

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 requisits dels usuaris

- D) Plantegem-nos què 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 que 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 ₁ (reintegament de 10)	Transacció T ₂ (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 ₁ (reintegament de 10)	Transacció T ₂ (reintegament 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 ₁ (lectura de saldo)	Transacció T ₂ (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: El compte1 i compte2 són de clients de Barcelona, el compte4 inicialment 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

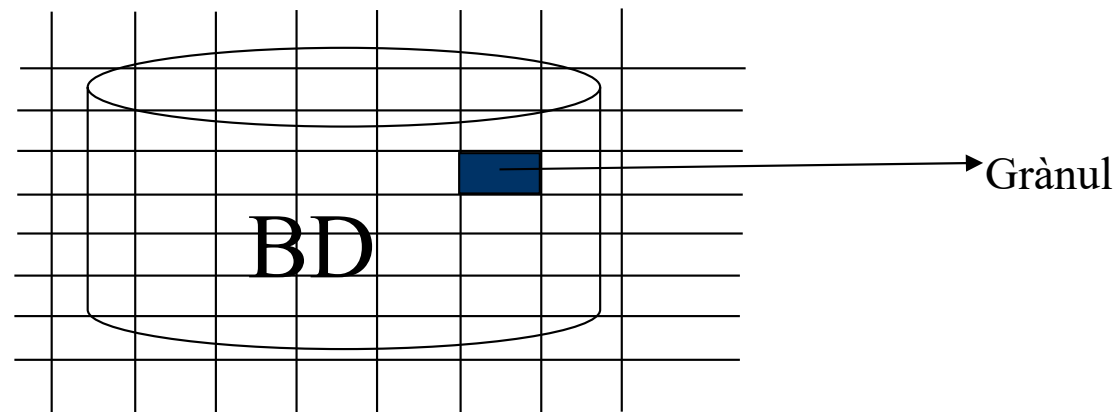
- La **teoria de la serialitzabilitat** defineix de manera precisa les condicions que s'han de complir per a considerar que les transaccions estan aïllades entre si correctament

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.



Serialitzabilitat: Traducció sentències SQL a operacions sobre grànuls:

Sentència SQL	Operació sobre grànuls
SELECT	$R(G)$ R: Lectura del grànul G
INSERT/UPDATE/DELETE	$RU(G) W(G)$ RU: Lectura amb intenció de modificació posterior del grànul G. Indica que la transacció voldrà executarà més endavant $W(G)$. W: Escritura del grànul 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 grànul sigui la fila, la traducció donaria lloc a tres R, 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

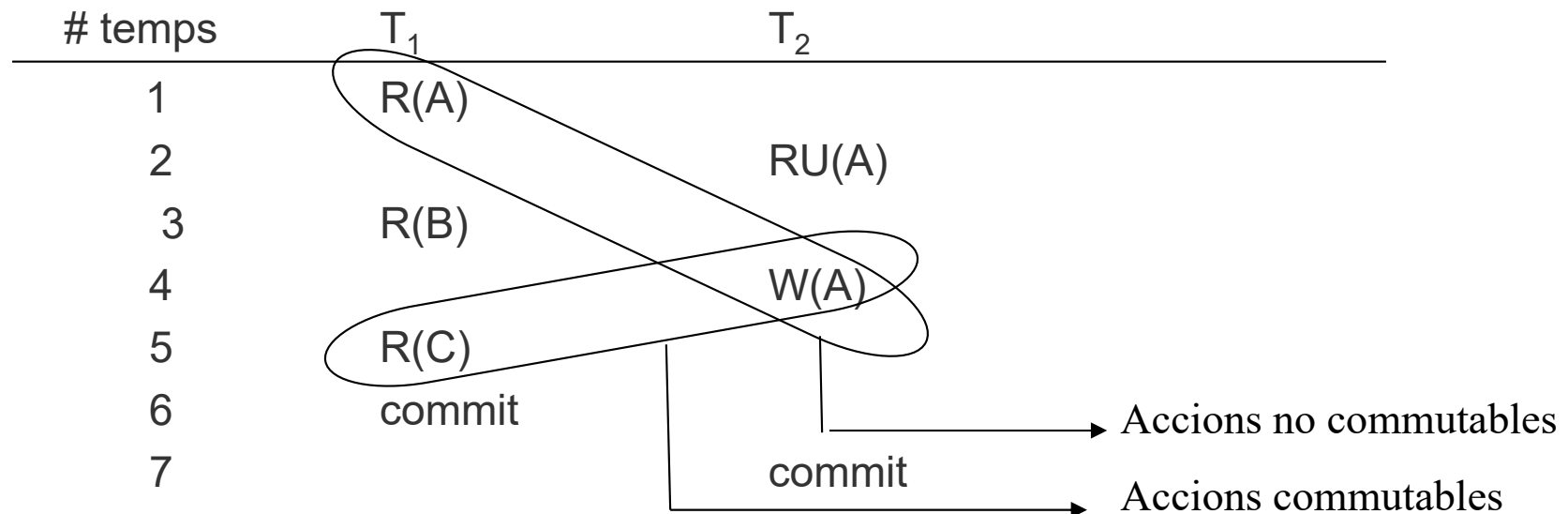
- Un **horari serial** és aquell a on **no hi ha encavalcament** entre les accions de les transaccions implicades:

