemple de situació en què passa:

Transacció T1 (consulta de saldos)	Transacció T2 (transferència)
saldo2:= llegir_saldo(compte2)	
	saldo1:= llegir_saldo(compte1)
	escriure_saldo(compte1, saldo1-100)
saldo1:= llegir_saldo(compte1)	
COMMIT	
	saldo2:= llegir_saldo(compte2)
	escriure_saldo(compte2, saldo2+100)
	COMMIT

## Interferències entre transaccions

**Fantasmes (Cas particular d'Anàlisi Inconsistent).** Aquesta interferència es pot produir quan una transacció llegeix un conjunt de dades relacionat i existeix una altra transacció que afegeix noves dades a aquest conjunt. Suposem el següent:

- $T_1$  llegeix tots els registres que verifiquen una condició C
- $T_2$  actualitza (insereix o modifica) un registre, que no complia la condició C, de manera que passa a complir-la
- $T_1$  torna a llegir els registres inicials o alguna informació que en depèn

Transacció $T_1$ (llistat de comptes)	Transacció $T_2$ (creació de comptes)
Llegir tots els comptes del banc. Obtenim Compte1 i Compte2	
	crear_compte(Compte3)
	escriure_saldo(Compte3, 100)
Sumar els saldos de tots els comptes. Obtenim saldo de Compte1 + + saldo de Compte2 + 100  (El Compte3, amb saldo 100, és el fantasma)	
COMMIT	
	COMMIT

## Interferències entre transaccions

**Fantasmes** : compte1 i compte2 són de clients de Barcelona, compte4 és d'un client de Tarragona.

Transacció T1 (llistat de comptes clients de Barcelona)	Transacció T2 (canvi residència)
llegir comptes clients Barcelona mostrar dades compte1 mostrar dades compte2	
	canviar_residència(compte4, Barcelona)
sumar el saldo de tots els comptes de clients de Barcelona obtenim saldo compte1 + saldo compte2 + saldo compte4 (el compte4 és el fantasma)	
COMMIT	
	COMMIT

## Serialitzabilitat

- La **teoria de la serialitzabilitat** defineix de manera precisa les condicions que s'han de complir per a considerar que les transaccions estan aïllades entre si correctament

*Important: la teoria de la serialitzabilitat assumeix que les transaccions sempre confirmen els seus resultats*

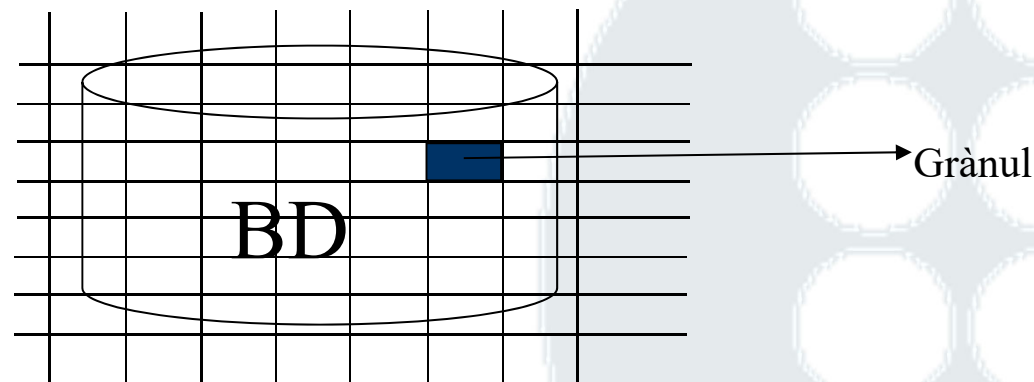
- Conceptes:
  - Grànul
  - Horari o història
  - Horari serial
  - Accions conflictives o no commutables
  - Graf de precedències
  - Horari serialitzable





## Serialitzabilitat: Grànul

- La serialitzabilitat considera que les transaccions estan formades per dos tipus molt senzills d'**accions** (operacions) sobre dades elementals anomenats **grànuls**:
  - Accions de lectura ( $R(G)$ ,  $RU(G)$ ) i accions d'escriptura ( $W(G)$ )
  - $G$  és el grànul, és a dir, la unitat de dades controlada individualment per l'SGBD (pot variar en funció del gestor): pàgina (bloc) de disc, un registre (una tupla), etc.



## Traducció de sentències SQL a operacions sobre grànuls:

### Sentència SQL

### Operació sobre grànuls

SELECT

$R(G)$

R: Lectura del granul G

INSERT/UPDATE/DELETE

$RU(G) W(G)$

RU: Lectura amb intenció de modificació posterior del granul G. Indica que la transacció voldrà executarà més endavant  $W(G)$ .

W: Escritura del granul G

Les sentències SQL poden donar lloc a una o més operacions sobre grànuls. Per exemple, en el cas d'un select que accedeix a tres files, i que el granul sigui la fila, la traducció donaria lloc a tres reads, un per cada fila.

## Serialitzabilitat: Horari o història

- L'execució concurrent d'un conjunt de transaccions (a on es preserva l'ordre d'accions dins de cada transacció) rep el nom **d'horari o història**:

# temps	$T_1$	$T_2$
1	R(A)	
2		RU(A)
3	R(B)	
4		W(A)
5	R(C)	
6	commit	
7		commit

## Serialitzabilitat: Horari serial

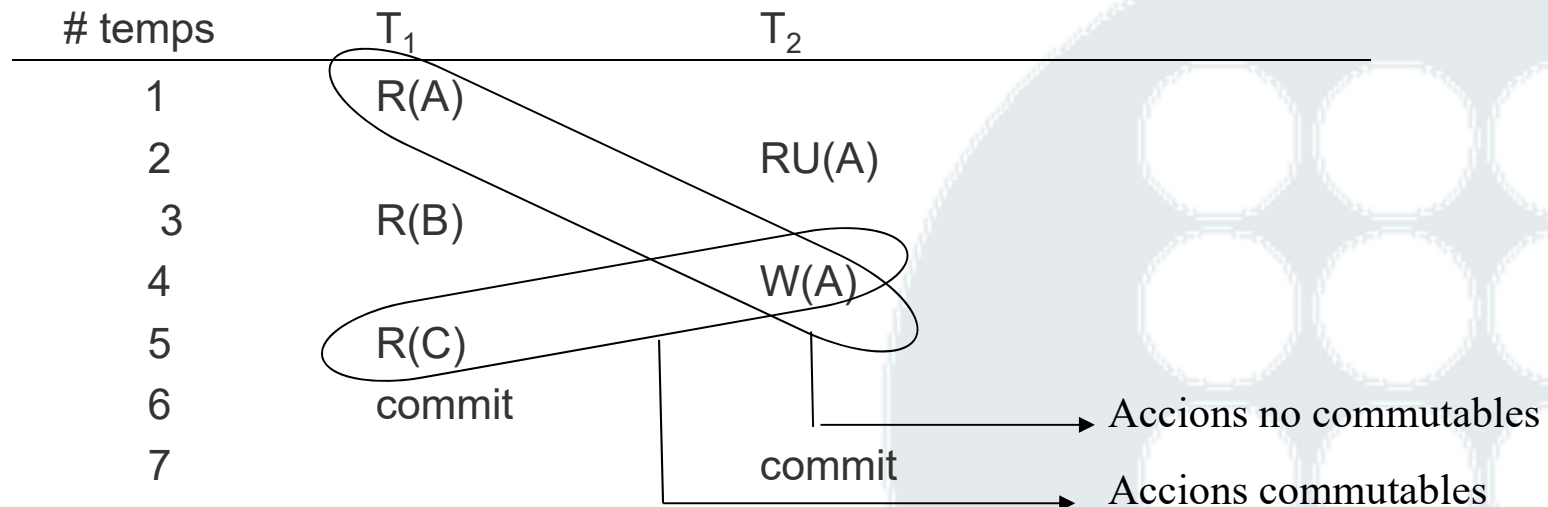
- Un **horari serial** és aquell a on no hi ha encavalcament entre les accions de les transaccions implicades:

