DevOps
CI / CD
Docker & Docker Compose

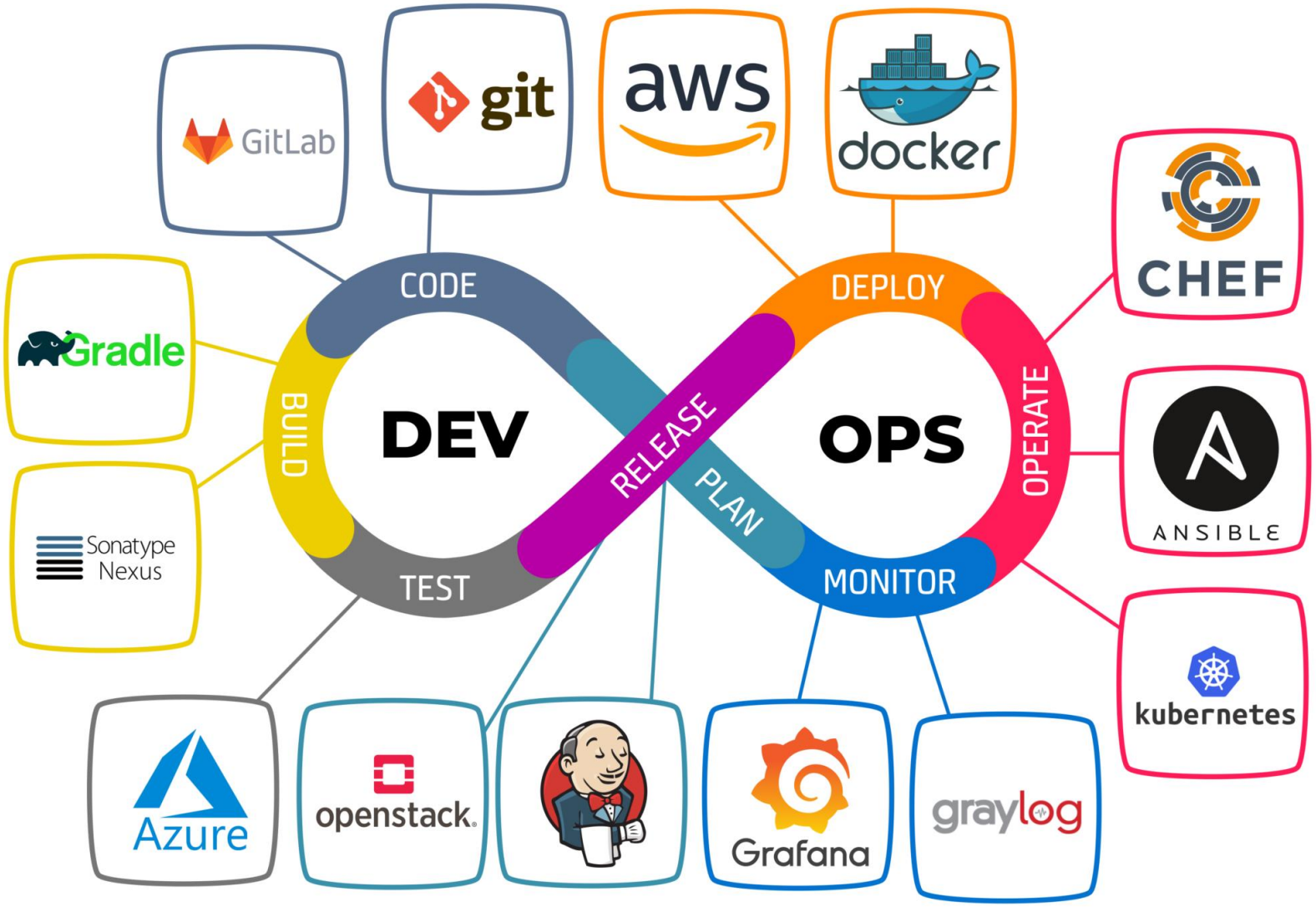
Jamel ESSOUSSI: Architecte logiciel

jamel.essoussi@gmail.com

https://github.com/jessoussi

2025

Outils du DevOps



Plan du cours

I. Introduction conteneur

II. Docker

III. Docker Compose

IV. Kubernetes

Introduction

Avant

- Applications monomitiques
- Cycles de DEV long
- Un seul environnement

Introduction

Après

- Ensemble de services
- Amélioration rapides, cycles itératifs,
- De nombreux environnements:
  - Des serveurs de Prod (dans le Cloud ?)
  - Des machines de dev,
  - Des serveurs de test,
  - …

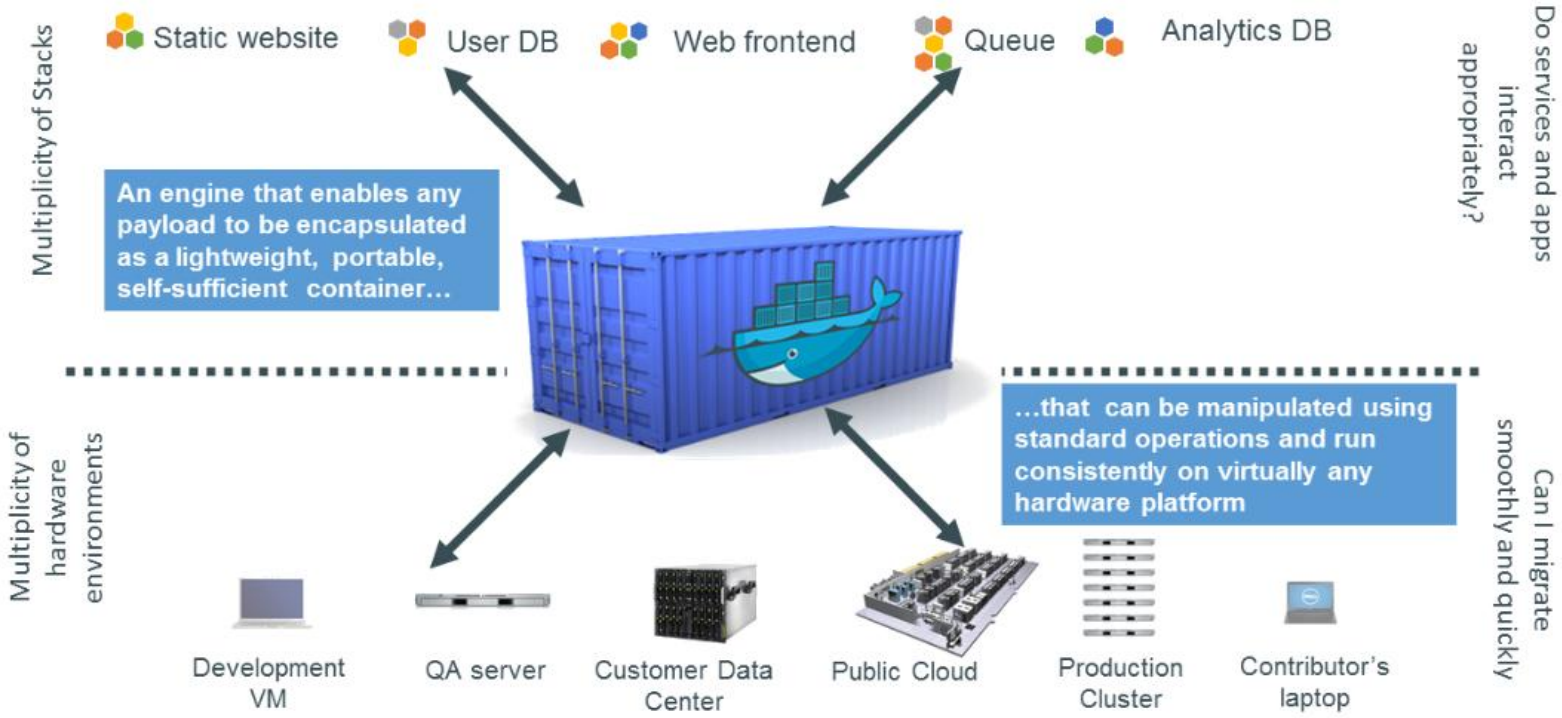
Introduction

Solution: des conteneurs

Manipulation simpliée d'un ensemble d'objets (ou d'applications) grâce à une interface standardisée.

