

Systèmes concurrents

2SN

ENSEEIH
Département Sciences du Numérique

20 septembre 2022

Quatrième partie

Interblocage

Contenu de cette partie

- définition et caractérisation des situations d'interblocage
- protocoles de traitement de l'interblocage
 - préventifs
 - curatifs
- apport déterminant d'une bonne modélisation/formalisation pour la recherche et la validation de solutions

Plan

- ① L'allocation de ressources multiples
- ② L'interblocage
 - Le problème
 - Condition nécessaire d'interblocage
- ③ Prévention
 - Approches statiques : empêcher, par construction, la formation de cycles dans le graphe d'allocation
 - Approche dynamique : esquive
- ④ Détection – Guérison
- ⑤ Conclusion

Allocation de ressources multiples

But : gérer la compétition entre activités

- N activités, 1 ressource → protocole d'exclusion mutuelle
- N activités, M ressources → ????

Modèle/protocole « général »

- Ressources banalisées, réutilisables, identifiées
- Ressources regroupées en classes :
une activité peut demander des ressources dans chaque classe
- Ressources allouées par un **gérant de ressources**
 - **demander** (IdClasse → natural) → (Set of IdRessource)
demander est **bloquant** si des ressources manquent.
 - **libérer** (Set of IdRessource) → unit
- Le gérant :
 - rend les ressources libérées utilisables par d'autres activités
 - libère les ressources détenues, à la terminaison d'une activité.

Garanties sur les réponses aux demandes d'allocation par le gérant

- **Vivacité faible** (*progression*) :
si **des** activités déposent des requêtes continûment, **une** des requêtes finira par être satisfaite ;
- **Vivacité forte** (*équité faible*) :
si une activité dépose sa requête de manière continue, elle finira par être satisfaite ;
- **Équité forte** : si une activité dépose une requête **infiniment souvent**, elle finira par être satisfaite ;
- **Équité FIFO** : si une activité dépose une requête, elle sera satisfaite avant toute autre requête (conflictuelle) déposée par la suite.

Famine (privation)

Une activité est en **famine** lorsqu'elle attend infiniment longtemps la satisfaction de sa requête (elle n'est jamais satisfaite).

Garanties sur les réponses aux demandes d'allocation par le gérant

- **Vivacité faible** (*progression*) :
si **des** activités déposent des requêtes continûment, **une** des requêtes finira par être satisfaite ;
- **Vivacité forte** (*équité faible*) :
si une activité dépose sa requête de manière continue, elle finira par être satisfaite ;
- **Équité forte** : si une activité dépose une requête **infiniment souvent**, elle finira par être satisfaite ;
- **Équité FIFO** : si une activité dépose une requête, elle sera satisfaite avant toute autre requête (conflictuelle) déposée par la suite.

Famine (privation)

Une activité est en **famine** lorsqu'elle attend infiniment longtemps la satisfaction de sa requête (elle n'est jamais satisfaite).

Plan

- ① L'allocation de ressources multiples
- ② L'interblocage
 - Le problème
 - Condition nécessaire d'interblocage
- ③ Prévention
 - Approches statiques : empêcher, par construction, la formation de cycles dans le graphe d'allocation
 - Approche dynamique : esquive
- ④ Détection – Guérison
- ⑤ Conclusion

Le problème

Contexte : allocation de ressources réutilisables

- non réquisitionnables
- non partageables
- en quantités entières et finies
- dont l'usage est indépendant de l'ordre d'allocation

Problème

P_1 demande A puis B ,

P_2 demande B puis A

→ risque d'interblocage :

- 1 P_1 demande et obtient A
- 2 P_2 demande et obtient B
- 3 P_2 demande A → se bloque
- 4 P_1 demande B → se bloque

Définition de l'interblocage

Interblocage

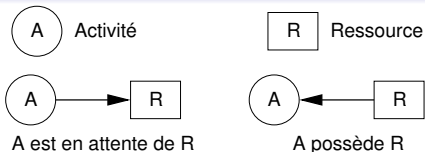
Un **ensemble** d'activités est en interblocage si et seulement si **toute** activité de l'ensemble est **en attente** d'une ressource qui ne peut être libérée que par une autre activité de cet ensemble.