# temps	$T_1$	$T_2$
1	R(A)	
2	R(B)	
3	R(C)	
4	commit	
5		RU(A)
6		W(A)
7		commit

Donat un conjunt de  $n$  transaccions tindrem  $n!$  horaris serials possibles

## Serialitzabilitat: Accions conflictives

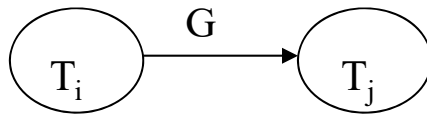
- En un horari, dues accions es consideren **accions conflictives** (o **accions no commutables**) si pertanyen a transaccions distintes i l'ordre en què s'executen pot afectar el valor del grànul que hagi llegit una de les transaccions o el valor final del grànul



Les situacions de conflicte només poden aparèixer quan les dues accions operen sobre el **mateix grànul** i almenys una de les dues accions és d'**escriptura**



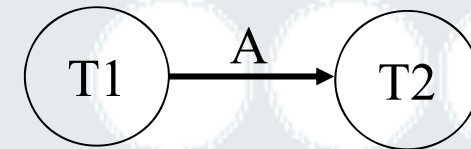
## Serialitzabilitat: Graf de precedències



Si  $\exists op_i(G) \in T_i \wedge \exists op_j(G) \in T_j$  tal que:

- $op_i \wedge op_j$  no són commutables
- i  $op_i$  s'ha executat abans que  $op_j$

# temps	T1	T2
1	R(A)	
2		RU(A)
3	R(B)	
4		W(A)
5	R(C)	
6	commit	
7		commit



## Serialitzabilitat: Horari serialitzable

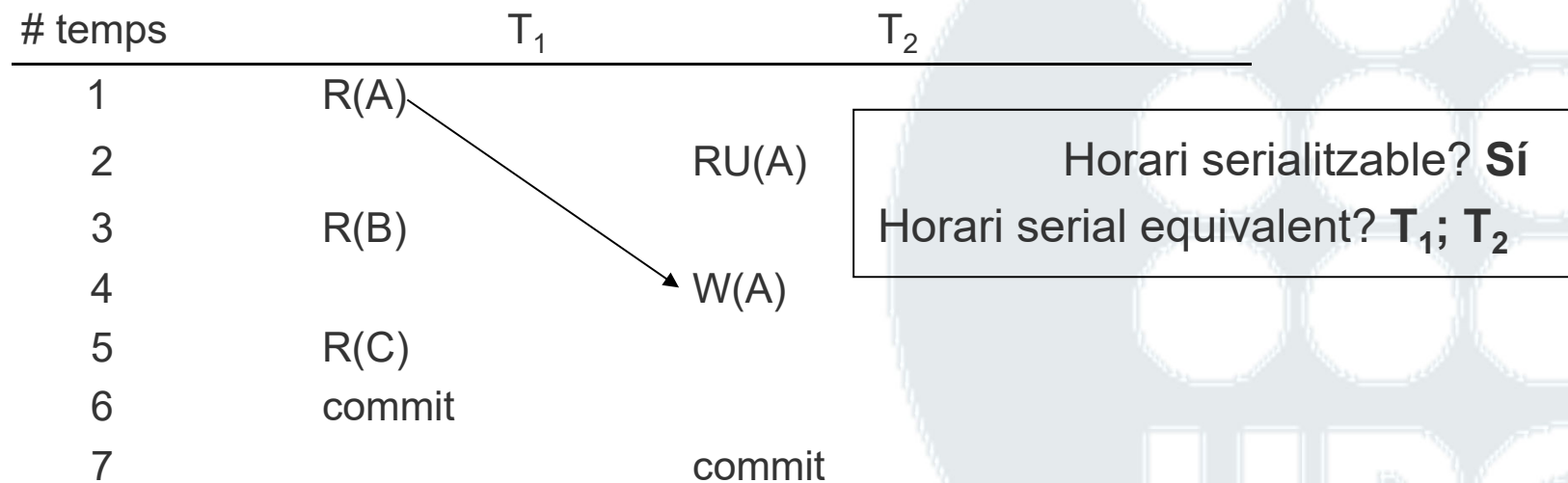
- Un horari (història) es considera correcte si l'ordre relatiu de tots els parells d'accions no commutables és el mateix que en algun horari serial. En aquest cas, el graf de precedències no té cicles



Els horaris correctes s'anomenen **horaris serialitzables**



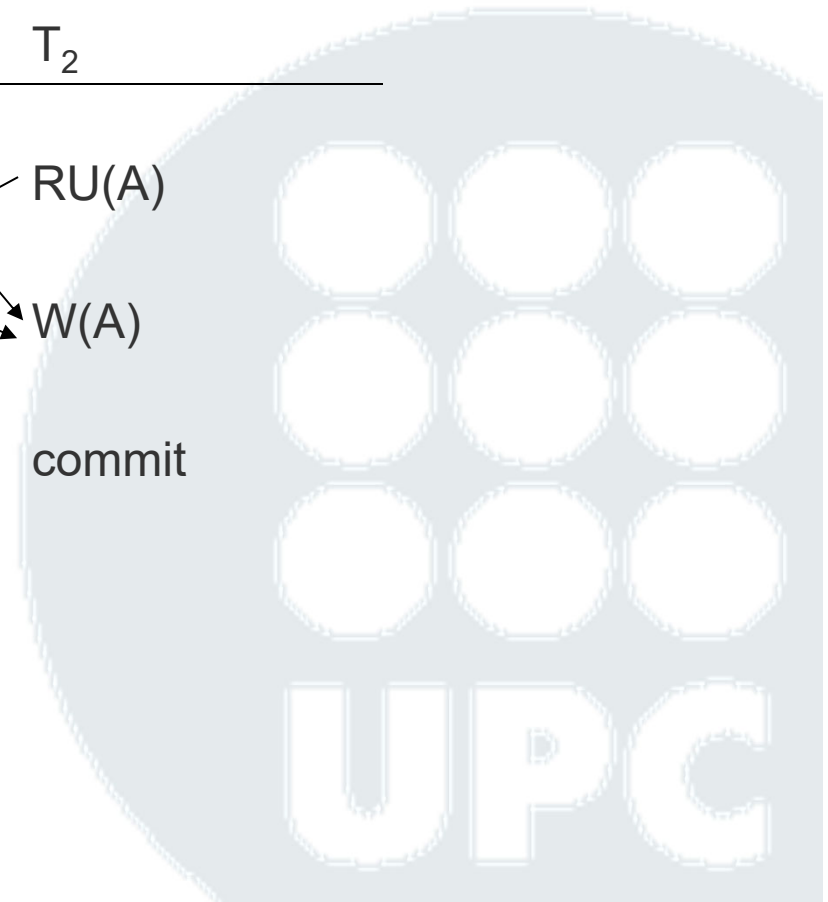
Un horari serialitzable **sempre** produeix **el mateix resultat** que algun horari serial