Introduction

Des conteneurs pour le logiciel



Credits: B. Golub

Fin du "pourtant ça marche sur ma machine«

1. Créer un fichier Dockerfile
2. Créer une image Docker à partir de ce Dockerfile

Vous êtes prêts à exécuter sur n'importe quelle machine

Etre opérationel sur un projet rapidement

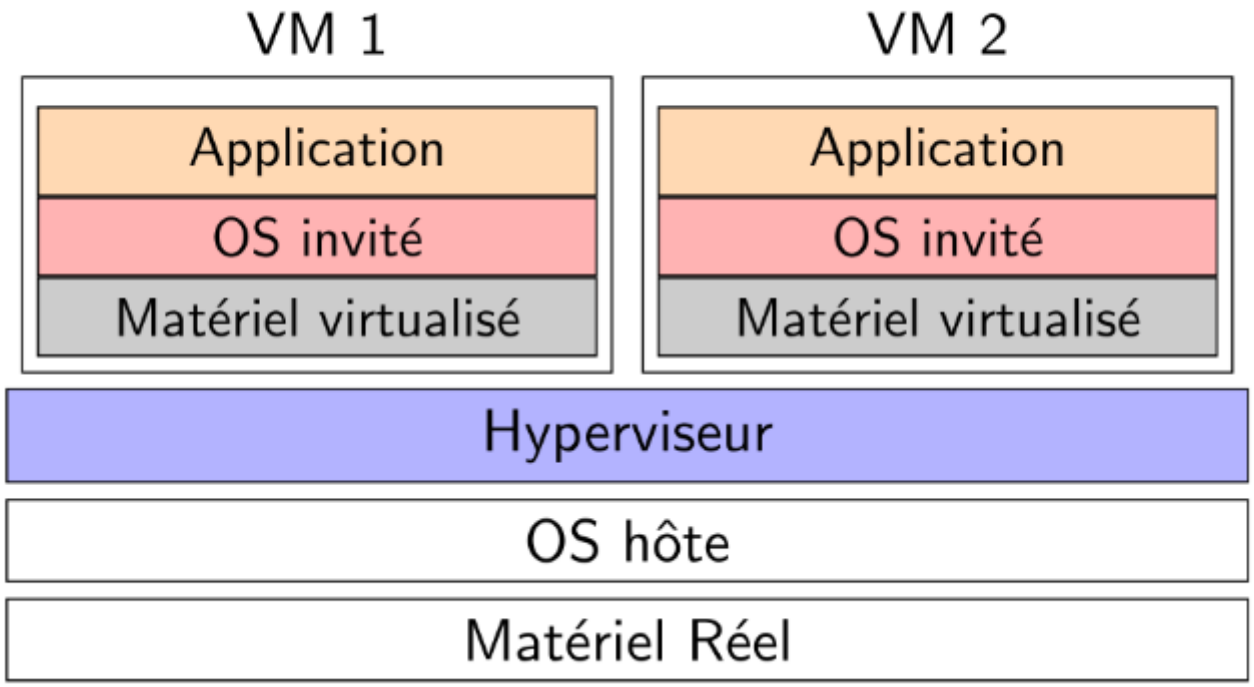
1. Ecrire des Dockerfile pour vos composants
2. Utiliser des images dispo sur Docker Hub (mysql, ect.)
3. Décriver votre application avec un Compose

N'importe qui devient opérationel en 2 commandes

```
git clone ...
docker compose up
```

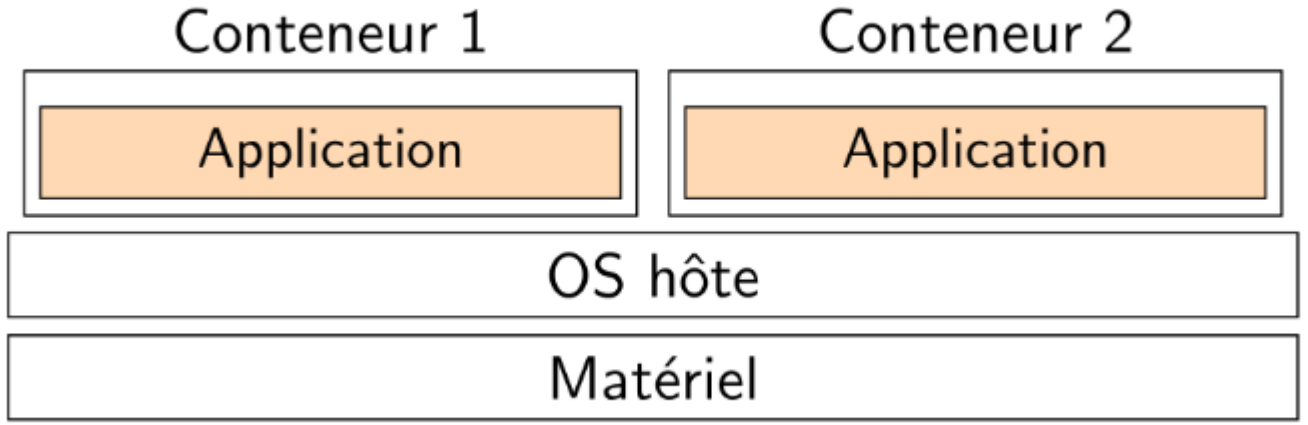
Les utilisations des conteneurs

Conteneurs vs machines virtuelles



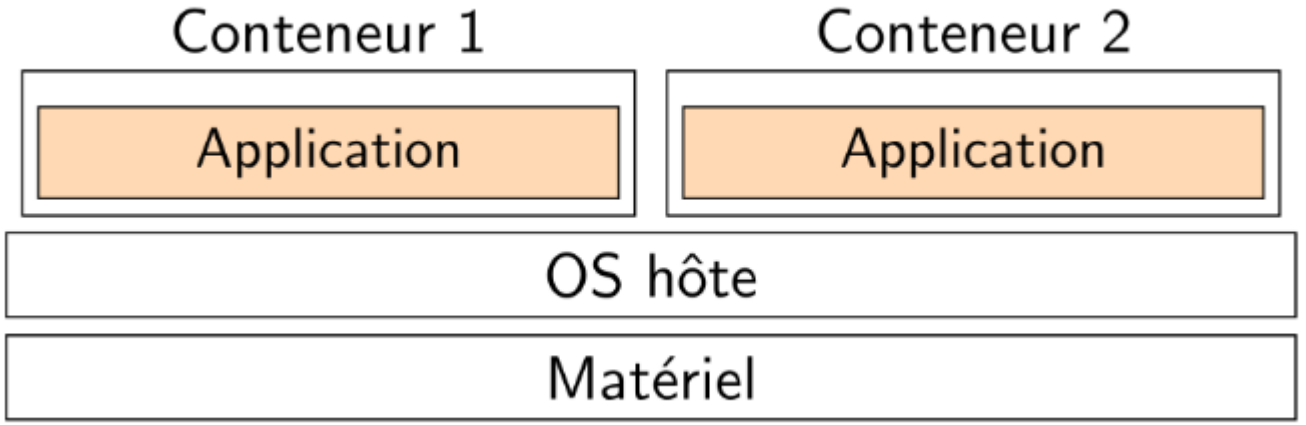
Une image de machine virtuelle contient un OS complet

Conteneurs



- **Une image de conteneur ne contient que les bibliothèques nécessaires au composant conteneurisé virtuelle contient un OS complet**

Conteneurs



- **Environnement d'exécution isolé au dessus du système d'exploitation**
  - **Les conteneurs partagent le même noyau et une grande partie des services de l'OS hôte**
  - **Virtualisation de l'environnement d'exécution (espace de nommage, système de fichier isolé, quotas, etc)**

Qu'est ce qu'un conteneur ?