Pour l'ensemble d'activités interbloquées :
Interblocage \equiv négation de la progression

absence de famine \Rightarrow absence d'interblocage

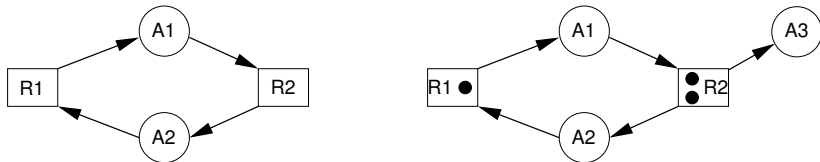
L'interblocage est un état stable.

Notation : graphe d'allocation



Condition nécessaire et suffisante à l'interblocage

Attente circulaire (cycle/knot dans le graphe d'allocation)



Solutions

Prévention : empêcher la formation de cycles dans le graphe

Détection + guérison : détecter l'interblocage, et l'éliminer

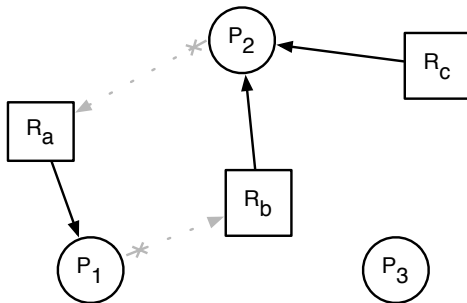
Plan

- 1 L'allocation de ressources multiples
- 2 L'interblocage
 - Le problème
 - Condition nécessaire d'interblocage
- 3 Prévention**
 - Approches statiques : empêcher, par construction, la formation de cycles dans le graphe d'allocation
 - Approche dynamique : esquive
- 4 Détection – Guérison
- 5 Conclusion

Comment éviter **par construction** la formation de cycles ? (1/4)

Éviter le blocage des activités

→ pas d'attente → pas d'arcs sortant d'une activité



- *Ressources virtuelles* : imprimantes, fichiers
- *Acquisition non bloquante* : le demandeur peut ajuster sa demande si elle ne peut être immédiatement satisfaite

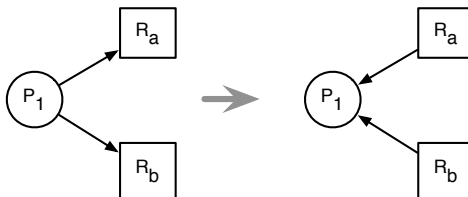
Comment éviter par construction la formation de cycles ? (2/4)

Éviter les demandes fractionnées

Allocation globale : chaque activité demande et obtient **en bloc**, en une seule fois, toutes les ressources nécessaires

→ une seule demande pour chaque activité

- demande satisfaite → arcs entrants uniquement
- demande non satisfaite → arcs sortants (attente) uniquement



- suppose la connaissance a priori des ressources nécessaires
- sur-allocation et risque de famine

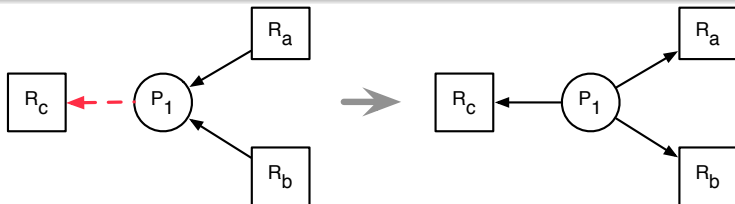
Comment éviter par construction la formation de cycles ? (3/4)

Permettre la réquisition des ressources allouées

- éliminer/inverser les arcs entrants d'une activité en cas de création d'arcs sortants