## Serialitzabilitat: Horari no serialitzable

### Actualització Perduda

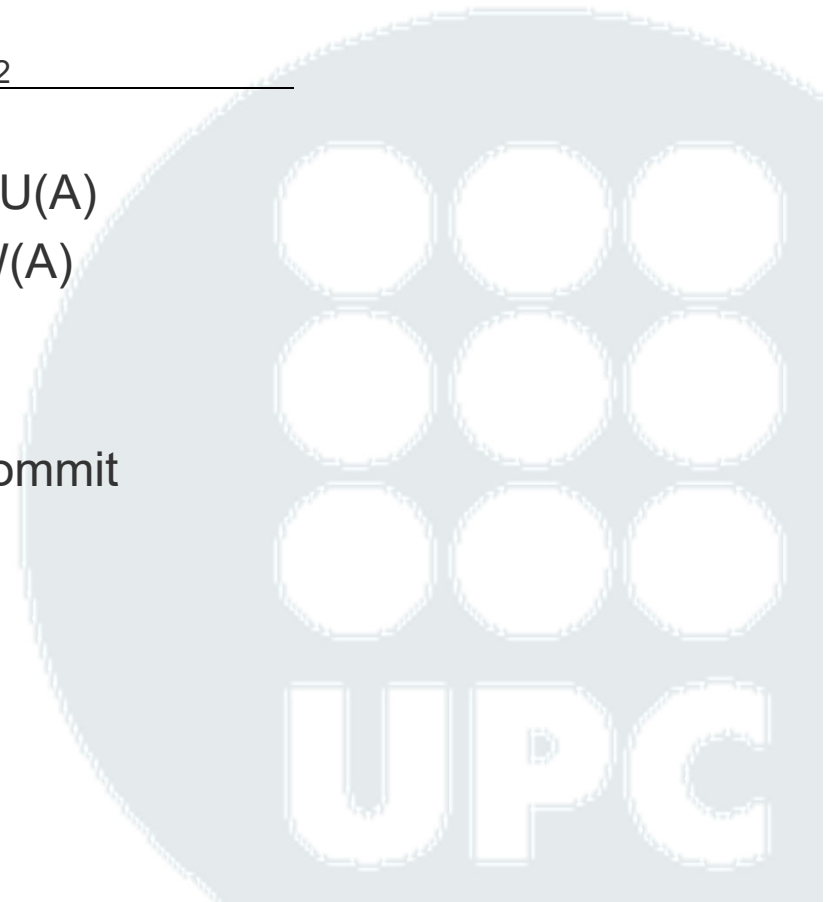
# temps	$T_1$	$T_2$
1	RU(A)	
2		RU(A)
3	W(A)	
4		W(A)
5	commit	
6		commit



## Serialitzabilitat: Horari no serialitzable

### Lectura no repetible

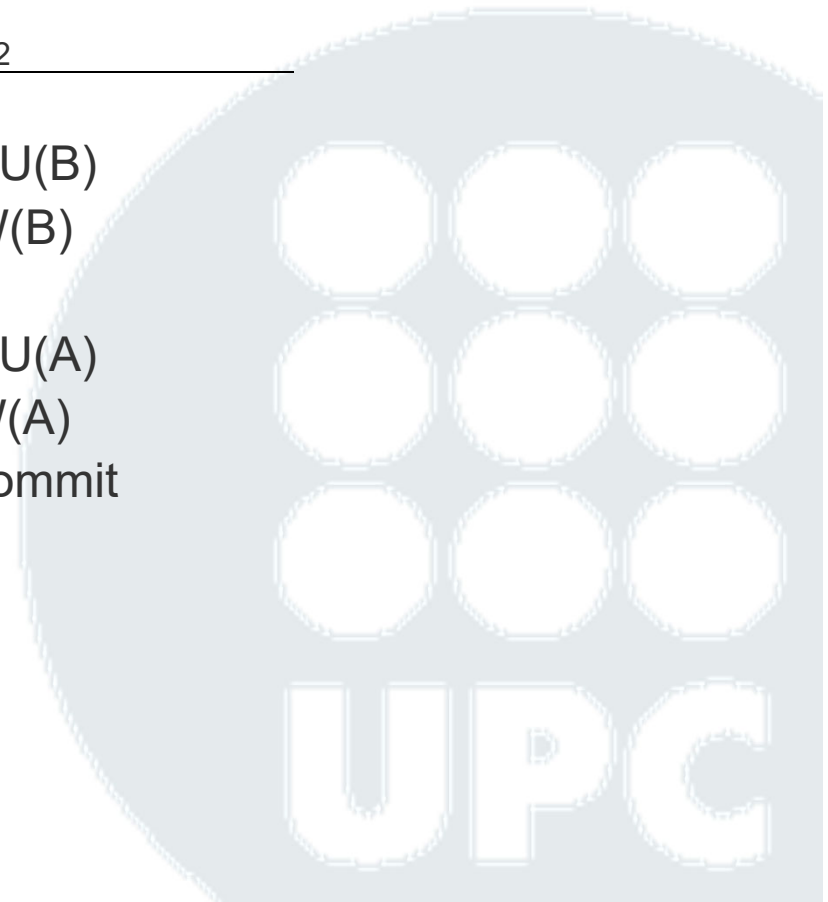
# temps	$T_1$	$T_2$
1	R(A)	
2		RU(A)
3		W(A)
4	R(A)	
5	commit	
6		commit



## Serialitzabilitat: Horari no serialitzable

### Anàlisi inconsistent

# temps	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
1	R(A)	
2		RU(B)
3		W(B)
4	R(B)	
5		RU(A)
6		W(A)
7		commit
8	commit	