- **Les technologies de conteneurs offrent une solution de packaging pour une application et ses dépendances.**
- **Les images de conteneurs:**
  - Package de l'application et de ces dépendances
  - Peut être exécutée sur différents environnements
  - Décrites par un fichier texte.
  - Infrastructure-as-code
- **Un Conteneur**
  - Une instance d'une image de conteneur
  - S'exécute dans un environnement isolé
- **Analogie POO**
  - Une image = une classe
  - Un conteneur = une instance

Avantages des conteneurs

- **Meilleures performances**
  - Accès direct au matériel
- **Démarrage beaucoup plus rapide**
  - Pas besoin de démarrer un système complet
- **Images plus légères**
  - Ne contient que les informations en lien avec l'application
  - Moins coûteux en terme d'espace de stockage
  - Plus rapide à transférer

Utilisation pour de l'intégration continue (CI)

- **1. Environnement de test créé à partir d'une image Docker**
  - Les tests peuvent être exécutés sur n'importe quelle plateforme (plateforme de CI)
- **2. Un nouveau conteneur créé pour chaque étape de tests**
  - Pas de polution entre les étapes d'un test
  - Pas de polution entre plusieurs exécutions des tests
- **3. Les tests peuvent être exécutés très souvent**

Utilisation pour la distribution d'artefacts

- **1. Contruire notre application à partir de Dockerfile**
- **2. Stocker les images dans un registre**
  - Stockage pérenne
  - Accessible pour tout le monde
- **3. Exécuter en production**
  - Les images contiennent toutes les dépendances pour vos applications
- **4. Versionning**
  - Possibilité de tagger les images

Passage du dev à la production (DevOps)

- **1. Créer une image de conteneur et une composition**
- **2. L'image peut être directement déployé en production**
  - Même environnement pour le dev, le test, et la production
  - Déploiement simplié
  - Les devs peuvent se charger du déploiement
- **3. Le passage en production est fluidifié**

Infrastructure as code

- **L'infrastructure est décrite dans des fichiers texte**
  - Les Dockerfile (= du code)
  - Sert aussi de documentation de l'infrastructure
- **Cette description peut être versionnée (dépot git)**
  - Suivi des modifications
  - Possibilité de revenir en arrière
- **Mise en place automatique de l'infrastructure**
  - Déterministe
  - Reproductible

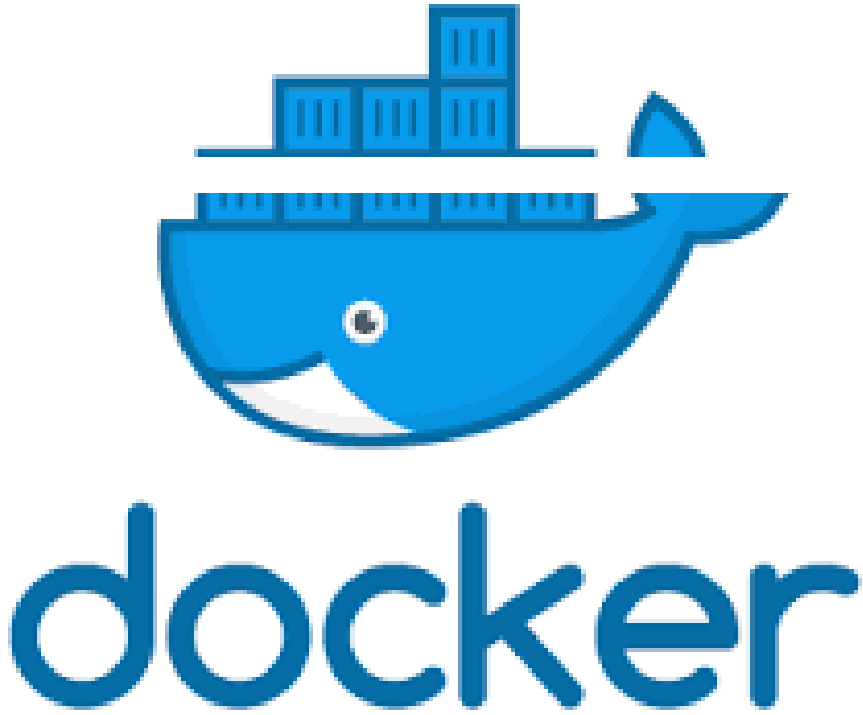
Plan du cours

I. Introduction conteneur

II. Docker

III. Docker Compose

IV. Kubernetes


docker

Docker

- **Créé en 2011**
  - A popularisé l'utilisation de conteneurs
- **D'autres technologies de conteneurs**
  - Singularity
  - Podman
  - etc.
- **Une partie gratuite et une partie payante**

Services fournis par Docker

- **Construction d'images**
- **Gestion d'images**
  - Localement sur une machine
  - Globalement (Registre -- Docker hub)
- **Exécution et gestion de conteneurs**

