Communication par événements et bus à messages

Sacha Krakowiak
Université Joseph Fourier
Projet Sardes (INRIA et IMAG-LSR)

http://sardes.inrialpes.fr/~krakowia

Motivations

- Le modèle client-serveur ne répond pas à tous les besoins
  - Le schéma de base est synchrone
  - La communication est essentiellement 1 vers 1 (ou *n* vers 1)
  - Les entités (clients, serveurs) sont désignées explicitement
  - L'organisation de l'application est peu dynamique
- Les événements et bus à messages fournissent un modèle adapté à des besoins particuliers
  - Communication asynchrone
  - Communication possible *n* vers *p*
  - Possibilité de désignation non explicite des entités
  - Organisation dynamique des applications (facilité d'évolution, adjonction et retrait d'entités participantes)

Plan de la présentation

- Exemple introductif
- Modèles de communication asynchrone
  - Files de messages
  - Événements (*publish-subscribe*)
- Exemples
  - JMS (*Java Message Service*)
  - Le service d'événements de CORBA
  - Autres réalisations (*Message Oriented Middleware*)

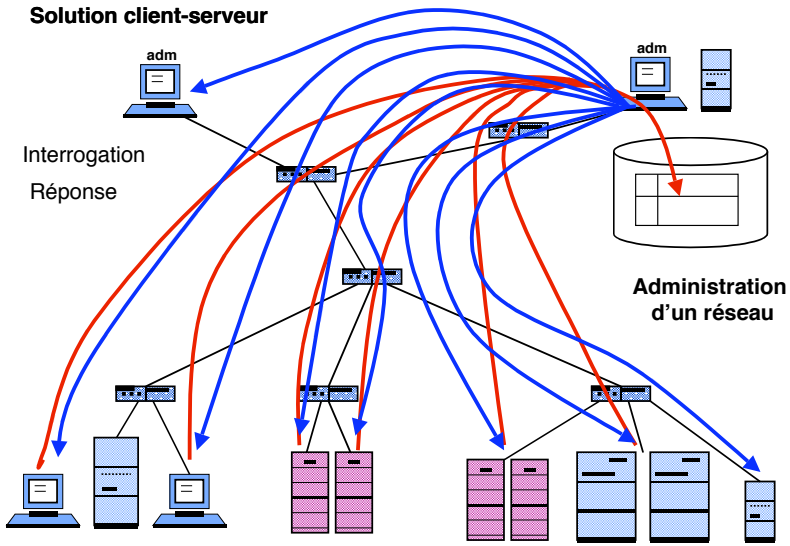
Exemple : administration d'un réseau
(surveillance des équipements)

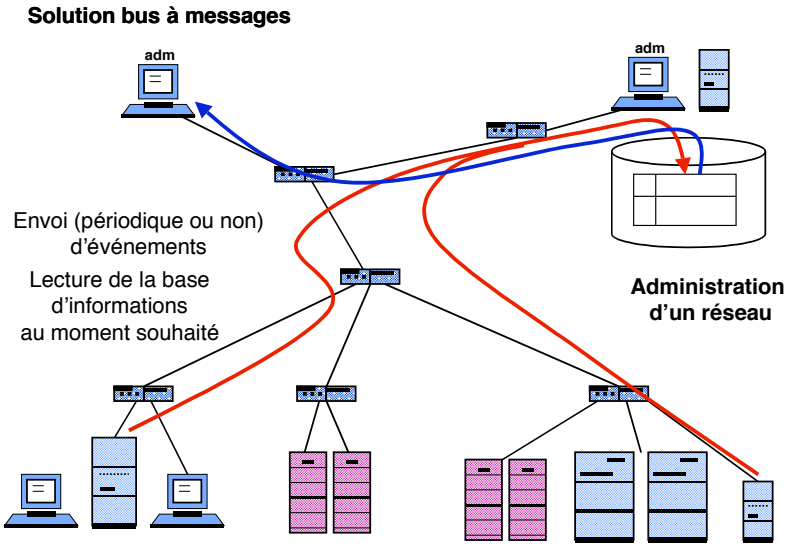
- Problème
  - Surveillance de l'état de machines, systèmes et applications dans un environnement distribué
  - Flot permanent de données en provenance de sources diverses sur le réseau
  - Modification permanente possible (ajout, suppression, déplacement des équipements)
  - Possibilité d'accès des administrateurs depuis n'importe quel poste de travail

Sources :

M. Riveill, A. Freyssinet, Modèles à bus de messages
École "Construction d'Applications Réparties", 1999

A. Freyssinet. Le système Joram, École "Intergiciel et Construction d'Applications Réparties", 2006





Solution bus à messages

- **Propriétés caractéristiques**
  - Les différents éléments administrés émettent des messages déclenchés par des événements
    - horloge (surveillance périodique)
    - changement d'état ou de configuration
    - alertes
  - Un ou plusieurs processus cycliques (démons) reçoivent ces notifications et maintiennent l'état courant du système
    - suivi des changements de configuration dynamiques
    - émission de messages signalant les changements d'état et les mises à jour
    - statistiques, journal de fonctionnement

Modèles à messages et événements

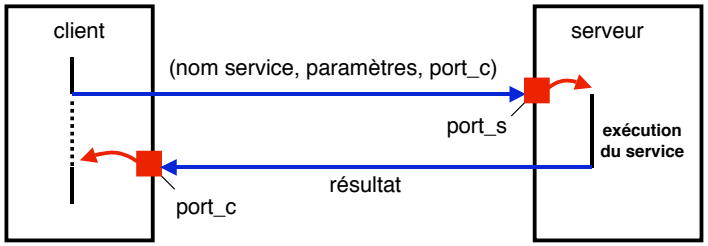
- **Messages et événements : deux notions voisines**
  - Aspects communs
    - Asynchronisme
    - Désignation explicite ou non des destinataires
      - Diffusion sélective
      - Groupes
  - Différences
    - Interface de programmation (API)
      - Primitives d'utilisation
      - Ajout et retrait de participants
      - Association entre notification et traitement