# 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

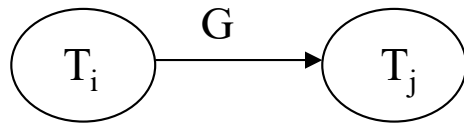
Serialitzabilitat: Accions conflictives

- 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**

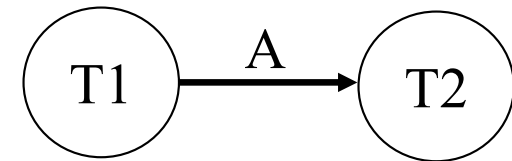
Serialitzabilitat: Graf de precedències



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

# temps	T ₁	T ₂	
1	R(A)		<div>Horari serialitzable? Sí</div> <div>Horari serial equivalent? T₁; T₂</div>
2		RU(A)	
3	R(B)		
4		W(A)	
5	R(C)		
6	commit		
7		commit	

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

```

graph LR
    T1_1[RU(A)] --> T2_2[RU(A)]
    T1_3[W(A)] --> T2_4[W(A)]

```

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 ₁	T ₂
1	R(A)	
2		RU(B)
3		W(B)
4	R(B)	
5		RU(A)
6		W(A)
7		commit
8	commit	

```

graph LR
    T1_1[R(A)] --> T2_5[RU(A)]
    T2_4[R(B)] --> T1_4[R(B)]
  
```


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

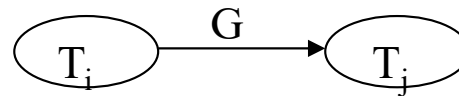
- Els SGBD garanteixen l'aïllament gràcies a les tècniques de control de concurrència.
- La tècnica més utilitzada per dur a terme el control de concurrència és la tècnica de reserves.
- La idea bàsica de l'ús de reserves és que una transacció ha d'obtenir una **reserva d'un grànul amb una certa modalitat** 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 ₁	T ₂
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