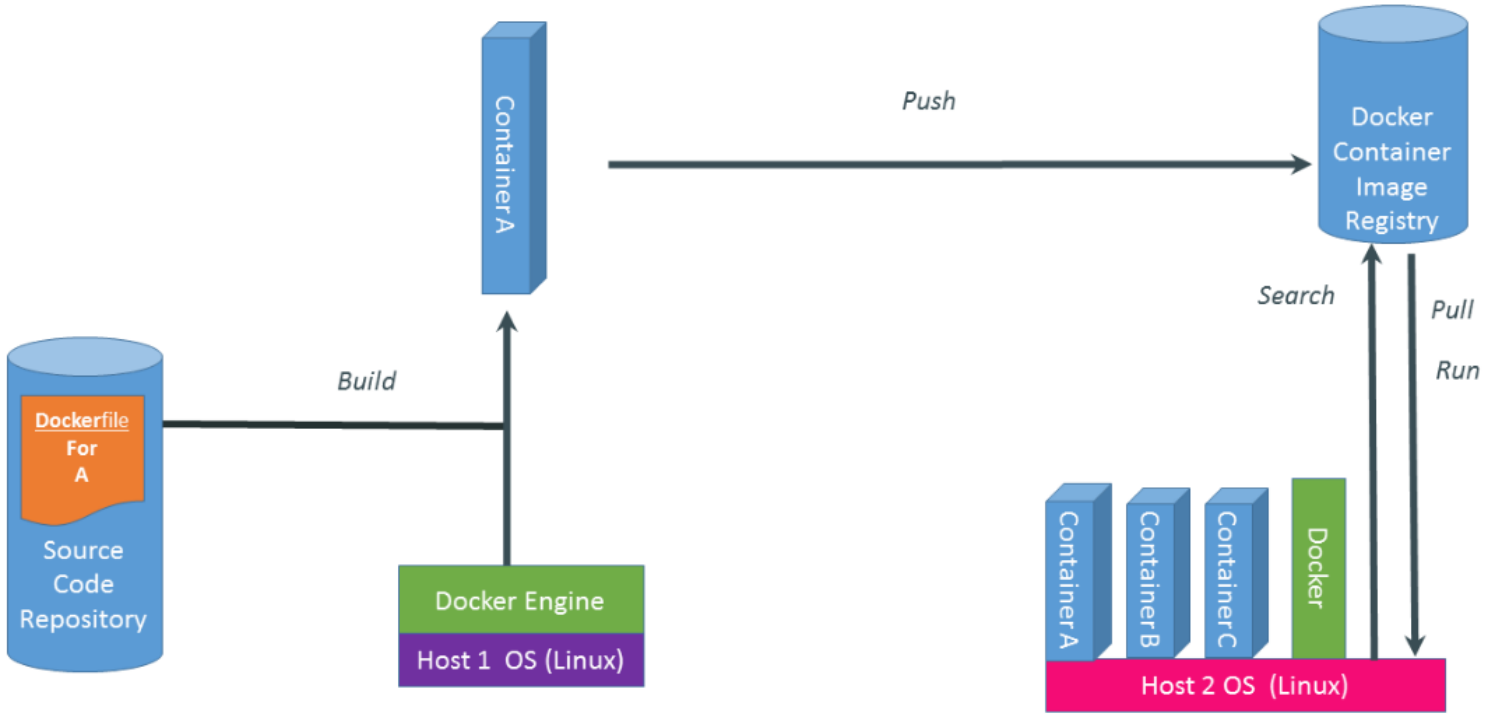
Docker: les briques principales

- **Docker engine**
  - Un environnement d'exécution et un ensemble de services pour manipuler des conteneurs docker sur une machine
  - Une application client-serveur
    - Le serveur -- Un daemon (processus persistant) qui gère les conteneurs sur une machine
    - Le client -- Une interface en ligne de commande
- **Un/des registres d'images docker**
  - Bibliothèque d'images disponibles
  - Docker Hub

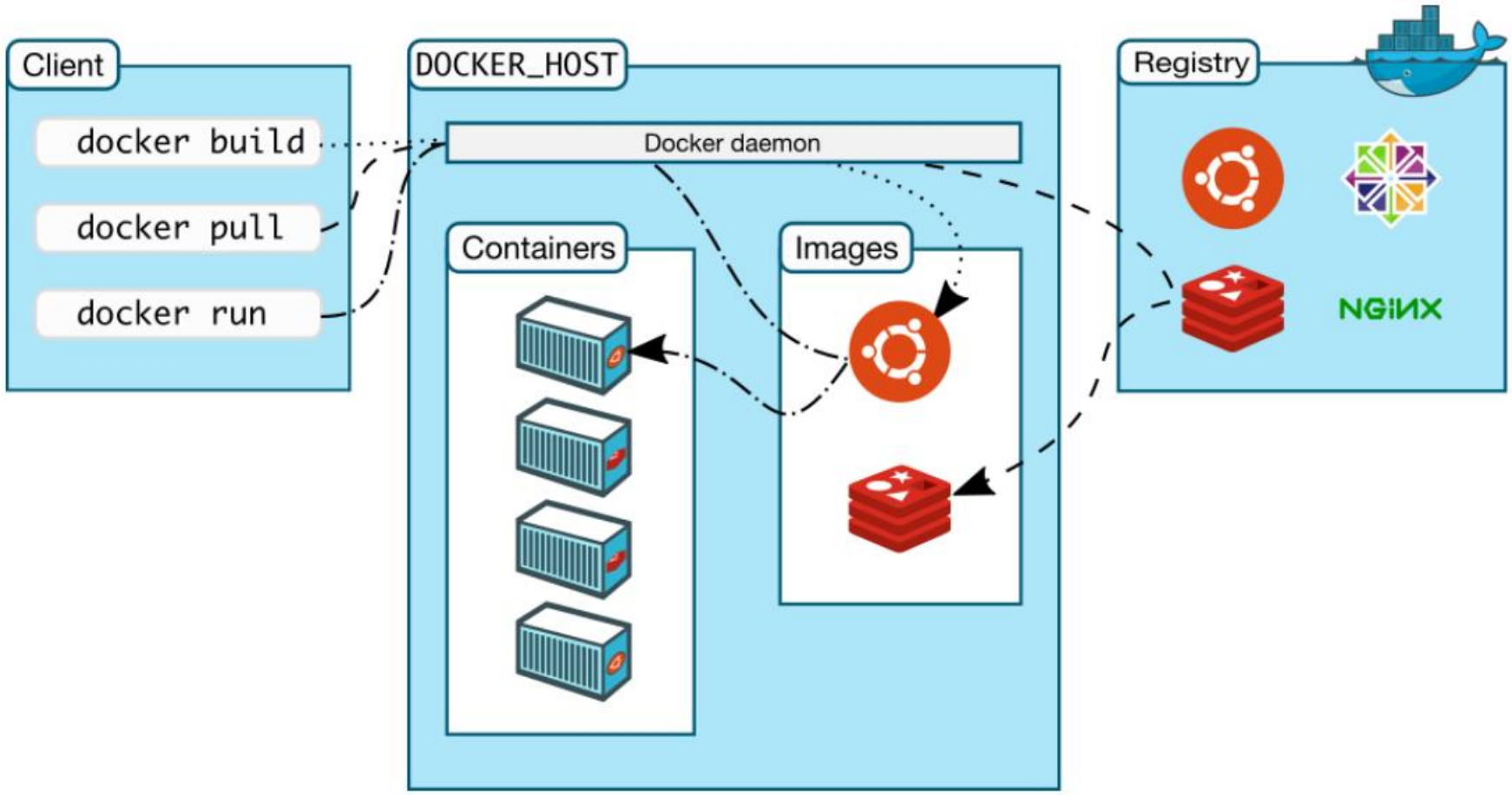
Registre Docker

- **Principe**
  - Un serveur stockant des images docker
  - Possibilité de récupérer des images depuis ce serveur (pull)
  - Possibilité de publier de nouvelles images (push)
- **Docker Hub**
  - Dépôt publique d'images Docker