Communication par messages

- **Principes directeurs**
  - Communication asynchrone
  - Désignation du destinataire
    - directe
    - indirecte (via porte, file de messages)
  - Structuration des messages
    - messages éventuellement typés
- **Interface de programmation**
  - primitives de base : envoyer - recevoir (*send*, *receive*)
  - extensions : groupes, désignation associative
- **Mise en œuvre, outils**
  - interface *socket* sur niveau de transport, IP multicast
  - outils de développement encore peu évolués

Communication par messages : utilisation (1)

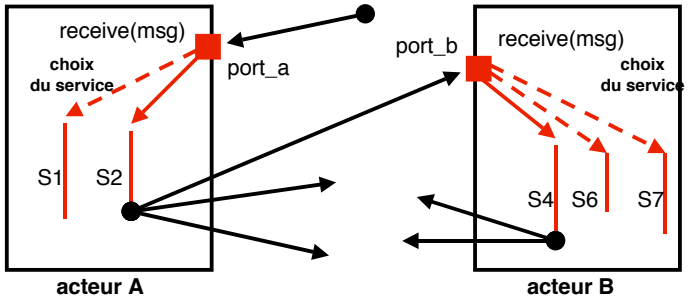
- **Utilisation de messages pour réaliser un schéma client-serveur**
  - cf réalisation du client-serveur avec des *sockets*



Problèmes
sécurité (n'importe qui peut envoyer un message sur port_s, port_c
gestion des erreurs (cf RPC)

Communication par messages : utilisation (2)

- **"Acteur" : action associée à la réception d'un message, pouvant déclencher l'envoi d'autres messages**



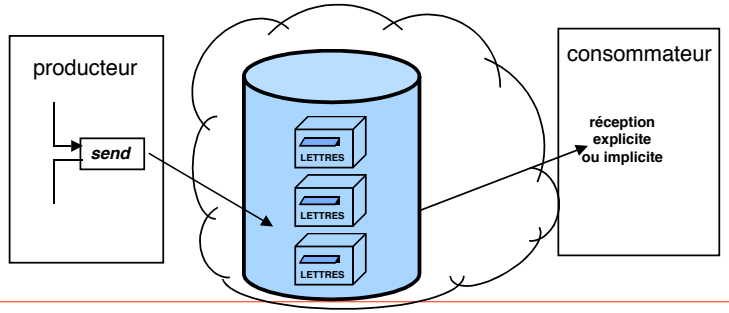
Problèmes : absence de structuration, gestion des erreurs

Communication par messages : extensions

- **Communication de groupe**
  - groupe = ensemble de destinataires désignés par nom unique
  - gestion dynamique (arrivée - départ ou défaillance de membres)
  - problème (difficile !) : maintien de la cohérence (vue cohérente de la composition du groupe, ordre causal de réception, etc.)
  - utilité : tolérance aux fautes, travail coopératif
  - on en reparlera à propos de tolérance aux fautes
- **Communication anonyme**
  - les destinataires d'un message sont identifiés par leurs propriétés, non par leur nom
  - propriétés
    - définies par un attribut du message (filtrage)
    - définies de manière externe
  - indépendance entre émetteurs et récepteurs (cf événements)

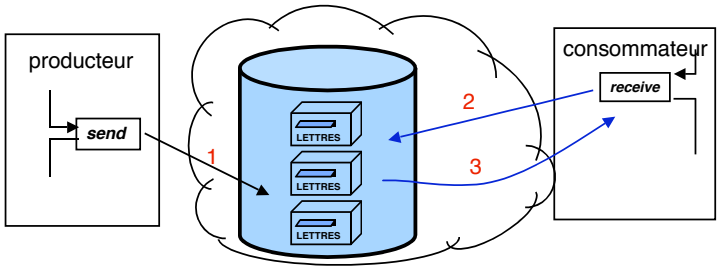
Bus logiciel à messages

- **Messages**
  - identification unique
  - typés ou non
  - persistants ou non
  - délivrés avec ou sans accusé de réception
- **Queues de messages**
  - identification unique
  - partagées par les applications
  - persistantes
  - ordre spécifié (total, causal, selon priorité, etc.)



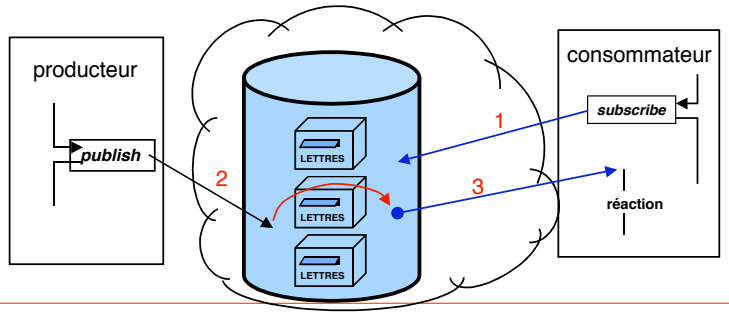
Bus logiciel à messages : réception synchrone (*pull*)

- **Réception explicite des messages (retrait)**
  - les clients viennent périodiquement prendre leurs messages dans une boîte aux lettres
  - le consommateur n'et pas nécessairement bloqué en l'absence de message
  - point à point



Bus logiciel à messages : réception asynchrone (*push*)

- **Réception des messages de manière implicite**
  - abonnement préalable du destinataire au service (on peut filtrer les messages par leurs attributs)
  - lors du dépôt d'un message, chaque destinataire est/sont informé(s) et exécute une réaction prédéfinie (comportant la lecture du message)
  - c'est en fait un modèle "événement-réaction" cf plus loin