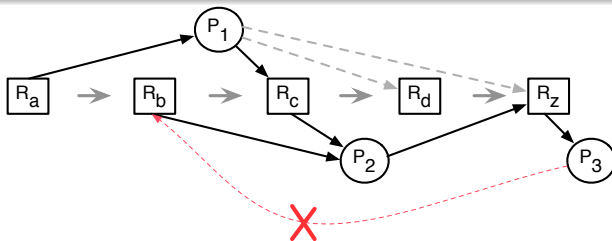
Une activité bloquée doit

- libérer les ressources qu'il a obtenues
- réobtenir les ressources libérées, avant de pouvoir poursuivre
→ risque de famine



(optimisation : restitution paresseuse des ressources : libération que si la demande est bloquante)

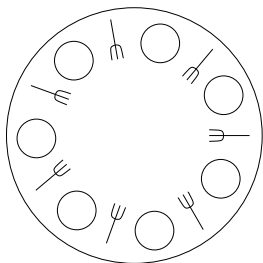
-



- pour chaque activité, les chemins du graphe d'allocation vont des ressources inférieures (déjà obtenues) aux supérieures (demandées)
- ⇒ tout chemin du graphe d'allocation suit l'ordre des ressources
- ⇒ le graphe d'allocation est sans cycle
(car un cycle est un chemin sur lequel l'ordre des ressources n'est pas respecté)

Exemple : philosophes et interblocage (1/2)

N philosophes sont autour d'une table.
Il y a une assiette par philosophe, et **une** fourchette entre chaque assiette. Pour manger, un philosophe doit utiliser les deux fourchettes **adjacentes** à son assiette (et celles-là seulement).



Un philosophe peut être :

- penseur : il n'utilise pas de fourchettes ;
- mangeur : il utilise les deux fourchettes adjacentes ; aucun de ses voisins ne peut manger ;
- demandeur : il souhaite manger mais ne dispose pas des deux fourchettes.

Exemple : philosophes et interblocage (2/2)

Risque d'interblocage

Chaque philosophe demande sa fourchette gauche et l'obtient. Puis quand tous ont leur fourchette gauche, chaque philosophe demande sa fourchette droite et se bloque. \Rightarrow interblocage

Solutions

Allocation globale : chaque philosophe demande simultanément les deux fourchettes.

Non conservation : quand un philosophe essaye de prendre sa seconde fourchette et qu'elle est déjà prise, il relâche la première et se met en attente sur la seconde.

Classes ordonnées : imposer un ordre sur les fourchettes \equiv tous les philosophes prennent d'abord la gauche puis la droite, sauf un qui prend d'abord droite puis gauche.

Esquive

Avant toute allocation, évaluation dynamique du risque (ultérieur) d'interblocage, compte tenu des ressources déjà allouées.

L'algorithme du banquier

- chaque activité **annonce** le nombre **maximum** de ressources qu'il est susceptible de demander ;
- l'algorithme maintient le système dans un état **fiable**, c'est-à-dire tel qu'il existe toujours une possibilité d'éviter l'interblocage dans le pire des scénarios (= celui où chaque activité demande la totalité des ressources annoncées) ;
- lorsque la requête mène à un état non fiable, elle n'est pas traitée, mais est mise en attente (comme si les ressources n'étaient pas disponibles).



Algorithme du banquier : exemple

12 ressources,

3 processus $P_0/P_1/P_2$ annonçant 10/4/9 comme maximum

	max	poss.	dem
P_0	10	5	
P_1	4	2	+1

oui

✓ $(5 + 4 + 2 \leq 12)$

✓ $(10 + (0) + 2 \leq 12)$

✓ $((0) + (0) + 9 \leq 12)$

P_2	9	2	
-------	---	---	--

Algorithme du banquier : exemple

12 ressources,

3 processus $P_0/P_1/P_2$ annonçant 10/4/9 comme maximum

	max	poss.	dem
P_0	10	5	
P_1	4	2	
P_2	9	2	+1

non

$\times (10 + 2 + 3 > 12)$

$\times (5 + 2 + 9 > 12)$

$\checkmark (5 + 4 + 3 \leq 12)$

$\times (10 + (0) + 3 > 12)$

$\times (5 + (0) + 9 > 12)$

Algorithme du banquier (1/2)