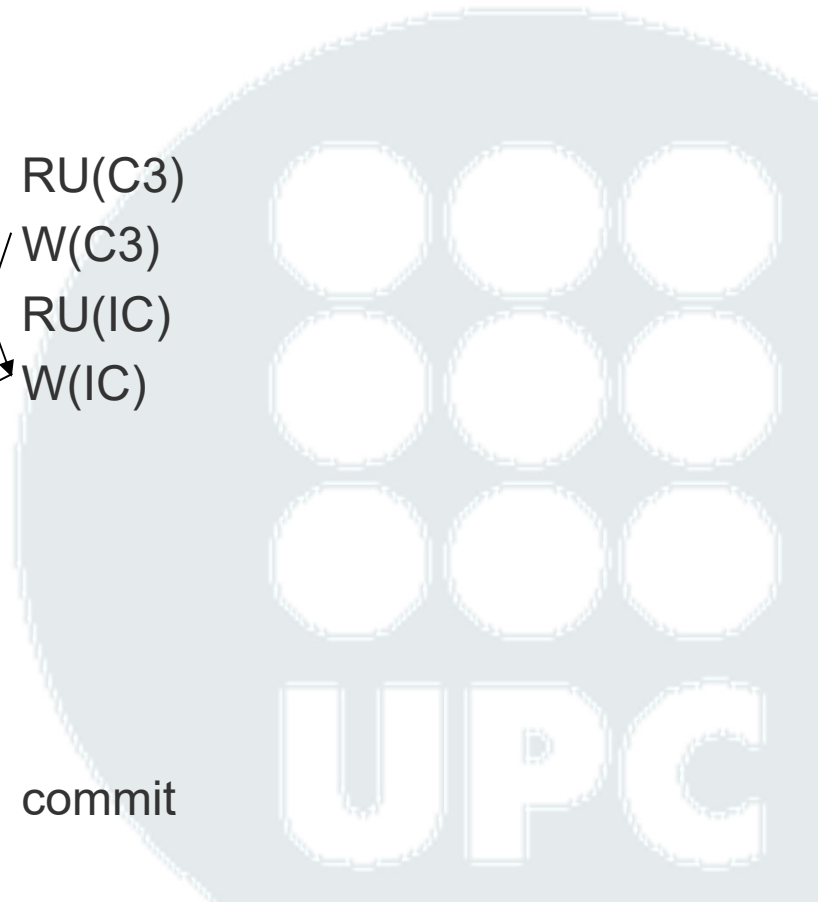




## Serialitzabilitat: Horari no serialitzable

### Fantasmes

# temps	$T_1$	$T_2$
1	R(IC)	
2	R(C1)	
3	R(C2)	
4		RU(C3)
5		W(C3)
6		RU(IC)
7		W(IC)
8	R(IC)	
9	R(C1)	
10	R(C2)	
11	R(C3)	
12	commit	
13		commit



## Recuperabilitat

- Hem vist que algunes interferències es produeixen quan cancel·lem transaccions. Cancel·lar una transacció suposa desfer-ne tots els canvis i recuperar el valor anterior dels grànuls
- La serialitzabilitat ignora la possibilitat de cancel·lacions. Per tant, per evitar les interferències que provoquen hem d'exigir noves condicions a l'execució de les transaccions
- Un horari compleix el **criteri de recuperabilitat** si cap transacció  $T_2$  que llegeix o escriu un grànul escrit per una altra transacció  $T_1$  confirma sense que abans ho hagi fet  $T_1$

# temps	$T_1$	$T_2$
1	RU(A)	
2	W(A)	
3		RU(A)
4		W(A)
5		commit
6	abort	

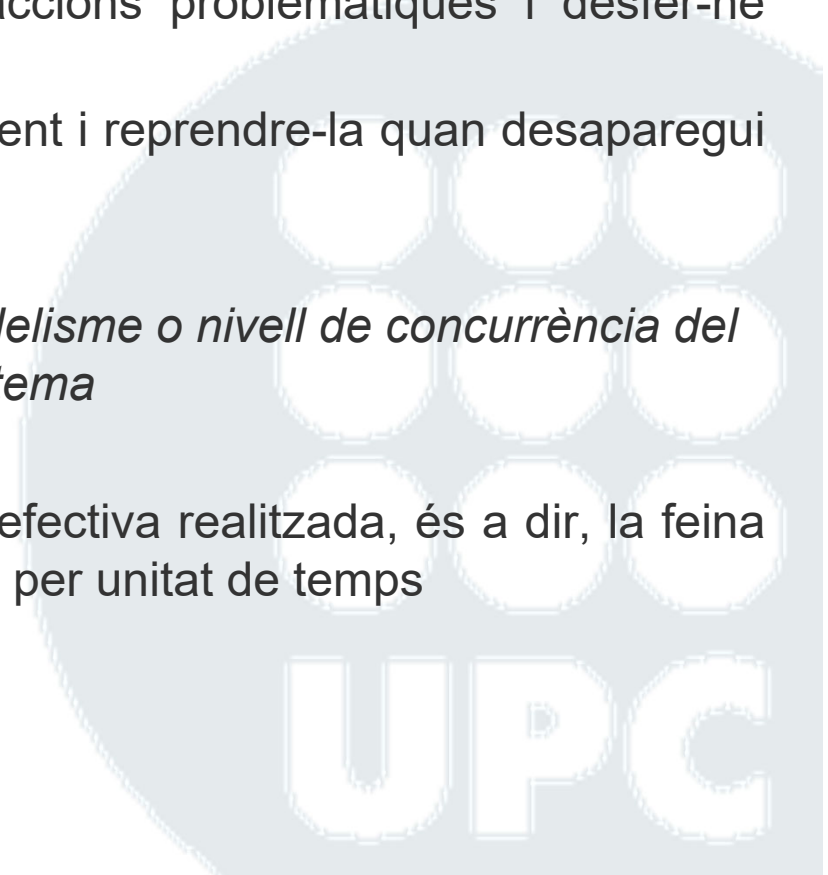
## Tècniques per al control de concurrència

- Un SGBD pot resoldre les interferències entre transaccions de dues maneres possibles:
  - Cancel·lar automàticament transaccions problemàtiques i desfer-ne els canvis
  - Suspendre'n l'execució temporalment i reprendre-la quan desaparegui el perill d'interferència.



*disminució en el nivell de paral·lisme o nivell de concurrència del sistema*

- El **nivell de paral·lisme** és la feina efectiva realitzada, és a dir, la feina realment útil per als usuaris, efectuada per unitat de temps



## Control de concurrència amb reserves

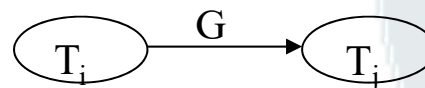
- Els SGBD garanteixen l'aïllament gràcies a les tècniques de control de concurrència.
- La tècnica més utilitzada per dur a terme el control de concurrència és la tècnica de reserves.
- La idea bàsica de l'ús de reserves és que una transacció ha d'obtenir una **reserva d'un grànul amb una certa modalitat** abans de poder efectuar accions (lectures o escriptures) sobre el grànul.
- Una transacció T pot demanar una reserva sobre un grànul G si executa l'acció LOCK(G,m) a on m és una modalitat que permet executar les accions desitjades sobre G.
- Distingirem dues modalitats:
  - Modalitat compartida (S, **Shared**): permet fer lectures
  - Modalitat exclusiva (X, **eXclusive**): permet fer lectures i escriptures
- Per alliberar una reserva d'un grànul G, caldrà que la transacció T executi l'acció UNLOCK(G).