Bus logiciel à messages : exemples d'API

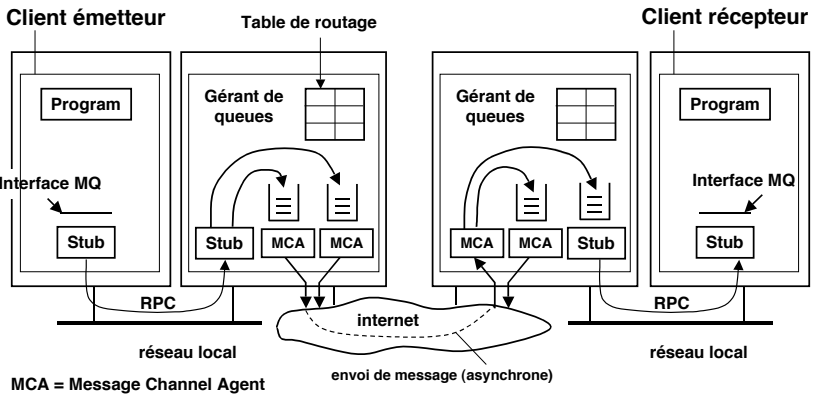
Pull

// créer et lier une file
msgQ:=new MsgQ(name, properties)
// produire un message
sendQ:=msgQ.attachSender(type)
sendQ.sendMsg(msg)
// consommer un message
recvQ:=msgQ.attachRecv(type)
msg:=recvQ.recvMsg(wait, select)
recvQ.confirmMsg(msg)
// délier une file
msgQ.detach()

Push

// créer et lier une file
topic=new Topic(name, properties)
// produire un message
pub:=topic.createPub()
pub.publish(msg)
// consommer un message
sub:=topic.createSub()
sub.subscribe(msg_reaction)
// délier une file
topic.detach()

Bus à messages : exemple IBM MQSeries

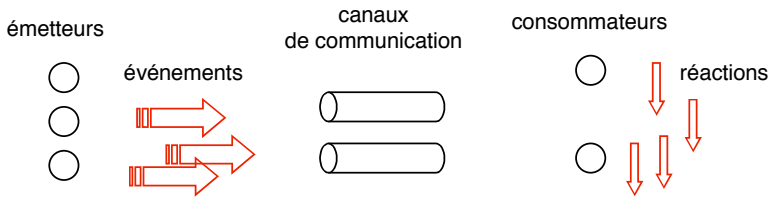


NB Pour des raisons de place, on n'a représenté que des files en émission sur l'émetteur, des files en réception sur le récepteur. En fait les 2 sortes de files sont sur tous les gérants.

Source : Tanenbaum & van Steen, Distributed Systems, Prentice Hall, 2002

Communication par événements : principes de base

- **Événements et réactions**
  - **événement = changement d'état survenant de manière asynchrone (par rapport à ses "consommateurs")**
  - **réaction = exécution d'une séquence prédéfinie liée à l'événement**
  - **association dynamique événement-réaction**
  - **communication anonyme : indépendance entre émetteur et "consommateurs" d'un événement**



Communication par événements : interface

Pas d'interface normalisée, donc on donne une idée des opérations usuelles d'un service d'événements (exemples concrets plus loin)

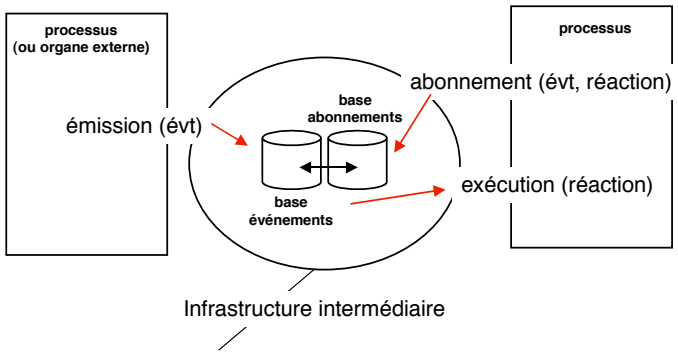
abonnement (sujet1, sujet2, ...)
désabonnement (sujet1, sujet2, ...)

associer (sujet1, réaction1 [paramètres])
dissocier (sujet1)

déclaration de types d'événements : définition des champs (sujet, attributs, …)

créer (événement [paramètres])
envoyer (événement)

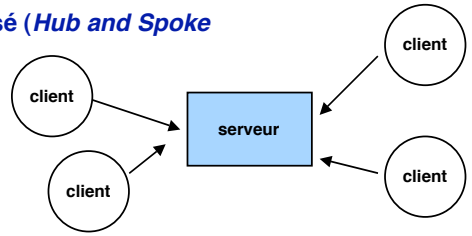
Communication par événements : mise en œuvre (1)



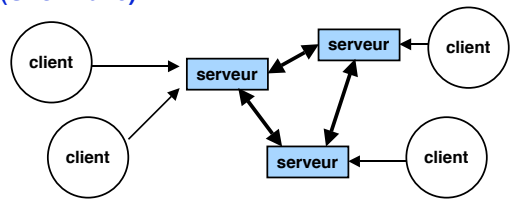
- **Serveur centralisé (*Hub and Spoke*)**
- **Serveur réparti (*Snowflake*)**
- **Service réparti (bus logiciel)**

Communication par événements : mise en œuvre (2)