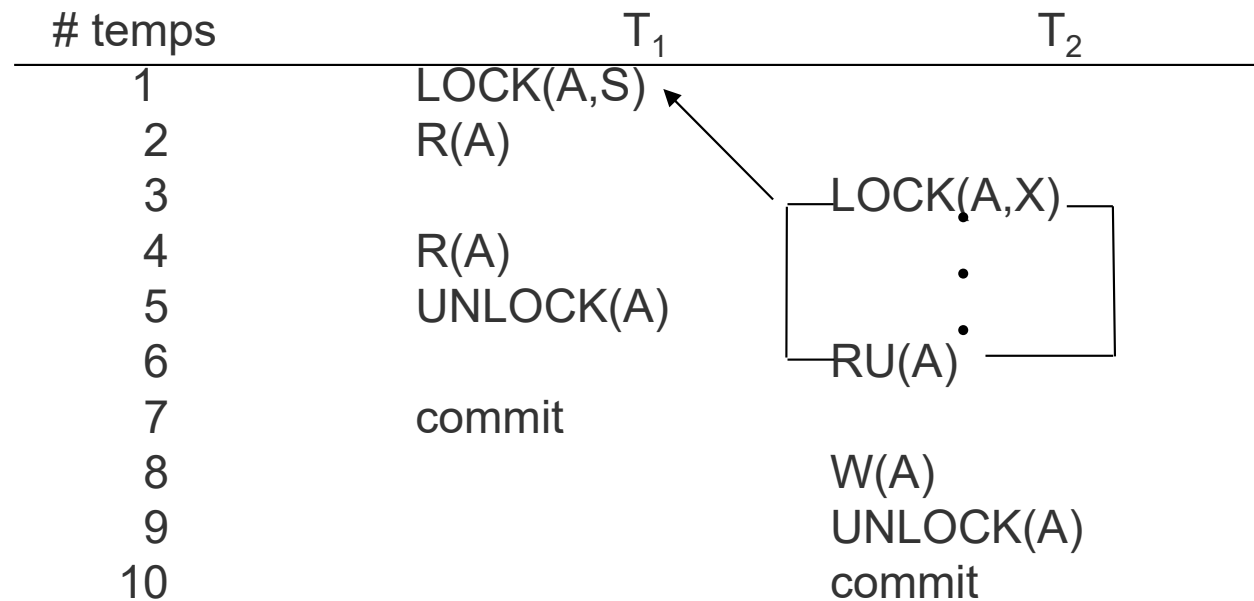
- Tot i que els serveis de petició i alliberament de reserves són la base sobre la qual es construeix el control de concurrència, per si mateixos no garanteixen l'aïllament de les transaccions:

# temps	T ₁	T ₂
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 $T_1; T_2$

Control de concurrència amb reserves: PR2F

- 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
- Necessitem que les reserves es mantinguin fins l'acabament de les transaccions

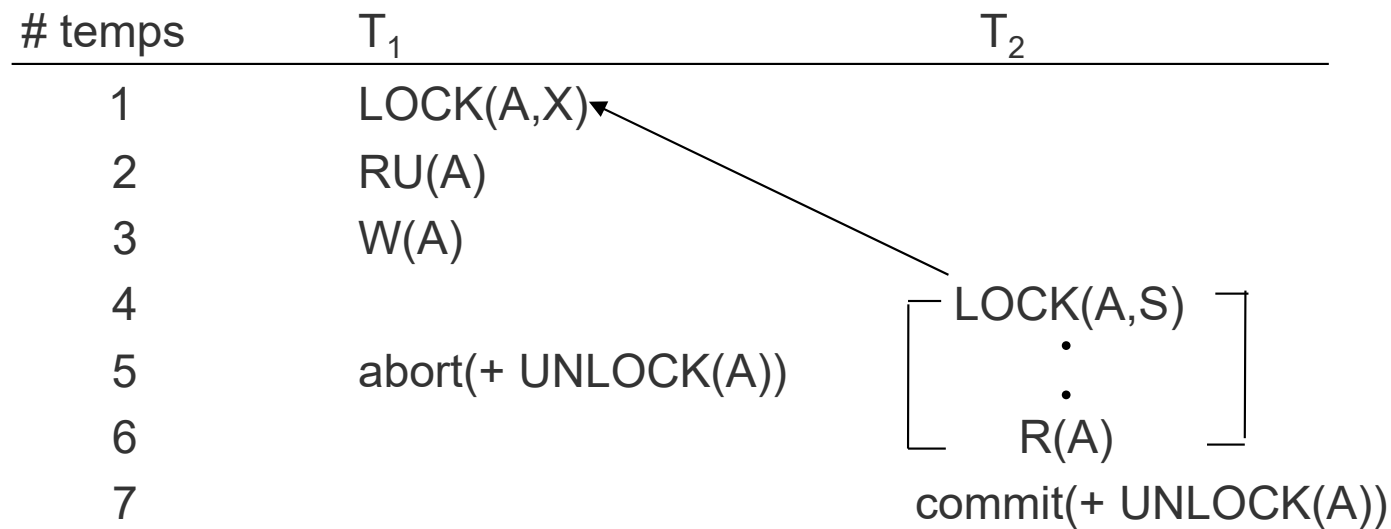


Protocol de reserves en dues fases (fortament) estricte
(PR2F+ reserves fins l'acabament de les transaccions)