## Control de concurrència amb reserves

- Quan una transacció demana una reserva, l'SGBD decideix si la pot concedir, cosa que farà si el tipus de reserva que se li demana no és incompatible amb cap de les reserves ja atorgades a altres transaccions sobre el mateix grànul

	Compartida (S)	Exclusiva (X)
Compartida (S)	Sí	No
Exclusiva (X)	No	No

- Si una reserva no es pot concedir, se suspèn l'execució de la transacció. Sempre que s'allibera una reserva d'un grànul, l'SGBD mira si pot reprendre l'execució d'alguna transacció que s'hagi suspès a causa d'aquell grànul
- **Graf d'espera**

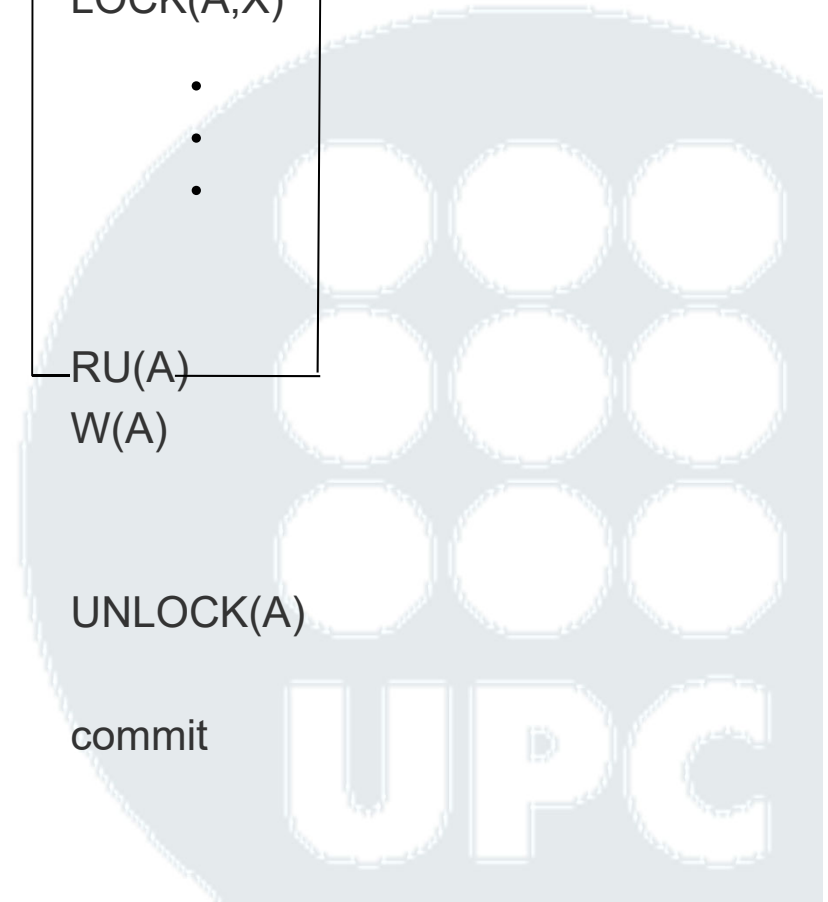


Si  $T_i$  està esperant a adquirir una reserva sobre un grànul  $G$  que ha estat concedida a  $T_j$



## Control de concurrència amb reserves

# temps	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
1	LOCK(A, S)	
2	R(A)	
3		LOCK(A,X)
4	LOCK(B,S)	•
5	R(B)	•
6	LOCK(C,S)	•
7	R(C)	
8	UNLOCK(A)	
9		RU(A)
10		W(A)
11	UNLOCK(B)	
12	UNLOCK(C)	
13		UNLOCK(A)
14	commit	
15		commit



## Control de concurrència amb reserves

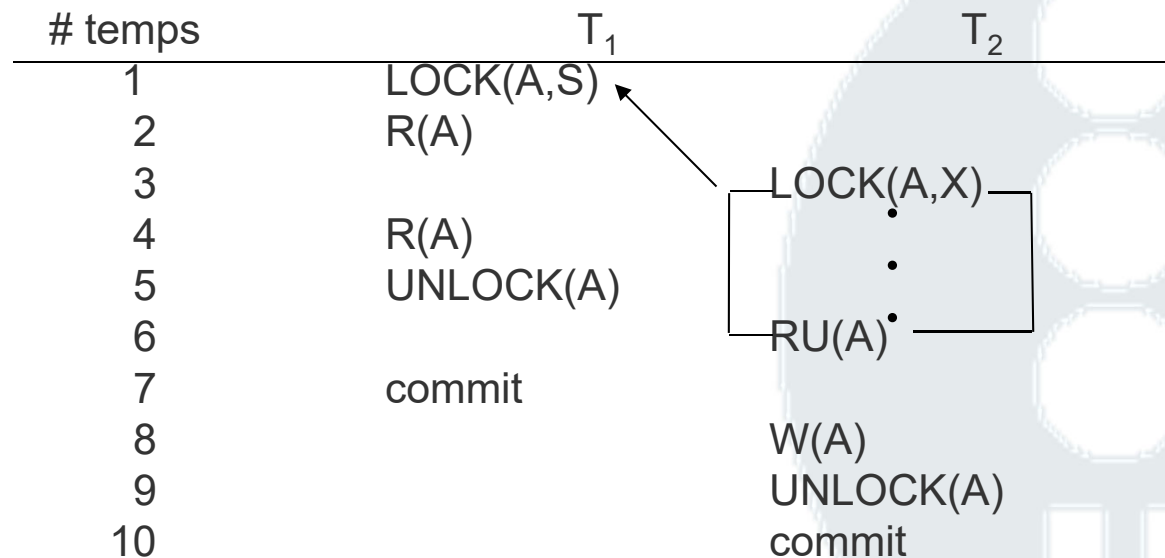
- Tot i que els serveis de petició i alliberament de reserves són la base sobre la qual es construeix el control de concurrència, per si mateixos no garanteixen l'aïllament de les transaccions:

# temps	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
1	LOCK(A,S)	
2	R(A)	
3	UNLOCK(A)	
4		LOCK(A,X)
5		RU(A)
6		W(A)
7		UNLOCK(A)
8	LOCK(A,S)	
9	R(A)	
10	UNLOCK(A)	
11	commit	
12		commit

La interferència (lectura no repetible)  
es produeix igualment!!!

## Control de concurrència amb reserves: PR2F

- Per aconseguir l'aïllament de les transaccions, les transaccions han de seguir unes certes normes a l'hora de demanar i alliberar reserves
- Una transacció segueix el **protocol de reserves en dues fases** (PR2F) si reserva qualsevol grànul en la modalitat adequada abans d'operar-hi, i mai no adquireix una reserva de qualsevol grànul després d'haver-ne alliberat qualsevol altra abans.
- **Teorema:** Si les transaccions segueixen el PR2F i fan commit → Horari serialitzable



Horari sense interferències (horari serialitzable) amb horari serial equivalent  
T<sub>1</sub>; T<sub>2</sub>

## Control de concurrència amb reserves: PR2F (fortament) estricte

- Parlem ara de recuperabilitat

# temps	$T_1$	$T_2$
1	LOCK(A,X)	
2	RU(A)	
3	W(A)	
4	UNLOCK(A)	
5		LOCK(A,S)
6		R(A)
7		UNLOCK(A)
8		commit
9	abort	

Malgrat que  $T_1$  i  $T_2$  segueixen el PR2F la interferència (lectura no confirmada) es produeix igualment si deixem que  $T_2$  confirmi els seus resultats  $\Rightarrow$  necessitem que les reserves es mantinguin fins l'acabament de les transaccions



**Protocol de reserves en dues fases (fortament) estricte**  
(PR2F+ reserves fins l'acabament de les transaccions)

## Control de concurrència amb reserves: PR2F estricte

# temps	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
1	LOCK(A,X)	
2	RU(A)	
3	W(A)	
4		LOCK(A,S)
5	abort(+ UNLOCK(A))	•
6		R(A) •
7		commit(+ UNLOCK(A))