Principes de fonctionnement de Docker



Architecture Docker



Images Docker VS Image VM

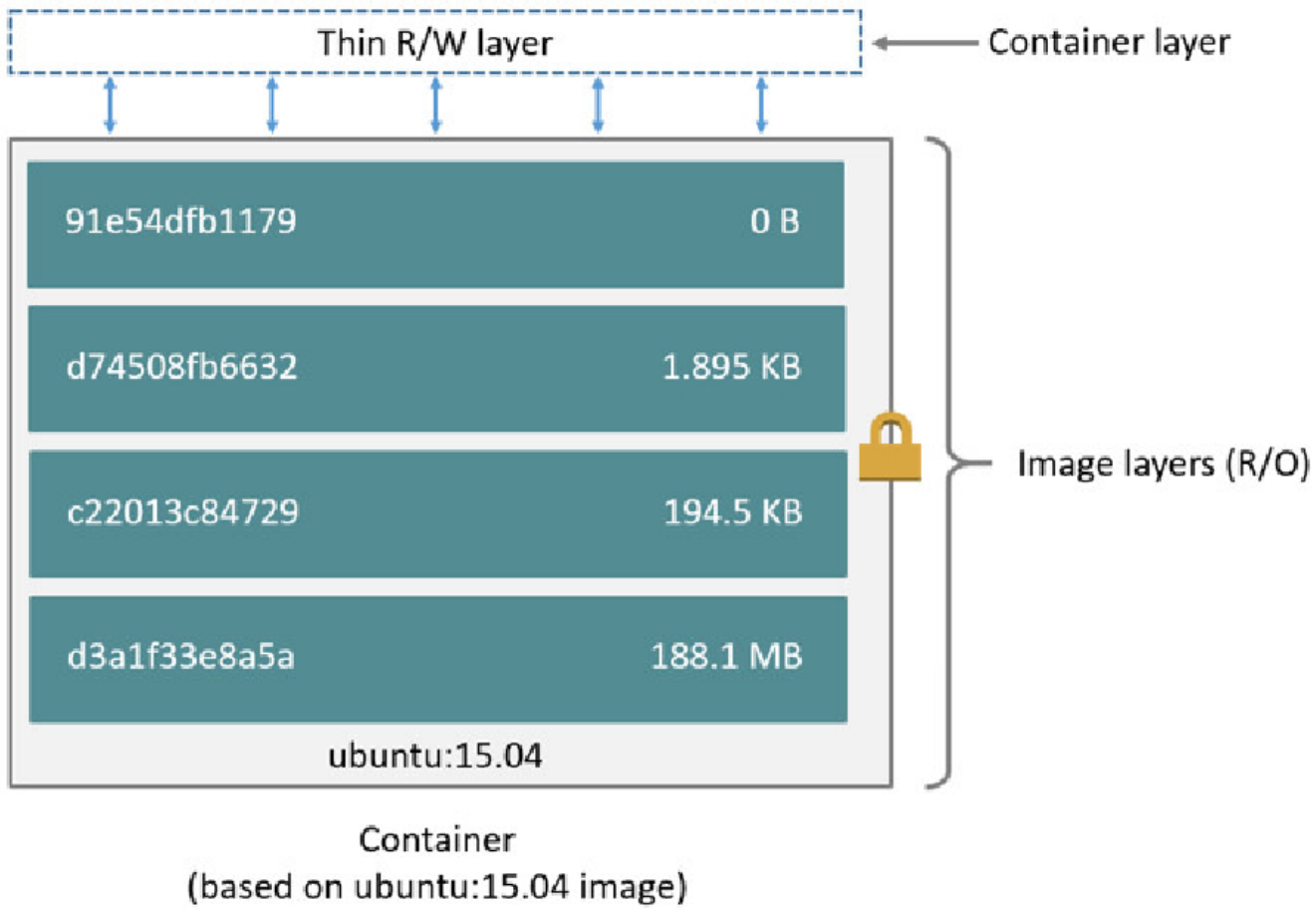
- **Les images de machines virtuelles**
  - Sauvegarde de l'état de la VM (Mémoire, disques virtuels, etc) à un moment donné
  - La VM redémarre dans l'état qui a été sauvegardé

- **Les images Docker**
  - Une copie d'une partie d'un système de fichier
  - Pas de notion d'état

Principes des images Docker

- **Fondé sur l'utilisation d'un Union File System**
  - Crée la vision d'un système de fichier cohérent à partir de fichiers/répertoires appartenant à des systèmes de fichiers différents
- **Un ensemble de couches**
  - Une image est composée d'un ensemble de couches (layers)
  - L'Union File System est utilisé pour combiner ces couches
    - Le File system utilisé par défaut s'appelle overlay2
  - Chaque couche correspond à une instruction dans le fichier Dockerfile décrivant l'image.

Les couches


Thin R/W layer
Container layer
91e54dfb1179
0 B
d74508fb6632
1.895 KB
c22013c84729
194.5 KB
d3a1f33e8a5a
188.1 MB
ubuntu:15.04
Image layers (R/O)
Container
(based on ubuntu:15.04 image)

Les couches

- **Images de base**
  - Toute image est définie à partir d'une image de base
  - Des images de base officielles sont déjà fournies
  - Exemples: ubuntu:latest, ubuntu:14.04, opensuse:latest, alpine:latest
    - alpine: Image de base minimaliste (5MB) -- intéressant pour les performances
- **Relation avec le système d'exploitation hôte**
  - Une image n'inclut que les bibliothèques et services du système d'exploitation mentionné
  - Le conteneur utilise le noyau du système hôte

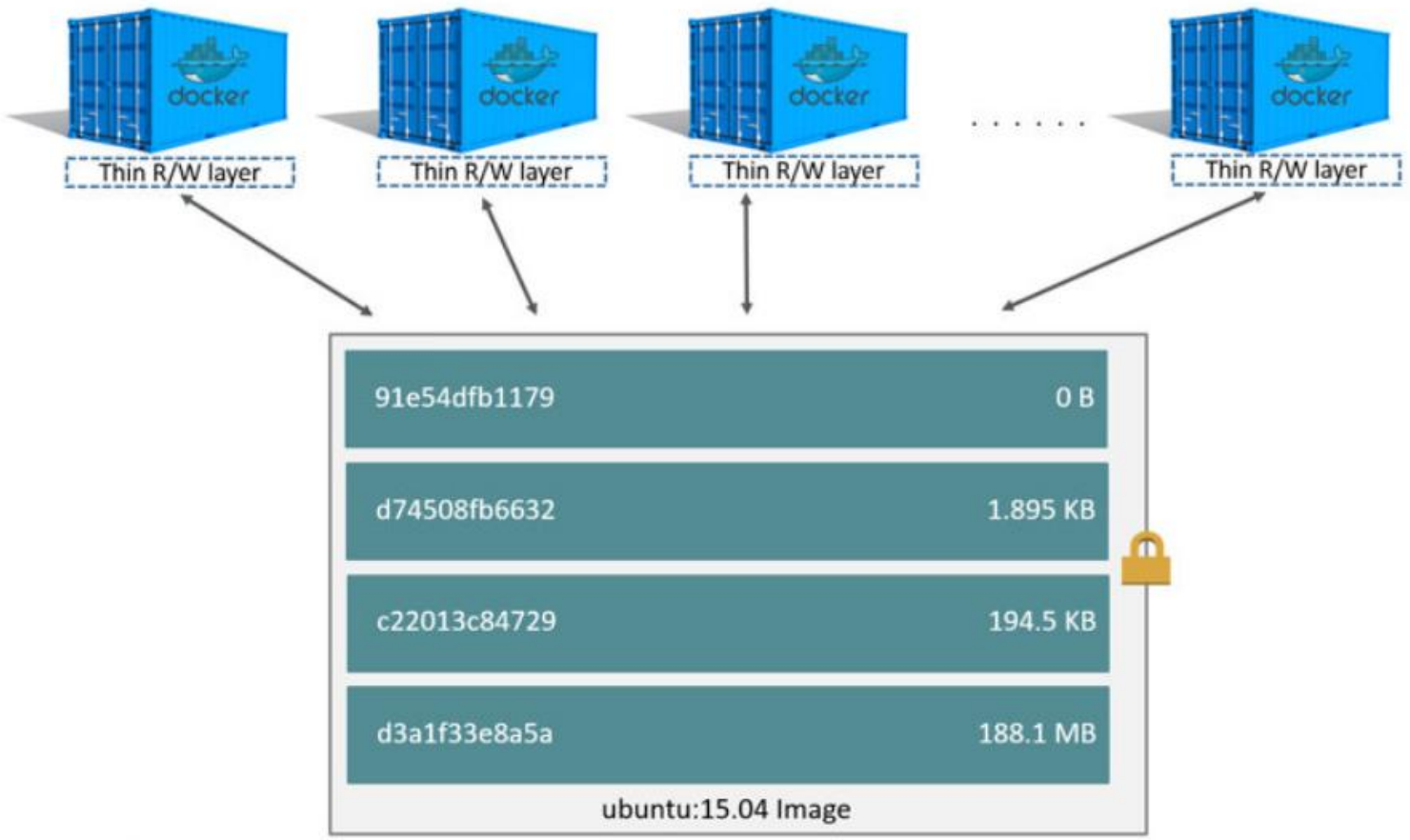
Les autres couches

- Les couches correspondent aux différentes modifications qui sont faites pour construire l'image à partir de l'image de base.
  - Pour sauvegarder une nouvelle image, il suffit de sauvegarder les nouvelles couches qui ont été créées au dessus de l'image de base
  - Chaque couche capture les écritures faites par une commande exécutée lors de la création de l'image
  - Faible espace de stockage utilisé

Les autres couches

- Dans un conteneur en cours d'exécution, il existe une couche supplémentaire accessible en écriture
  - Toutes les écritures vers le système de fichier faites à l'exécution du conteneur sont stockées dans cette couche.
    - Les autres couches, dénies au sein de l'image utilisée pour instancier le conteneur, ne sont accessibles qu'en lecture.
  - Cette couche est supprimée à la suppression du conteneur.