- Serveur centralisé (*Hub and Spoke*

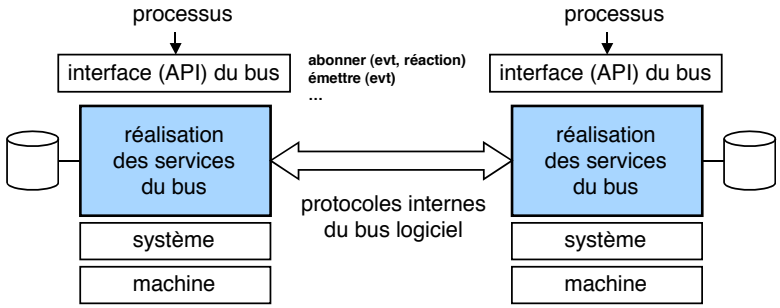


- Serveur réparti (*Snowflake*)



Communication par événements : mise en œuvre (3)

- Service réparti (bus logiciel)
  - NB : différence entre service et serveur (les deux réalisent un ensemble de fonctions définies par une interrface)
    - serveur : composant identifié
    - service : interface locale (serveur non identifié)

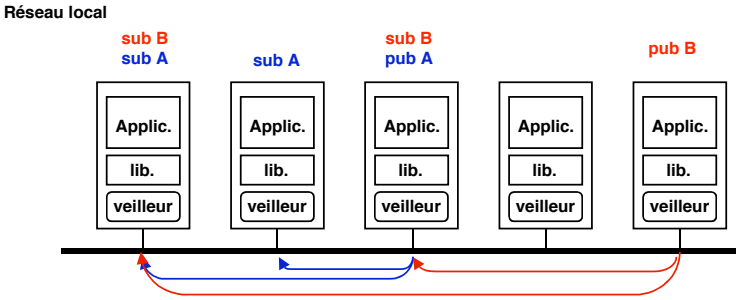


Exemple de système à événements : TIB/Rendez-vous

- Principe
  - Schéma *publish-subscribe* avec sujet
- Réalisation
  - Connexion des sites par réseau à diffusion (mais point à point possible)
  - Sur un réseau local : chaque site a un veilleur (*daemon*) qui sert d'interface pour l'envoi et la réception des messages
  - Sur une interconnexion de réseaux locaux : chaque réseau a un routeur qui lui permet de communiquer avec les autres réseaux. Le veilleur implanté sur le routeur sert d'interface de communication. On construit ainsi un réseau virtuel (*overlay network*) au niveau de l'application

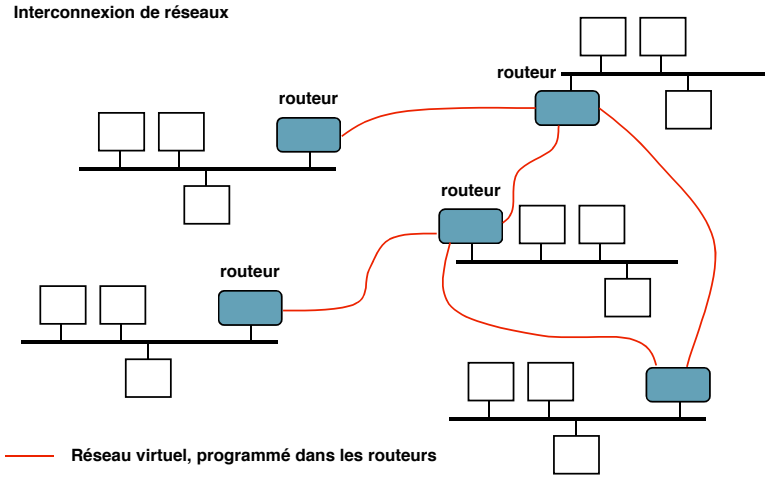
Source : Tanenbaum & van Steen, Distributed Systems, Prentice Hall, 2002

TIB/Rendez-vous : structure de communication (1)



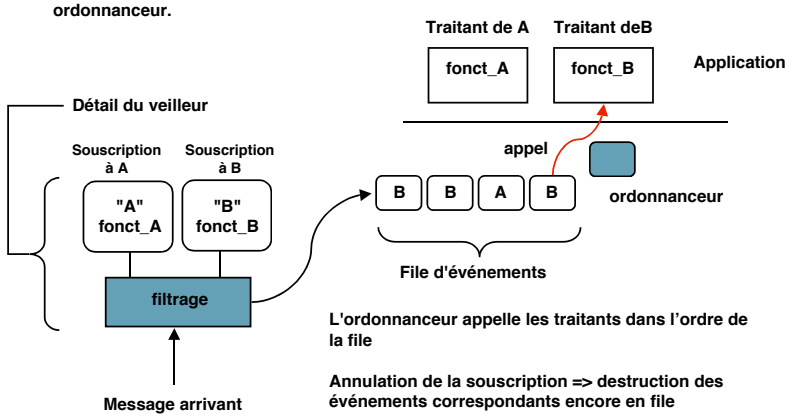
Un veilleur sur un site S entretient une table qui donne la liste des sujets auxquels a souscrit l'application sur S
Un site qui publie sur un sujet X passe le message à son veilleur qui le diffuse à tous les autres veilleurs
Chaque veilleur filtre les messages arrivants en fonction des sujets localement suscrits (le contenu de sa table)

TIB/Rendez-vous : structure de communication (2)



TIB/Rendezvous : traitement des réceptions

Principe : chaque réception de message correspondant à la souscription à un sujet S déclenche l'appel (asynchrone) d'une fonction de l'application (*callback)* chargée de traiter S. L'asynchronisme est traité au moyen d'une file d'événements et d'un ordonnanceur.