Aplicació del protocol de reserves en dues fases estricte

## Reserves i relaxació del nivell d'aïllament

- Hem assumit que és necessari que l'SGBD garanteixi la serialitzabilitat i la recuperabilitat de les transaccions, proporcionant una protecció total respecte davant de qualsevol tipus d'interferència
- Les principals conseqüències d'aquest fet són:
  - $\Delta$  sobrecàrrega de l'SGBD en termes de gestió d'informació de control
  - $\nabla$  del nivell de paral·lisme
- En determinades circumstàncies és convenient relaxar el nivell d'aïllament i possibilitar que es produeixin interferències; això és correcte si se sap que aquestes interferències no es produiran realment o si no és important que es produeixin
- L'SQL estàndard ens permet relaxar el nivell d'aïllament de la manera següent:  
**SET TRANSACTION mode\_accés**  
**ISOLATION LEVEL nivell\_aïllament**  
**a on:**
  - Mode d'accés: READ ONLY o bé READ WRITE
  - Nivell d'aïllament: READ UNCOMMITTED, READ COMMITTED, REPEATABLE READ o bé SERIALIZABLE

## Reserves i nivells d'aïllament

	Actualització perduda	Lectura no confirmada	Lectura no repetible i anàlisi inconsistent (tret de fantasmes)	Fantasmes
<b>READ UNCOMMITTED</b>	Sí	No	No	No
<b>READ COMMITTED</b>	Sí	Sí	No	No
<b>REPEATABLE READ</b>	Sí	Sí	Sí	No
<b>SERIALIZABLE</b>	Sí	Sí	Sí	Sí

- **READ UNCOMMITTED** protegeix les dades actualitzades, evitant que cap altra transacció les actualitzi, fins que acaba la transacció
- **READ COMMITTED** protegeix parcialment les lectures, impedit que una altra transacció llegeixi dades que encara no s'han confirmat
- **REPEATABLE READ** impedeix, fins que acaba la transacció, que una altra transacció actualitzi una dada que s'hagi llegit
- **SERIALIZABLE** ofereix aïllament total i evita qualsevol tipus d'interferència incloent-hi els fantasmes

(Database Tuning. Dennis Shasha & Philippe Bonet)



## Reserves i nivells d'aïllament

### **READ UNCOMMITTED**

- Reserves X fins l'acabament de la transacció.
- No es fan reserves S per lectura

### **READ COMMITTED**

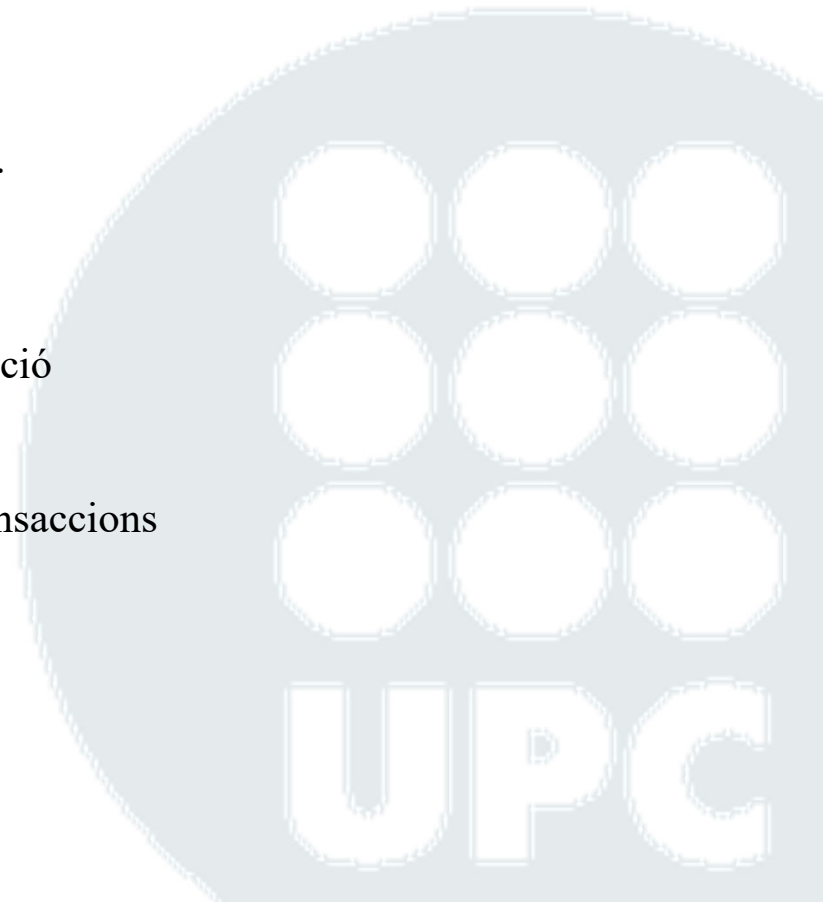
- Reserves X fins l'acabament de la transacció.
- Reserves S fins després de la lectura

### **REPEATABLE READ**

- Reserves X i S fins l'acabament de la transacció

### **SERIALIZABLE**

- Totes les reserves fins l'acabament de les transaccions
- (incloent reserves d'informació de control)



## Reserves i nivells d'aïllament:

### Actualització perduda

$T_1$	$T_2$
RU(A)	
	RU(A)
W(A)	
	W(A)
commit	
	commit

### Lectura no repetible

$T_1$	$T_2$
R(A)	
	RU(A)
	W(A)
R(A)	
commit	
	commit

### Lectura no confirmada

$T_1$	$T_2$
RU(A)	
W(A)	
	R(A)
	commit
abort	


### Fantasmes

$T_1$	$T_2$
R(IC)	
R(C1)	
R(C2)	
	RU(C3)
	W(C3)
	RU(IC)
	W(IC)
R(IC)	
R(C1)	
R(C2)	
R(C3)	
commit	
	commit

## Reserves i nivells d'aïllament

**READ UNCOMMITTED** Reserves X fins l'acabament de la transacció. No es fan reserves S per lectura

### Actualització Perduda

T1	T2
Lock(A,X) RU(A)  W(A) C(Unlock(A))	Lock(A,X)  RU(A) W(A) C(Unlock(A))

L'interferència s'evita. HSE: T1;T2

### Lectura no repetible

T1	T2
R(A)   R(A) C	Lock(A,X) RU(A) W(A)  C(Unlock(A))

L'interferència no s'evita

### Lectura no confirmada

T1	T2
Lock(A,X) RU(A) W(A)  A(Unlock(A))	R(A) C

L'interferència no s'evita

### Fantasmes

T1	T2
R(IC) R(C1) R(C2)   R(IC) R(C1) R(C2) R(C3) C	Lock(C3,X) RU(C3) W(C3) RU(IC) W(IC)   C(Unlock(C3))

L'interferència no s'evita

## Reserves i nivells d'aïllament

**READ COMMITTED** Reserves X fins l'acabament de la transacció. Reserves S fins després de la lectura


**Actualització perduda s'evita**

**Lectura no confirmada**

T1	T2
Lock(A,X) RU(A) W(A)	
	Lock(A,S)
A(Unlock(A))	
	R(A) Unlock(A) C(Unlock(A))