Partage de couches



Les namespace d'images

- **3 namespaces**
- les images officielles
  - ex: ubuntu, busybox
- Les images d'utilisateurs/organisations
  - ex: jessoussi/myapp
- Les images hébergées (en dehors de docker hub)
  - ex: registry.example.com:5000/my-private/image

Les images officielles (espace de nommage root)

- **Images sélectionnée par Docker Inc mais en générales produites et maintenues par d'autres personnes**
- **Cela inclut:**
  - Des petites images couteau suisse (ex: busybox)
  - Des images de distributions à utiliser comme images de base
  - Des composants prêts à être utilisés (ex: redis, mysql)

Les images perso (espace de nommage utilisateur)

- **Pour les images des utilisateurs de Docker Hub: jessoussi/myapp**
  - jessoussi est le nom de l'utilisateur
  - myapp est le nom de l'image

Les images self-hosted

- **Pour les images stockées sur d'autres registres que Docker Hub**
  - **Elles contiennent le hostname ou l'adresse IP, et optionnellement le numéro de port, du serveur.**

registry.example.com:5000/my-private/image

Liste d'images stockées localement

```
jamel@DESKTOP-SN1V30J MINGW64 ~/IdeaProjects/authentication-service (main)
$ docker images
REPOSITORY                                TAG                                                                IMAGE ID       CREATED         SIZE
devops-sample                             0.0.5-SNAPSHOT                                                     1fb8ec50342b   13 days ago     454MB
<none>                                    <none>                                                             e6d709830d44   6 months ago    454MB
devops-sample                             0.0.4-SNAPSHOT                                                     c75beee33ea1   6 months ago    454MB
devops-sample                             0.0.3-SNAPSHOT                                                     df963d9f2a5e   6 months ago    431MB
devops-sample                             0.0.2-SNAPSHOT                                                     e691eea324a7   6 months ago    431MB
<none>                                    <none>                                                             f5f5d8dba468   6 months ago    431MB
<none>                                    <none>                                                             5c76c8ef22c4   6 months ago    431MB
devops-sample                             0.0.1-SNAPSHOT                                                     532027898a3e   6 months ago    431MB
<none>                                    <none>                                                             32dfda573a5f   6 months ago    431MB
<none>                                    <none>                                                             224ac68efbcc   6 months ago    431MB
<none>                                    <none>                                                             648d3f7b6cf0   6 months ago    431MB
<none>                                    <none>                                                             24d8c7d32164   6 months ago    431MB
paketobuildpacks/run-jammy-tiny           latest                                                             9e6fb40b0d24   7 months ago    22.6MB
ecommerce-backend                         1.1-SNAPSHOT                                                       d141293b046e   8 months ago    381MB
docker/desktop-kubernetes                 kubernetes-v1.32.2-cni-v1.6.0-critools-v1.31.1-cri-dockerd-v0.3.16-1-debian   eeef9515fbfb   8 months ago    412MB
registry.k8s.io/kube-apiserver            v1.32.2                                                            85b7a174738b   9 months ago    97MB
registry.k8s.io/kube-controller-manager   v1.32.2                                                            b6a454c5a800   9 months ago    89.7MB
registry.k8s.io/kube-proxy                v1.32.2                                                            f1332858868e   9 months ago    94MB
registry.k8s.io/kube-scheduler            v1.32.2                                                            d8e673e7c998   9 months ago    69.6MB
ollama/ollama                             latest                                                             f1fd985cee59   9 months ago    3.31GB
docker/desktop-kubernetes                 kubernetes-v1.31.4-cni-v1.6.0-critools-v1.31.1-cri-dockerd-v0.3.15-1-debian   9f4d737c1eff   11 months ago   396MB
registry.k8s.io/kube-apiserver            v1.31.4                                                            bdc2eadbf366   11 months ago   94.2MB
registry.k8s.io/kube-controller-manager   v1.31.4                                                            359b9f230732   11 months ago   88.4MB
registry.k8s.io/kube-scheduler            v1.31.4                                                            3a66234066fe   11 months ago   67.4MB
registry.k8s.io/kube-proxy                v1.31.4                                                            ebf80573666f   11 months ago   91.5MB
registry.k8s.io/etcd                      3.5.16-0                                                           a9e7e6b294ba   14 months ago   150MB
ghcr.io/open-webui/open-webui             main                                                               520af1cb9093   14 months ago   3.9GB
registry.k8s.io/coredns/coredns           v1.11.3                                                            c69fa2e9cbf5   15 months ago   61.8MB
registry.k8s.io/etcd                      3.5.15-0                                                           2e96e5913fc0   15 months ago   148MB
ecommerce-app                             1.1-SNAPSHOT                                                       5f0ae45f5f97   16 months ago   379MB
docker-php                                latest                                                             14e07ebdbd0f   16 months ago   522MB
registry.k8s.io/pause                     3.10                                                               873ed7510279   17 months ago   736kB
```

Chercher des images

Il n'est pas possible de lister toutes les images d'un dépôt mais on peut faire des recherches par mot clé.

STARS indique la popularité de l'image
OFFICIAL indique si l'image est officielle
AUTOMATED veut dire que l'image est reconstruite automatiquement par Docker Hub (son Dockerfile est disponible)

```
$ docker search spark
NAME                     DESCRIPTION                                     STARS   OFFICIAL   AUTOMATED
sequenceiq/spark         An easy way to try Spark                        453                [OK]
gettyimages/spark        A debian:jessie based Spark container           131                [OK]
mesosphere/spark         DCOS Spark                                      112
singularities/spark      Apache Spark                                    62                 [OK]
bde2020/spark-master     Apache Spark master for a standalone cluster    49                 [OK]
bde2020/spark-worker     Apache Spark worker for a standalone cluster    27                 [OK]
```

Télécharger des images

- **docker pull: télécharge une image explicitement**
- **docker run: Commande servant à créer un conteneur à partir d'une image**
  - **Télécharge l'image si elle n'est pas présente localement**

Télécharger des images

```
$docker pull redis
Using default tag: latest
latest: Pulling from library/redis
a2abf6c4d29d: Pull complete
c7a4e4382001: Pull complete
4044b9ba67c9: Pull complete
c8388a79482f: Pull complete
413c8bb60be2: Pull complete
1abfd3011519: Pull complete
Digest: sha256:db485f2e245b5b3329fdc7eff4eb00f913e09d8feb9ca720788059fdc2ed8339
Status: Downloaded newer image for redis:latest
docker.io/library/redis:latest
```

- **Par défaut, si aucun tag n'est défini, l'image avec le tag latest est téléchargée**
- **Exemples de tags: redis:6.2.6, redis:alpine**