Control de concurrència amb reserves: PR2F (fortament) estricte

PR2F (fortament estricte) =

PR2F+ reserves fins l'acabament de les transaccions



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:
 - Δ sobrecàrrega de l'SGBD en termes de gestió d'informació de control
 - ∇ 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
READ UNCOMMITTED	Sí	No	No	No
READ COMMITTED	Sí	Sí	No	No
REPEATABLE READ	Sí	Sí	Sí	No
SERIALIZABLE	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 - IC)

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 confirmada

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

L'interferència no s'evita

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

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	

Fantasmes

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 - IC)

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

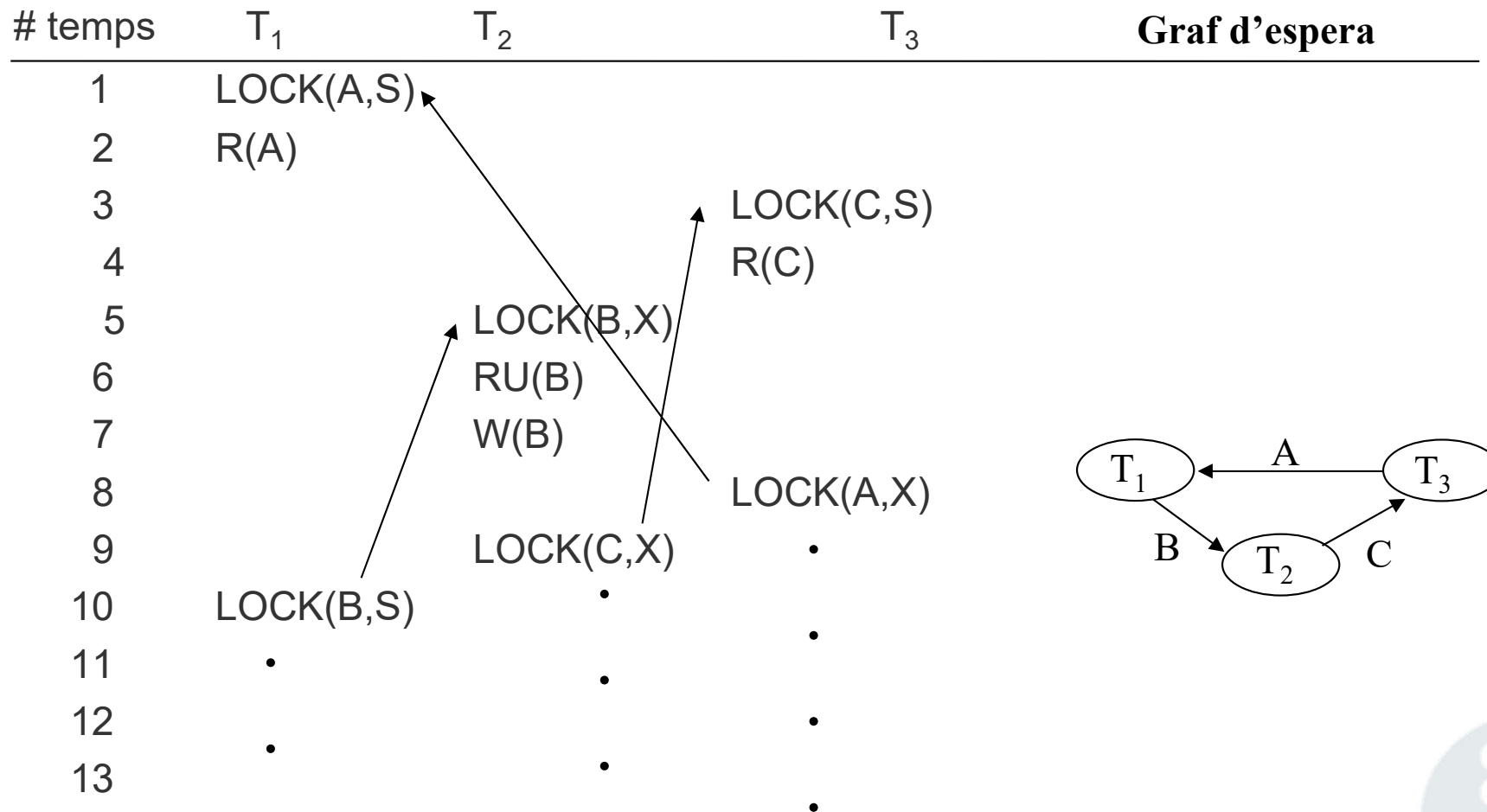
Fantasmes

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)