L'ordonnanceur appelle les traitants dans l'ordre de la file

Annulation de la souscription => destruction des événements correspondants encore en file

Conclusion sur messages et événements (1)

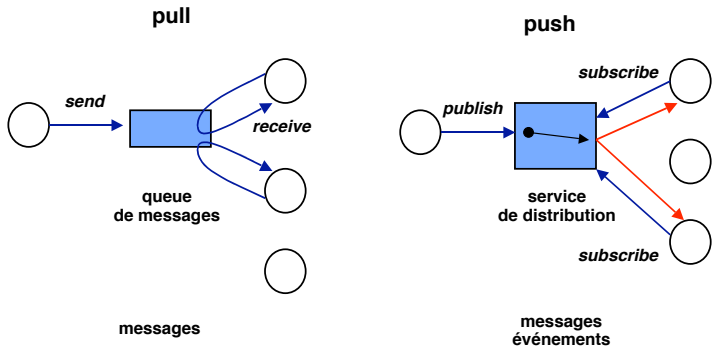
- Domaines d'application
  - Événements
    - génie logiciel (coopération entre outils de développement (SoftBench, ToolTalk, DecFuse, …)
    - *workflow* (applications à flots de données) KoalaBus, …
    - diffusion de logiciels et d'informations sur le web (iBus, CastaNet, Ambrosia, SmartSockets, …)
  - Messages
    - Accès distant à des serveurs
    - Intégration d'applications, notamment hétérogènes et de grande taille
    - Applications financières (bourse, enchères)
    - Administration, surveillance, applications configurables

Conclusion sur messages et événements (2)

- État du marché
  - Secteur en développement
    - large domaine d'application
    - besoins d'intégration grande échelle
  - Infrastructures propriétaires, mais début de normalisation
    - autour de Java, interface JMS
    - autour de CORBA : *Corba Event Service*
    - efforts de l'ECMA
  - Outils de développement encore sommaires

Rappel sur bus à messages

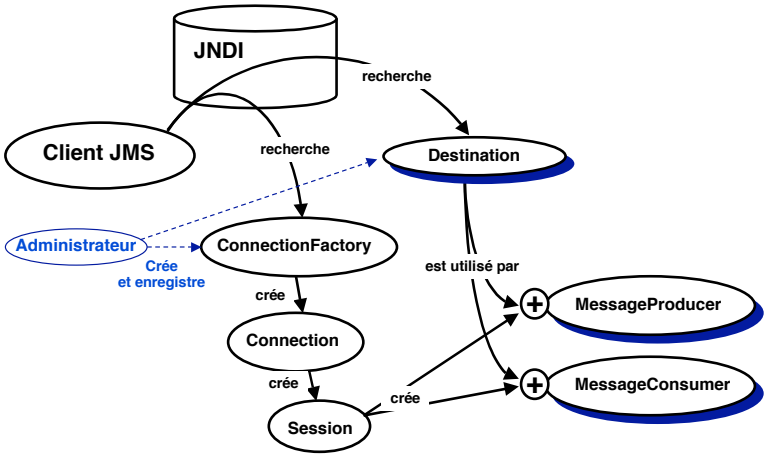
- Deux modes de fonctionnement



Trois exemples de mise en œuvre des messages et événements

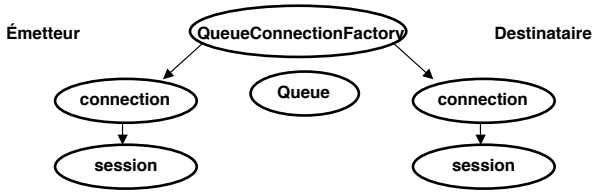
- JMS (*Java Message Service*)
  - Interface Java standard pour communication par message
  - Ne définit pas d'implémentation
    - Peut servir à interfacer un système existant
      - IBM MQ Series, Novell, Oracle, Sybase, Tibco
    - Des implémentations spécifiques peuvent être réalisées
    - Supporte point à point et *publish/subscribe*
- *Event Service* de CORBA
  - L'un des *Object Services* définis par l'OMG
  - Définit un ensemble de classes permettant de réaliser un service d'événements
  - Supporte les modes *push* et *pull*
- Jini (Sun)
  - Service de coordination à base d'objets partagés (Java)
  - Utilsé pour des environnements dynamiquement variables (découverte de ressources)

Architecture générale de JMS



JMS "Point-to-Point"

Opérations préalables :
création de *Queue* et *QueueConnectionFactory* par l'administrateur
enregistrement dans *messaging* sous JNDI

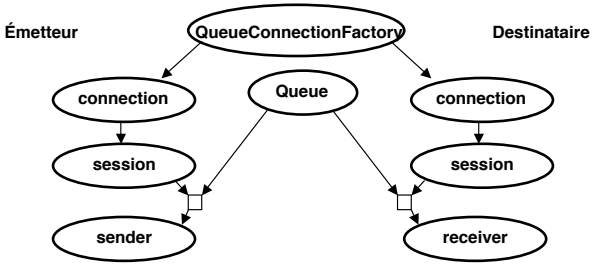



```
QueueConnectionFactory connectionFactory =
        (QueueConnectionFactory) messaging.lookup ("nom_fabrique") ;
Queue queue =
        (Queue) messaging.lookup ("nom_queue.") ;

QueueConnection connection = connectionFactory.createQueueConnection () ;

QueueSession session = connection.createQueueSession () ;
```

JMS “Point-to-Point”



Chez l’émetteur

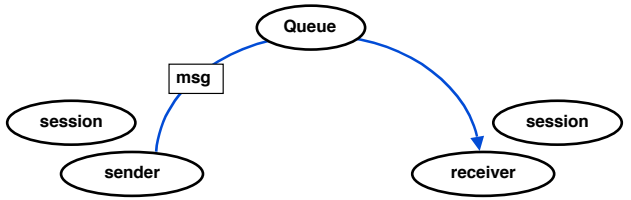
```
QueueSender sender =
   session.CreateSender (queue) ;
```

Chez le destinataire

```
String selector =
   new String ("(name = 'Bull') or (name = 'IBM')");
QueueReceiver receiver =
   session.CreateReceiver (queue, selector) ;
```

Réception sélective des messages dont l’attribut *name* contient une chaîne donnée

JMS “Point-to-Point”