La création d'images

Créer des images

- **2 manières:**
  - **Interactivement**
  - **En utilisant un Dockerfile**

Avant de commencer: Premiers pas avec docker

- **L'outil à la ligne de commande pour exécuter des commandes Docker:**

```
$ docker
```

```
docker run hello-world
```

docker: Nous voulons exécuter une commande docker
run: Commande pour créer et exécuter un conteneur docker
hello-world: Nom de l'image à partir de laquelle est construit le conteneur

Premiers pas

```
docker run hello-world
```

- **Que va-t-il se passer?**
  - **L'image à charger est hello-world:latest**
  - **Vérification: est ce que l'image est présente localement?**
  - **Sinon, télécharger l'image depuis Docker Hub**
  - **Charger l'image dans le conteneur et exécuter la commande par défaut dénie pour ce conteneur**

Construire une image interactivement

- **Objectifs**
  - **Créer une image à partir d'une image de base dans laquelle nous allons installer cowsay**
- **Les étapes**
  1. **Créer un conteneur à partir de l'image de base**
  2. **Installer le logiciel manuellement dans le conteneur et en faire une nouvelle image**
  3. **Jouer avec:**
     - docker commit
     - docker tag
     - docker diff

Configuration du conteneur

- **Démarrer un conteneur Ubuntu**

```
$ docker run -it ubuntu
Unable to find image 'ubuntu:latest' locally
latest: Pulling from library/ubuntu
ea362f368469: Pull complete
Digest: sha256:b5a61709a9a44284d88fb12e5c48db0409cfad5b69d4ff8224077c57302df9cf
Status: Downloaded newer image for ubuntu:latest
root@f461e2e7afff:/#
```

f461e2e7afff est l'id du conteneur créé

Configuration du conteneur

- **Installer le programme dans le conteneur**

```
root@f461e2e7afff:/# apt-get update
root@f461e2e7afff:/# apt-get install cowsay
```

Inspection des changements

- **Quitter la session interactive:**

```
root@f461e2e7afff:/# exit
```

- **Inspecter les changements:**

```
$ docker diff f461e2e7afff
C /var
C /var/log
C /var/log/apt
C /var/log/apt/history.log
A /var/log/apt/term.log
C /var/log/apt/eipp.log.xz
C /var/log/dpkg.log
...
```

C: fichier ou répertoire modifié
A: fichier ou répertoire ajouté

Sauvegarder les changements dans une nouvelle image

- **Sauvegarde les changements dans une nouvelle couche et sauvegarde l'image**

```
$ docker commit <yourContainerId>
<newImageId>
```

- **Exécution de la nouvelle image**

```
$ docker run -it <newImageId>
root@7267696dc8c6:/# /usr/games/cowsay bonjour
... ca marche
```

Tagger une image

- **On peut tagger une image pour lui associer un nom (plus facile à manipuler qu'un identifier**

```
$ docker tag <newImageId> cowsay
```

- **On peut aussi tagger lors de la création de l'image**

```
$ docker commit <containerId> cowsay
```

- **L'image peut maintenant être exécutée en utilisant ce nom:**

```
$ docker run -it cowsay
```

Il faut maintenant automatiser le processus!

Les Dockerfile

- **Un Dockerfile est une recette décrivant comment construire une image**
  - **Contient une suite d'instructions**

- **Le commande docker build permet de créer une image à partir d'un Dockerfile**

Éléments de syntaxe

- **FROM:** Définit l'image à partir de laquelle la nouvelle image est créée
- **LABEL:** Associe des meta-données à la nouvelle image (par exemple, l'auteur de l'image)
- **RUN:** Dénie une commande exécutée dans la couche au dessus de l'image courante lors de la construction de l'image
- **CMD:** Définie la commande exécutée au démarrage du conteneur
- **EXPOSE:** Informe docker que le conteneur va écouter sur le port réseau défini
- **COPY:** Copier un fichier/répertoire depuis le contexte de construction de l'image vers la nouvelle couche
  - La destination peut être un chemin absolu ou un chemin relatif depuis WORKDIR

- **Les commandes de Dockerfile ne sont pas sensibles à la casse. On les note en majuscule par convention (facilite la lecture)**

Notre premier Dockerfile

1. La création d'un Dockerfile doit se faire dans un nouveau répertoire vide

```
mkdir my_image
```

2. Créer le Dockerfile

```
FROM ubuntu
RUN apt-get update
RUN apt-get -y install cowsay
```

Les commandes RUN doivent être non-interactives
L'option -y de apt évite qu'il demande si on est sur de vouloir installer

Construire notre image

```
$ docker build -t cowsay .
```

-t permet de tagger avec un nom l'image qui va être créée
. indique le contexte de construction de l'image (où se trouve le Dockerfile)

Que se passe-t-il?

```
$ docker build -t cowsay .
Sending build context to Docker daemon  2.048kB
Step 1/3 : FROM ubuntu
 ---> d13c942271d6
Step 2/3 : RUN apt-get update
 ---> Running in 80f5510281d9
Removing intermediate container 80f5510281d9
 ---> cb1643c4393c
Step 3/3 : RUN apt-get -y install cowsay
 ---> Running in 01834650511b
Removing intermediate container 01834650511b
 ---> 9ca55c5ccc54
Successfully built 9ca55c5ccc54
Successfully tagged cowsay:latest
```

Que se passe-t-il?

- Le build context est envoyé vers le démon docker (contenu du répertoir .)
- A chaque étape:
  - Un conteneur est créé pour exécuter l'étape (Running in ...)
  - Les modications sont committées dans une nouvelle image (---> ...)
  - Le conteneur est supprimé
  - La nouvelle image est utilisée pour la prochaine étape

Construire une image

- **docker build**
- **Crée une image à partir d'un cher Dockerfile**

```
docker build -t docker-whale .
```

- **Crée l'image docker-whale avec le contexte correspondant au répertoire courant (le "." est nécessaire)**
- **Par défaut, le Dockerfile est cherché à la racine du contexte**
  - **Option -f pour changer le chemin**
  - **Dans tous les cas le fichier doit se trouver dans le contexte**

Construire une image

- **Build à partir d'une URL:**

```
docker build github.com/creack/docker-firefox
```

- **L'URL peut pointer vers un dépot git, une archive, un fichier texte**
- **Cas d'un dépôt git:**
  - **Clone le dépôt et utilise le clone comme context**

```
docker build https://github.com/docker/rootfs.git#container:docker
```

  - **Utilise le répertoire docker de la branche container comme contexte**

Manipuler les images

- **Quelques commandes**

```
docker image COMMAND
```

```
docker image ls
```

- **liste des images existantes localement**
  - **Option -a permet d'acher toutes les images locales**
  - **docker image ls ubuntu: liste des images nommées ubuntu**
  - **Les images <none>:<none> sont des images intermédiaires nécessaires à la constructions d'images locales**

```
docker image rm
```

- **Supprime une image**

A propos du contexte

- Lors de la construction d'une nouvelle image, un contexte de construction de l'image est déni:
  - Souvent le répertoire dans lequel on exécute la commande pour créer l'image
  - Tous les fichiers appartenant au contexte sont envoyés au daemon docker
    - Seuls les fichiers appartenant au contexte peuvent être copiés vers la nouvelle image
- Bonne pratique
  - Créer un répertoire contenant le Dockerfile et seulement les fichiers dont vous avez besoin dans le contexte
  - Ne pas utiliser "/" comme contexte !!
  - Un fichier .dockerignore peut être utilisé
    - Déni des règles pour ignorer certains fichiers du contexte