Allocation de Demande ressources au processus IdProc

```
var Demande, Disponibles : entier = 0,N;
    Annoncées, Allouées : tableau [1..NbProc] de entier;
    fini : booléen = faux;

si Allouées[IdProc]+Demande > Annoncées[IdProc] alors erreur
sinon
    tant que non fini faire
        si Demande > Disponible alors <bloquer le processus>
        sinon
            si étatFiable({1..NbProc}, Disponibles - Demande) alors
                Allouées[IdProc] := Allouées[IdProc] + Demande ;
                Disponibles := Disponibles - Demande;
                fini := vrai;
            sinon <bloquer le processus>;
        finsi
    finsi
fintq
finsi
```

Algorithme du banquier (2/2)

```
fonction étatFiable(demandeurs:ensemble de 1..NbProc,  
                    dispo : entier): booléen
```

```
  var d : 1..NbProc;  
      vus, S : ensemble de 1..NbProc :=  $\emptyset$ ,  $\emptyset$ ;  
      solution : booléen := (demandeurs =  $\emptyset$ );  
  
  début  
    répéter  
      S := {p ∈ demandeurs - vus / Annoncées[p] - Allouées[p] ≤ dispo}  
      si S ≠  $\emptyset$  alors  
        choisir d ∈ S;  
        vus := vus ∪ {d};  
        solution := étatFiable(demandeurs - {d},  
                               dispo + Annoncées[d] - Allouées[d]);  
      fin si;  
    jusqu'à (S =  $\emptyset$ ) ou (solution);  
    renvoyer solution;  
  fin étatFiable;
```

Plan

- 1 L'allocation de ressources multiples
- 2 L'interblocage
 - Le problème
 - Condition nécessaire d'interblocage
- 3 Prévention
 - Approches statiques : empêcher, par construction, la formation de cycles dans le graphe d'allocation
 - Approche dynamique : esquive
- 4 Détection – Guérison
- 5 Conclusion

Détection

- construire le graphe d'allocation
- détecter l'existence d'un cycle

Coûteux → exécution périodique (et non à chaque allocation)

Guérison : Réquisition des ressources allouées à une/des activités interbloquées

- fixer des critères de choix de l'activité victime (priorités...)
 - annulation du travail effectué par la(les) activité(s) victime(s)
 - coûteux (détection + choix + travail perdu + restauration),
 - pas toujours acceptable (systèmes interactifs ou embarqués).
-
- plus de parallélisme dans l'accès aux ressources qu'avec la prévention.
 - la guérison peut être un service en soi (tolérance aux pannes...)
→ Mécanismes de reprise : service de sauvegarde périodique d'états intermédiaires (*points de reprise*)

Plan

- ① L'allocation de ressources multiples
- ② L'interblocage
 - Le problème
 - Condition nécessaire d'interblocage
- ③ Prévention
 - Approches statiques : empêcher, par construction, la formation de cycles dans le graphe d'allocation
 - Approche dynamique : esquive
- ④ Détection – Guérison
- ⑤ Conclusion

- Usuellement : interblocage = inconvénient occasionnel
 - laissé à la charge de l'utilisateur/du programmeur
 - traitement :
 - utilisation de méthodes de prévention simples (classes ordonnées, par exemple)
 - ou détection empirique (délai de garde) et guérison par choix « manuel » des victimes
- Cas particulier : systèmes ouverts (plus ou moins) contraints par le temps
 - systèmes interactifs, systèmes embarqués
 - recherche de méthodes efficaces, prédictibles, ou automatiques
 - compromis/choix à réaliser entre
 - la prévention : statique, coûteuse et restreint le parallélisme
 - la guérison : moins prédictible, coûteuse quand les conflits sont fréquents.
- Émergence d'approches sans blocage (cf synchronisation non bloquante)