Chez l’émetteur

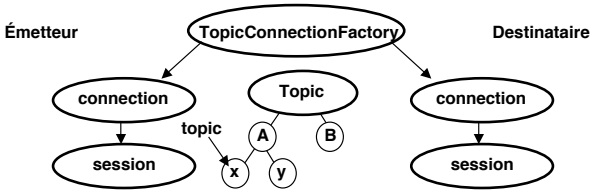
```
TextMessage msg =
   session.createTextMessage ;
msg.setText ("le texte du message") ;
Sender.send (msg) ;
```

Chez le destinataire

```
TextMessage msg = (TextMessage)
   receiver.receive () ;
```


JMS “Publish-Subscribe”

Opérations préalables :
création de *Topic* et *TopicConnectionFactory* par l’administrateur
enregistrement dans *messaging* sous JNDI

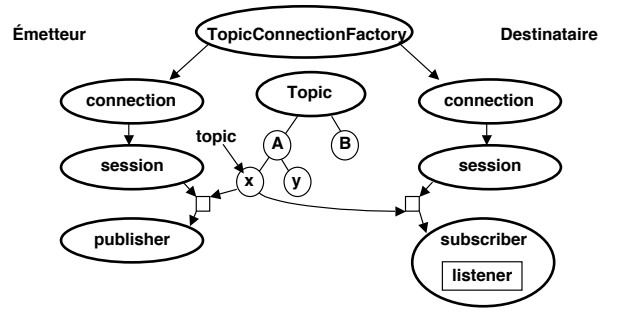



```
TopicConnectionFactory connectionFactory =
        (TopicConnectionFactory) messaging.lookup (“nom_fabrique”) ;
Topic topic =
        (Topic) messaging.lookup (“/A/x”) ;

TopicConnection connection = connectionFactory.createTopicConnection () ;

TopicSession session = connection.createTopicSession (false, Session.CLIENT_ACKNOWLEDGE)
                                                      pas en mode transaction   acquitté par client
```


JMS “Publish-Subscribe”



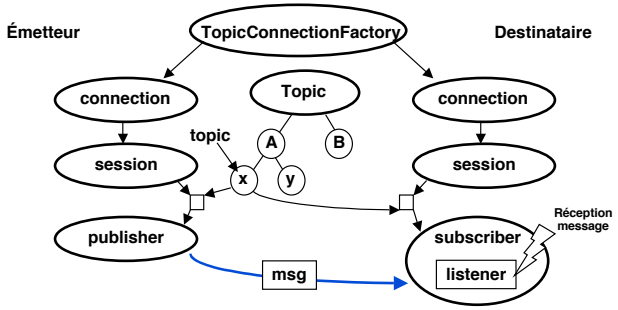
Chez l’émetteur

```
TopicPublisher publisher =
   session.CreatePublisher (topic) ;
```

Chez le destinataire

```
TopicSubscriber subscriber =
   session.CreateSubscriber (topic) ;
Subscriber.setMessageListener(listener)
```

JMS “Publish-Subscribe”



Chez l’émetteur

```
publisher.publish (msg) ;
```

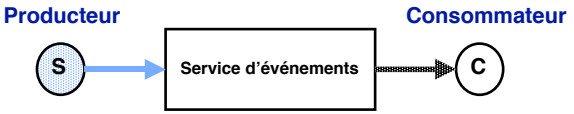
Chez le destinataire : programme du *listener*

```
public class listener implements javax.jms.MessageListener {
   void onMessage (Message msg) throws JMSException {
         // déballer et traiter le message
            …
         }
   }
```

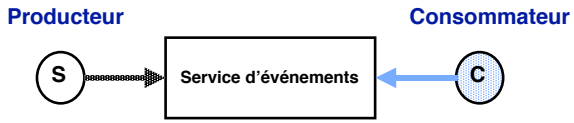

Service d’événements CORBA

- **Définit un ensemble de classes permettant la communication par événements**
- **Deux modes : *push* et *pull***

push **(initiative émetteur, ou producteur d’événements)**



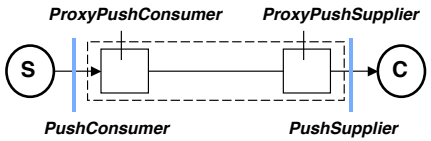
pull **(initiative récepteur, ou consommateur d’événements)**



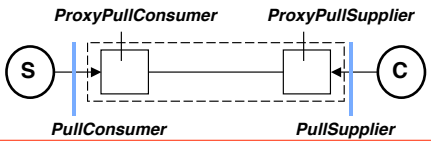
Événements CORBA : principes de base

- **Utilisation du principe du mandataire (*proxy*)**
  - **Chaque correspondant s’adresse au *proxy* de l’autre (des autres)**
  - **Le service d’événements fournit un mécanisme pour la création des *proxy***

Mode *push*



Mode *pull*



Le module *EventComm*

- **Fournit les 4 interfaces de base du service d’événements**

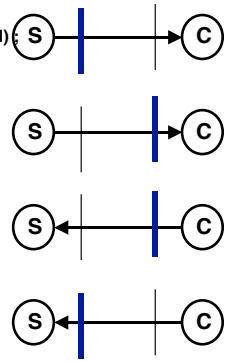
```
module CosEventComm {
   exception Disconnected {} ;

   interface PushConsumer {
         void push (in any data) raises (Disconnected) ;
         void disconnect_push_consumer () ;
   } ;

   interface PushSupplier {
         void disconnect_push_supplier () ;
   } ;

   interface PullSupplier {
         any pull () raises (Disconnected) ;
         any try_ pull ()
                  raises (Disconnected) ;
   void disconnect_pull_supplier () ;
   } ;

   interface PullConsumer {
    void disconnect_pull_consumer ()  ;
   } ;
};
```