L'interferència s'evita. HSE: T1;T2

**Lectura no repetible**

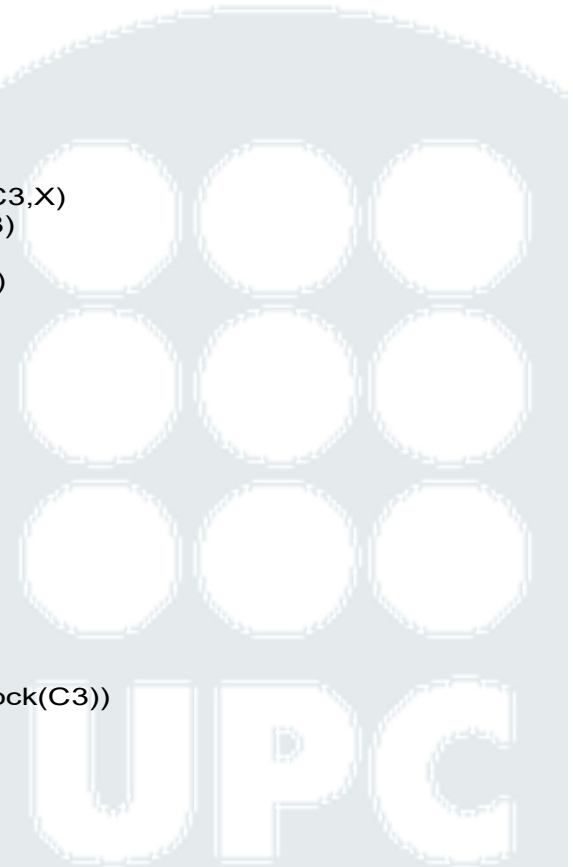
T1	T2
Lock(A,S) R(A) Unlock(A)	
	Lock(A,X) RU(A) W(A)
Lock(A,S)	
	C(Unlock(A))
R(A) Unlock(A) C	

L'interferència no s'evita

**Fantasmes**

T1	T2
R(IC) Lock(C1,S) R(C1) Unlock(C1) Lock(C2,S) R(C2) Unlock(C2)	
	Lock(C3,X) RU(C3) W(C3) RU(IC) W(IC)
R(IC) Lock(C1,S) R(C1) Unlock(C1) Lock(C2,S) R(C2) Unlock(C2) Lock(C3,S)	
	C(Unlock(C3))
R(C3) Unlock(C3) C	

L'interferència no s'evita




## Reserves i nivells d'aïllament


**REPEATABLE READ** Reserves X i S fins l'acabament de la transacció

**Actualització perduda** s'evita  
**Lectura no confirmada** s'evita

**Lectura no repetible**

T1	T2
Lock(A,S) R(A)	
	Lock(A,X)
R(A)	
C(Unlock(A))	
	RU(A) W(A) C(Unlock(A))
L'interferència <u>s'evita</u> . HSE: T1;T2	

**Fantasma**


T1	T2
R(IC) Lock(C1,S) R(C1) Lock(C2,S) R(C2)	
	Lock(C3,X) RU(C3) W(C3) RU(IC) W(IC)
R(IC) R(C1) R(C2) Lock(C3,S)	
	
	C(Unlock(C3))
R(C3) C(Unlock(C1,C2,C3))	
L'interferència <u>no s'evita</u>	

## Reserves i nivells d'aïllament

**SERIALIZABLE** Totes les reserves fins l'acabament de les transaccions  
(incloent reserves d'informació de control)

**Actualització perduda** s'evita  
**Lectura no confirmada** s'evita  
**Lectura no repetible** s'evita

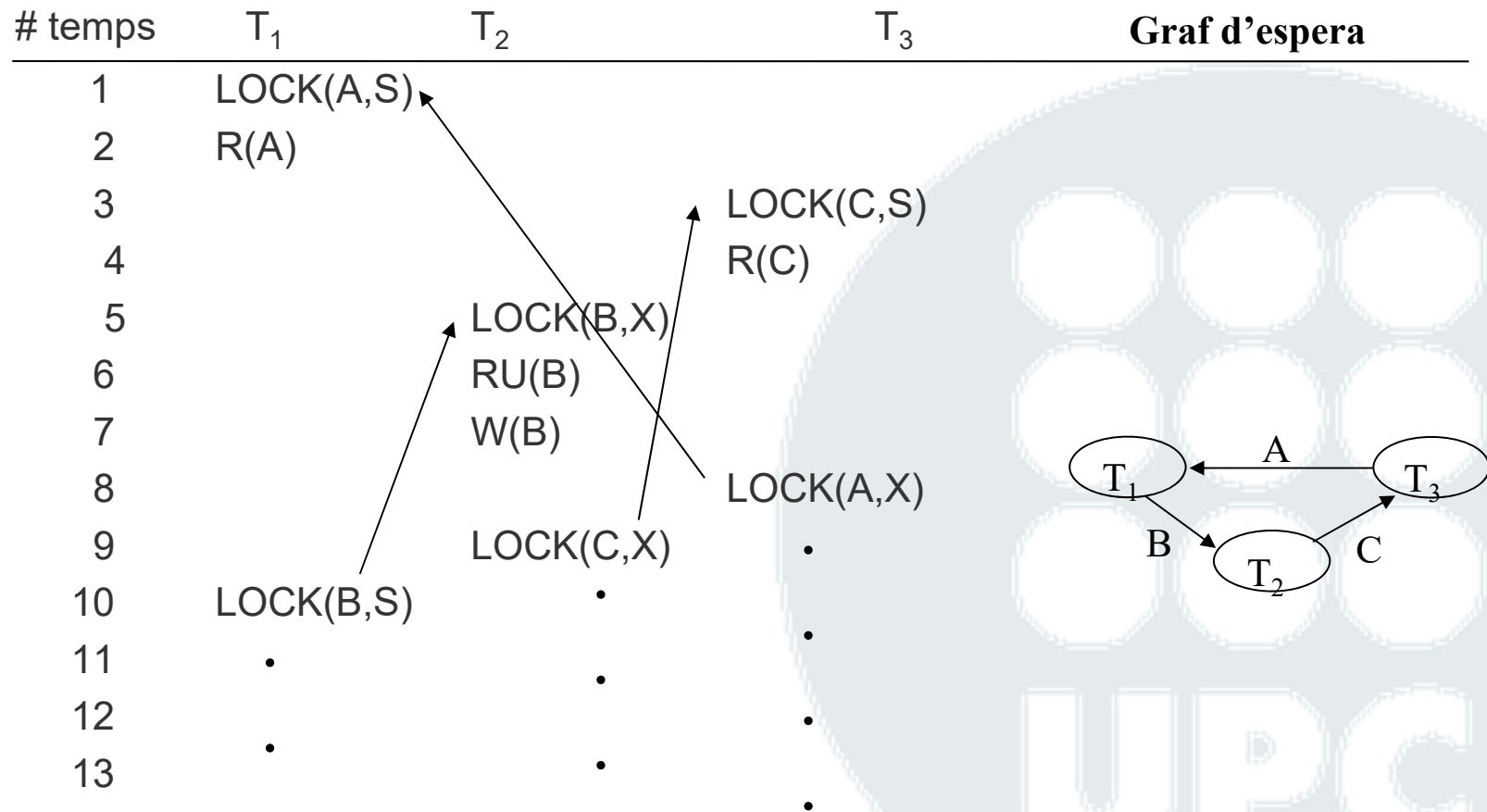
### Fantasmes

T1	T2
Lock(IC,S)	
R(IC)	
Lock(C1,S)	
R(C1)	
Lock(C2,S)	
R(C2)	
	Lock(C3,X)
	RU(C3)
	W(C3)
	Lock(IC,X)
	