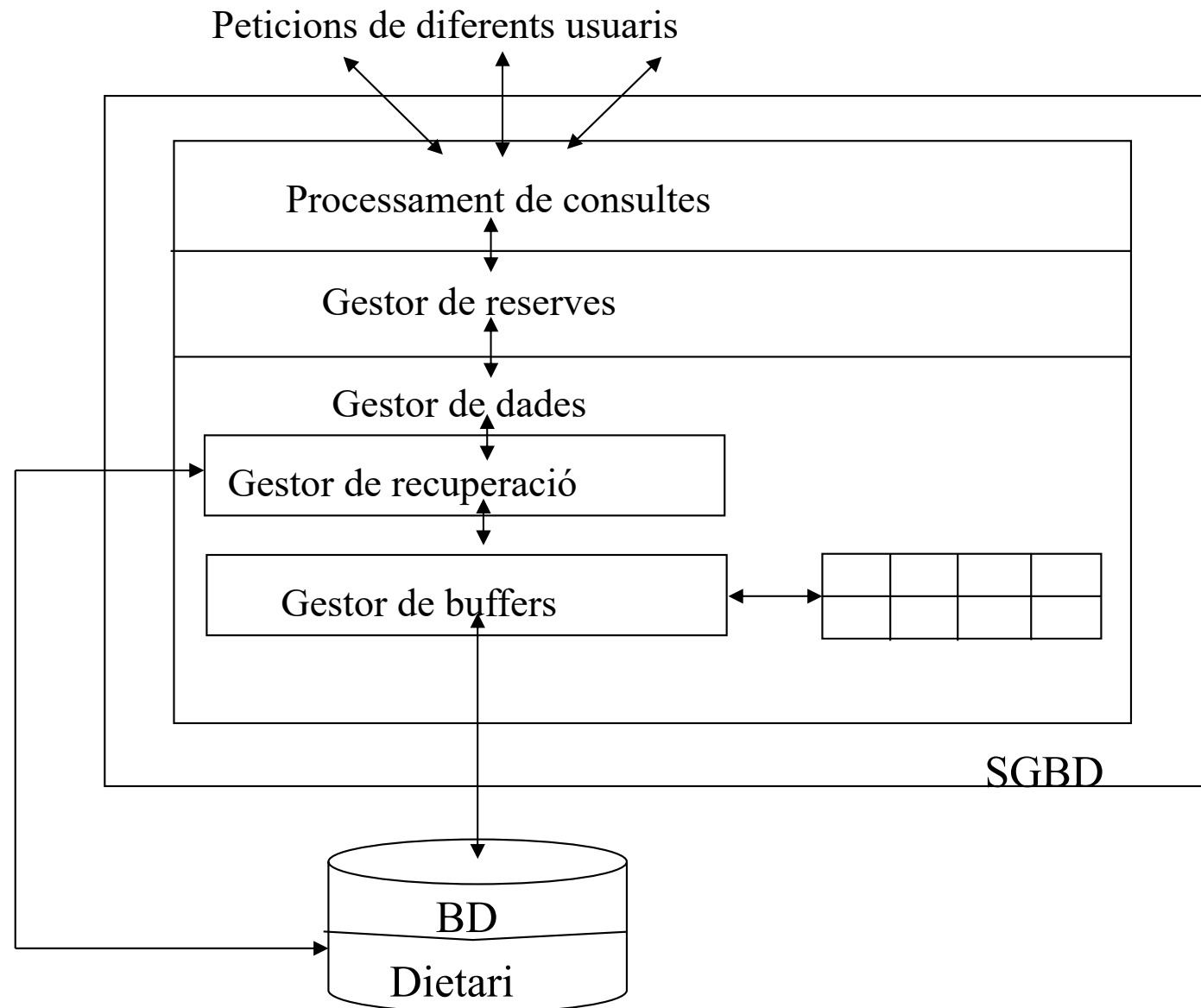
Control de concurrència amb reserves: Abraçades mortals

- 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 triguen 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