Gestion des participants : *EventChannel*

- **Fonctions**
  - Gestion de la communication entre producteurs multiples et consommateurs multiples
  - Ces participants sont connectés à travers un canal d'événements (*EventChannel*)

  - Fonctionne selon le principe de la fabrique (*factory*)
  - Connexion d'un nouveau participant = fabrication et fourniture du *proxy* correspondant à sa fonction (S ou C, *push* ou *pull*)
  - L'interface *EventChannel* fournit les primitives de gestion des canaux d'événements

Le module *EventChannelAdmin*

```
#include "EventComm.idl"
module CosEventChannelAdmin {
   exception AlreadyConnected {} ;
   exception TypeError {} ;

   interface ProxyPushConsumer …
   …
   interface ProxyPushSupplier …
   …
   interface ProxyPullConsumer …
   …
   interface ProxyPullSupplier …
   …

   interface ConsumerAdmin {
            ProxyPushSupplier obtain_push_supplier () ;
            ProxyPullSupplier obtain_pull_supplier () ;} ;

   interface SupplierAdmin {
            ProxyPushconsumer obtain_push_consumer () ;
            ProxyPullconsumer obtain_pull_consumer () ; } ;

   interface EventChannel {
           ConsumerAdmin for_consumers () ; // ajouter nouveau consommateur
           SupplierAdmin for_suppliers () ; // ajouter nouveau producteur
           void destroy ; } ;   // détruire le canal
} ;
```

Les interfaces des *proxy* (détails plus loin)

L'interface de gestion des consommateurs

L'interface de gestion des producteurs

L'interface de gestion du canal d'événements

Interfaces des *proxy*

```
module CosEventChannelAdmin {
   exception AlreadyConnected {} ;
   exception TypeError {} ;

   interface ProxyPushConsumer : CosEventComm ::PushConsumer {
           void connect push_supplier
                   (in CosEventComm::PushSupplier push_supplier)
                   raises AlreadyConnected) ; }

   interface ProxyPushSupplier  : CosEventComm ::PushSupplier {
           void connect push_consumer
                   (in CosEventComm::PushConsumer push_consumer)
                   raises AlreadyConnected, TypeError) ; }

   interface ProxyPullConsumer  : CosEventComm ::PullConsumer {
           void connect pull_supplier
                   (in CosEventComm::PullSupplier pull_supplier)
                   raises AlreadyConnected, TypeError) ; }

   interface Proxy PullSupplier  : CosEventComm ::PullSupplier {
           void connect pull_consumer
                   (in CosEventComm::PullConsumer pull_consumer)
                   raises AlreadyConnected) ; }
   …
} ;
```


Étapes du développement d'une application

- Obtenir un canal d'événements (soit *channel*)
  - La gestion des canaux n'est pas du ressort du service d'événements
  - On utilise une fabrique de canaux et un serveur de noms
- Côté producteur (par ex. mode *push*) [très schématique]

```
supplier_admin = channel->for_suppliers() ;
proxy_push_consumer = supplier_admin->obtain_push_consumer ;
proxy_push_consumer->connect_push_supplier (…) ;

Initialiser une structure de "callback" (appel en retour)
   pour activer le consommateur lors de l'arrivée du message

proxy_push_ consumer->push (message) ;
```

- Côté consommateur

```
consumer_admin = channel->for_consumers() ;
proxy_push_supplier = consumer_admin->obtain_push_supplier ;
proxy_push_supplier->connect_push_consumer (…) ;

Lors du "callback" signalant l'arrivée d'un message, extraire et traiter le message reçu
```

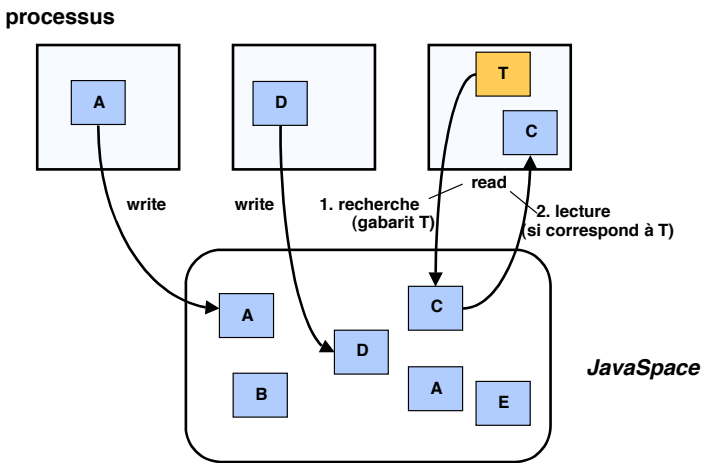
Jini : un service de coordination à objets partagés

- **Motivations**
  - Développement d'applications réparties dans lesquelles l'environnement change dynamiquement par ajout ou suppression d'éléments (objets mobiles, appareils divers, etc.) et où l'application doit s'adapter dynamiquement à ces changements
- **Objectif**
  - Fournir un service assurant la coordination d'un ensemble de processus à travers un espace d'information partagé
  - En particulier, permettre l'intégration et la découverte dynamiques de ressources dans un environnement réparti
  - Implémentation : intégré à Java, mais les principes peuvent être réutilisés dans un environnement non Java
    - Repose sur un modèle de coordination par espace d'objets partagés (JavaSpaces)

JavaSpaces : coordination par objets partagés

- **Espace de tuples**
  - Modèle inspiré de Linda
  - Un *JavaSpace* = un espace partagé contenant des tuples (ensembles de références typées à des objets Java)
  - Représentation d'un tuple : ensemble de références sérialisées
- **Opérations sur les tuples**
  - Écrire (*write*) : insérer un tuple dans un JavaSpace
  - Lire : rechercher dans un JavaSpace un tuple filtré par un gabarit (*template*)
  - Gabarit : modèle pour un tuple, contient des références typées, peut contenir des champs NULL (qui sont conformes à toute référence)
    - Opération bloquante pendant la recherche
    - Deux variantes
      - *read* : le tuple lu reste dans le JavaSpace
      - *take* : le tuple lu est extrait du JavaSpace