R(IC)	
R(C1)	
R(C2)	
C(Unlock(IC,C1,C2))	
	RU(IC)
	W(IC)
	C(Unlock(IC,C3))

L'interferència s'evita. HSE: T1;T2

## Control de concurrència amb reserves: Abraçades mortals

- Problema inherent a les tècniques basades en reserves  $\Rightarrow$  possibilitat de que es produeixin **esperes indefinides** (abraçades mortals)





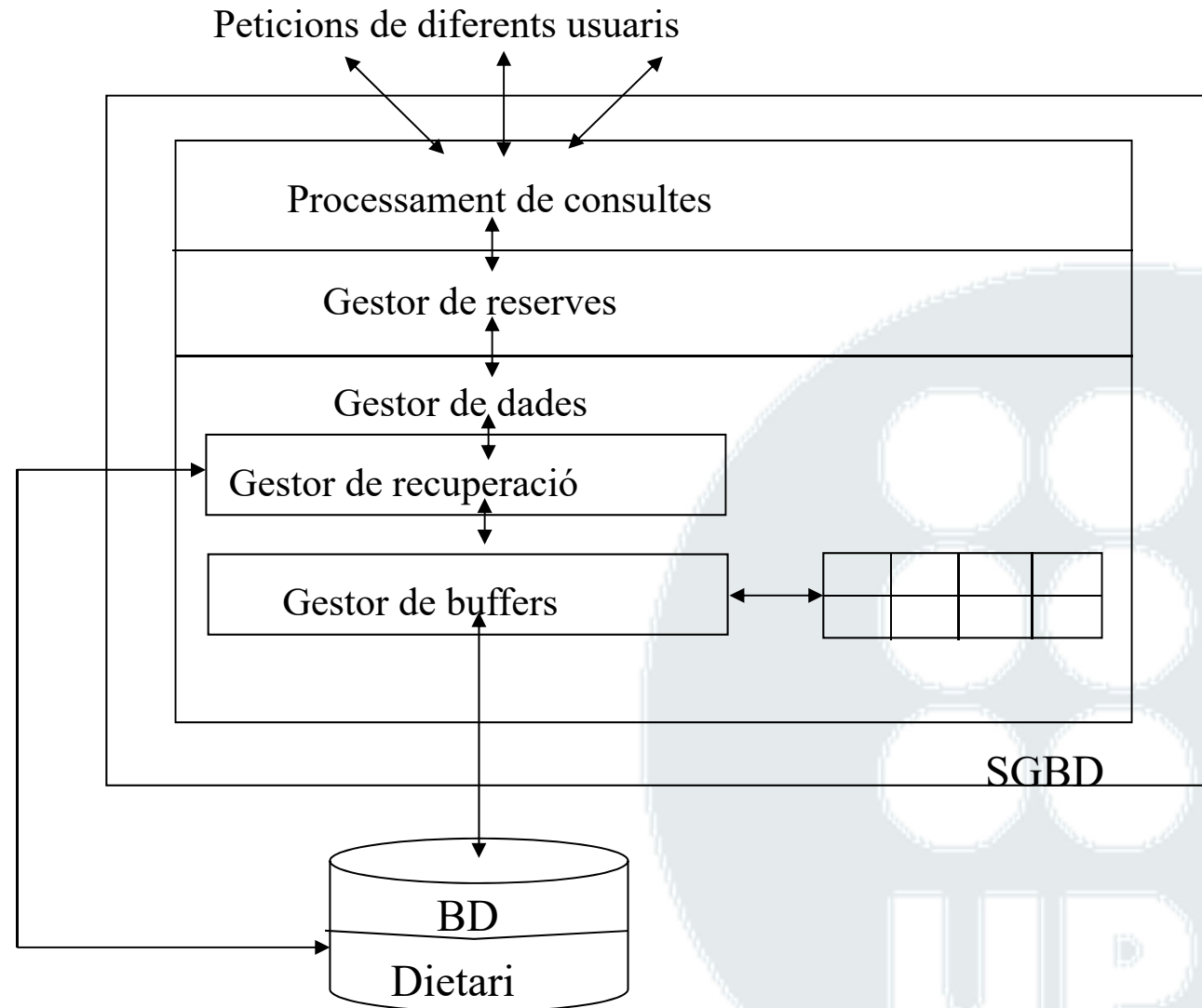
## Control de concurrència amb reserves: Abraçades mortals

- Davant de la possibilitat que es produeixin abraçades mortals, els SGBD basats en reserves han d'optar per una de les tres possibilitats següents:
  - Prevenir-les abans que es produeixin
  - **Detectar-les i resoldre-les una vegada s'hagin produït**
  - Definir un temps d'espera màxim que, un cop superat, faci que es cancel·li automàticament la transacció
- Un SGBD detecta les abraçades mortals buscant cicles en el graf d'espera. Aquesta cerca la pot fer en moments diferents:
  - Sempre que una transacció demana una reserva i no l'obté immediatament
  - Cada cert temps
  - Quan tenim transaccions que triguin massa temps en acabar
- Un cop que l'SGBD detecta l'abraçada mortal, la única cosa que pot fer és trencar el cicle cancel·lant una o diverses de les transaccions implicades

## Recuperació

- Els protocols de recuperació de l'SGBD han de garantir l'atomicitat i la definitivitat de les transaccions.
- Objectius: mai no es poden perdre els canvis efectuats per transaccions confirmades i mai s'han de mantenir els canvis efectuats per transaccions avortades
- Situacions que posen en perill els objectius anteriors:
  - La cancel·lació voluntària d'una transacció a petició de l'aplicació
  - La cancel·lació involuntària d'una transacció
  - Una caiguda del sistema, que provocaria la cancel·lació de totes les transaccions actives
  - La destrucció total o parcial de la BD a causa de desastres o fallades de dispositius
- En funció de la situació distingim dues parts de la recuperació:
  - La **restauració**, que garanteix l'atomicitat i la definitivitat davant de cancel·lacions de les transaccions i de caigudes del sistema
  - La **reconstrucció**, que recupera l'estat de la BD davant una pèrdua total o parcial de la informació emmagatzemada a disc a causa de fallades o desastres

## Recuperació



## Restauració

- La restauració ha de ser capaç d'efectuar dos tipus d'operacions:
  - La **restauració cap enrere**, que implica **desfer** els canvis d'una transacció avortada
  - La **restauració cap endavant**, que implica **refer** els canvis d'una transacció confirmada
- Per a desfer i refer canvis l'SGBD utilitza una estructura de dades amb informació dels canvis, el **dietari** (en anglès **log**), que guarda informació dels canvis que han efectuat les transaccions, i de les cancel·lacions i de les confirmacions d'aquestes:



Dietari

## Reconstrucció

- Per a poder reconstruir l'estat d'una BD després d'una pèrdua parcial o total de les dades, cal utilitzar dues fonts d'informació:
  - Una **còpia de seguretat** (bolcat) que contingui un estat correcte de la BD
  - El contingut del dietari a partir del moment en què es va fer la còpia de seguretat
- Podem fer una classificació de les còpies de seguretat en funció de les característiques següents:
  - Les còpies de seguretat poden ser estàtiques o dinàmiques
  - Les còpies de seguretat poden ser completes o incrementals