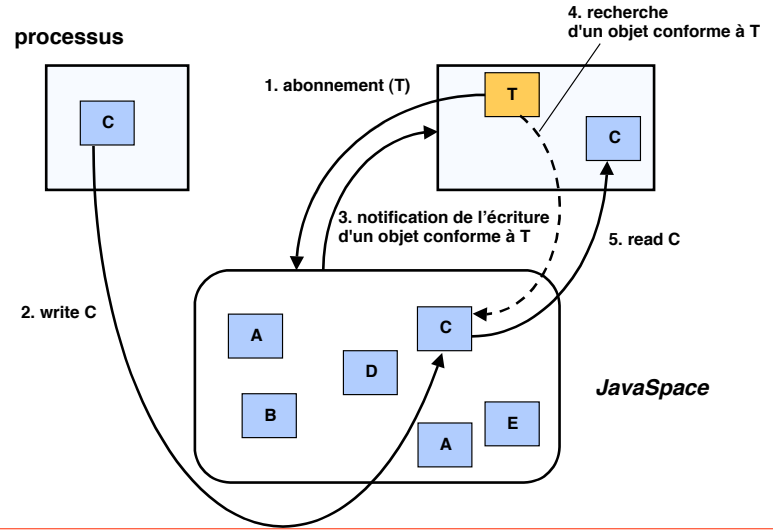
Opérations sur un *JavaSpace*



Architecture de Jini

- **3 niveaux**
  - Bas : infrastructure de communication (Java RMI), localisation de services
  - Moyen : service d'événements ; notifications, réalisation de transactions, autres
  - Haut : clients et services (securité, transactions, etc.)
- **Service d'événements (analogue à *publish-subscribe*)**
  - Abonnement : le processus client qui s'abonne indique un objet veilleur (*listener*) qui doit être appelé (via RMI) si l'événement arrive
  - L'abonnement a toujours une durée limitée (doit êtrte renouvelé au delà)
  - Cas particulier d'événement : écriture d'un tuple, correspondant à un gabarit spécifié, dans un JavaSpace

Événements



Problèmes d'implémentation

- **Implémentation répartie d'un *JavaSpace***
  - Le *JavaSpace* est dupliqué sur toutes les machines
    - Accès efficace (local)
    - Mais il faut garder la cohérence, cher si modifications fréquentes
    - Nécessite service de diffusion (fiable) - cf plus loin dans le cours, tolérance aux fautes
  - Le JavaSpace n'est pas dupliqué
    - Accès distant nécessaire hors du site de résidence
    - Gestion simple, mais problèmes d'efficacité
  - Solutions mixtes : duplication partielle

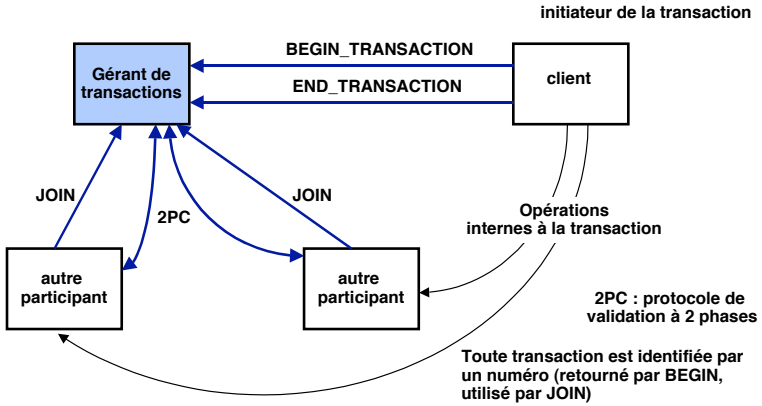
Localisation de services

- **Une application Jini peut utiliser divers services**
- **Les services doivent être localisés**
  - La localisation utilise un principe analogue aux JavaSpaces, mais plus efficace : recherche par gabarit
  - Chaque service s'enregistre avec des couples (attribut, valeur)
  - La recherche se fait sur un ou plusieurs attributs (cf pages jaunes)
  - Plusieurs services de localisation peuvent coexister
  - Les services de localisation sont eux-mêmes localisés
    - Au moyen d'une recherche par diffusion
    - En se signalant eux-mêmes
    - Noter qu'il n'y a pas d'adresse fixe pour un service primitif de localisation

NB Les services de localisation sont examinés plus en détail dans le TD4

Synchronisation

- **Outil de base : transactions**



Références

Systèmes de communication par queues de messages

MQSeries d'IBM : http://www .ibm.co/software/ integration/wmq
MessageQ de BEA : http://www.bea.com/
FalconMQ : http://www.level8.com

Bus logiciels

JMS : http://www.java.com.jms
iBus : http://www.softwired-inc.com
Tibco : http://www.tibco.com/software/enterprise_backbone
SonicMQ : http://www.sonicsoftware.com/products/sonicmq
Joram : http://www.scalagent.com

Service d'événements de CORBA (avec exemples d'utilisation)

D. C. Schmidt, S. Vinoski. OMG Event Object Service, SIGS, vol. 9, 2, Feb. 1997
http://www.cs.wustl.edu/~schmidt/C++-report-col9.ps.gz
D. C. Schmidt. On Ovrview of OMG CORBA Event Services (flips)
http://www.cs.wustl.edu/~schmidt/coss4.ps.gz

Jini
J. Waldo, The Jini Specifications, 2nd ed. Prentice Hall, 2000
Ressources sur Jini : http://www.jini.org