Buildkit

- Un nouveau moteur pour construire des images docker
  - Installé par défaut avec Docker Desktop
  - Doit être activé sous Linux quand on utilise Docker Engine
- Avantages
  - Ne transfère que les parties du contexte dont on a besoin
    - Et détecte les fichiers non modifiés entre deux builds
  - Exécute les étapes de construction de l'image en parallèle quand c'est possible
  - Cache optimisé
  - Fonctionne en mode rootless

Syntaxe shell vs exec

- Les commandes telles que RUN ou CMD ont 2 syntaxes possibles
- La syntaxe shell

```
RUN apt-get install cowsay
```

  - Le commande est exécutée dans un shell
    - /bin/sh -c est utilisé par défaut
  - La syntaxe exec

```
RUN ["apt-get", "install", "cowsay"]
```

  - Commande parsée en JSON et exécutée directement
    - Nécessite " pour chaque chaine de caractères

Syntaxe shell vs exec

- La syntaxe shell
  - Plus facile à lire
  - Interprète les expressions shell (ex: $HOME)

- La syntaxe exec
  - N'essaye pas d'interpréter les arguments
  - Ne nécessite pas que /bin/sh soit présent dans l'image

CMD et ENTRYPOINT

- A propos de CMD
  - Déni la commande par défaut à exécuter dans le conteneur quand aucune commande n'est fournie à l'exécution de docker run
  - Peut être insérée à n'importe quel endroit dans le Dockerfile mais seul la dernière est conservée
- A propos de ENTRYPOINT
  - Permet de définir une commande toujours exécutée par le conteneur
  - Il est recommandé d'utiliser la syntaxe exec
    - Avec la syntaxe shell, le passage de paramètres à /bin/sh risque d'être incorrect

CMD et ENTRYPOINT : cas d'utilisation

- **CMD: Cas d'une image qui inclut plusieurs exécutables (par ex: busybox)**
- **ENTRYPOINT: Cas d'un binaire conteneurisé (l'image n'inclut qu'un exécutable)**

CMD et ENTRYPOINT

- Les règles principales
  - Chaque Dockerfile doit spécifier au moins CMD ou ENTRYPOINT
  - Quand CMD ou ENTRYPOINT sont utilisés en même temps
    - ENTRYPOINT définit la commande de base
    - CMD définit les paramètres par défaut
    - Ils doivent tous les 2 utiliser la syntaxe exec
    - A l'éxécution seule la partie CMD sera écrasée si des paramètres sont passés.

CMD et ENTRYPOINT : illustration

```
FROM ubuntu
RUN apt-get update
RUN ["apt-get", "-y", "install", "cowsay"]
ENTRYPOINT ["/usr/games/cowsay", "-e", "%%"]
CMD ["hello world"]
```

```
docker build -t mycowsay .
```

CMD et ENTRYPOINT : illustration

```
$ docker run mycowsay
< hello world >
 -------------
        \   ^__^
         \  (%%)\_______
            (__)\       )\/\
                ||----w |
                ||     ||
# Commande exécutée: /usr/games/cowsay -e %% hello world
```

```
$ docker run mycowsay salut
 _______
< salut >
 -------
        \   ^__^
         \  (%%)\_______
            (__)\       )\/\
                ||----w |
                ||     ||
# Commande exécutée: /usr/games/cowsay -e %% salut
```

Voir l'historique d'une image

```
$ docker history mycowsay
IMAGE          CREATED          CREATED BY                                      SIZE      COMM
5439d59a9167   31 minutes ago   /bin/sh -c #(nop)  CMD ["hello world"]          0B
62cf4b34d556   31 minutes ago   /bin/sh -c #(nop)  ENTRYPOINT ["/usr/games/c…   0B
68dd4625b571   37 minutes ago   apt-get -y install cowsay                       45.4MB
cb1643c4393c   8 hours ago      /bin/sh -c apt-get update                       32.6MB
d13c942271d6   38 hours ago     /bin/sh -c #(nop)  CMD ["bash"]                 0B
<missing>      38 hours ago     /bin/sh -c #(nop) ADD file:122ad323412c2e70b…   72.8MB
```

- Montre l'ensemble des couches composants une image
  - Avec des infos sur chaque couches
- Chaque couche correspond à une commande dans le Dockerfile

Exemple d'utilisation de COPY

- **Dockerfile**

```
FROM ubuntu
RUN apt-get update
RUN apt-get install -y build-essential
COPY hello.c /
RUN make hello
CMD /hello
```

- **hello.c doit appartenir au contexte**
- **Le répertoire de travail par défaut du conteneur est "/"**

Publier des images sur Docker Hub

- **Tagger l'image à publier:**

```
docker tag mycowsay mydockeraccount/cowsay:latest
```

  - **mydockeraccount: Mon login sur Docker Hub**

- **Se connecter à docker hub:**

```
docker login
```

Publier des images sur Docker Hub

- **Publier l'image:**

```
docker push mydockeraccount/cowsay
```

  - **mydockeraccount: Mon login sur Docker Hub**

- **L'image peut maintenant être récupérée par d'autres:**

```
docker pull mydockeraccount/cosway
```

Manipuler des conteneurs

Démarrer un conteneur

- **Démarrer un conteneur**

```
docker run --name mytest mycowsay
```

- **Démarre un conteneur nommé mytest**
  - **Si on ne spécifie pas l'option --name un nom aléatoire est assigné au conteneur**
  - **Un numéro d'identifiant est aussi assigné au conteneur**
- **Exécute la commande spécifiée par ENTRYPOINT/CMD dans le Dockerfile**
- **Plusieurs options (par exemple pour limiter les ressources utilisées)**
- **-it: Crée une session interactive avec le conteneur et ouvre un pseudo-terminal**

```
docker run --name test -it debian
```

Manipuler des conteneurs

- **Commande parent**

```
docker container COMMAND
```

- **Quelques commandes**
  - **ls: Montre les conteneurs en cours d'exécution**
  - **start: Démarre un conteneur arrêté**
  - **stop/restart: Arrête/redémarre un conteneur en cours d'exécution**
  - **rm: Supprime un conteneur arrêté**
  - **prune: Supprime tous les conteneurs arrêtés**
  - **logs: Récupère les logs d'un conteneur**
  - **stats: Obtenir les informations sur la consommation de ressources d'un conteneur**
  - **top: affiche la liste des processus du conteneur**

Débugger dans un conteneur

- **Comment observer ce qu'il se passe dans un conteneur:**
  - **Se connecter à un conteneur en cours d'exécution avec docker exec**
  - **Permet d'exécuter une commande ou d'ouvrir un shell**

```
$ docker exec -it f136fa721110 bash
root@f136fa721110:/#
```

La gestion du réseau

Remarques introductives

- Les conteneurs sont souvent utilisés pour déployer des applications communiquant sur le réseau:
  - Des applis web
  - Des applis composées de plusieurs services
  - Des bases de données
  - Etc.
- Plusieurs questions:
  - Comment communiquer avec une appli conteneurisée depuis l'extérieur?
  - Comment communiquer entre conteneurs?
  - Sur un même noeud?
  - Sur des noeuds différents?

Exemple avec un server web

- **Lancer un serveur web en arrière plan**

```
$ docker run -d -P nginx
```

- **-d lance le conteneur en arrière plan**
- **-P rend accessible tous les ports exposés par le conteneur au niveau de la machine hôte**

Exemple avec un server web

- **Observation du conteneur créé**

```
docker ps
CONTAINER ID   IMAGE     COMMAND                  PORTS                                   NA
f136fa721110   nginx     "/docker-entrypoint.…"   0.0.0.0:49153->80/tcp, :::49153->80/tcp   xe
```

- **Le serveur utilise le port 80 du conteneur**
- **Ce port a été associé au port 49153 de la machine hote**
  - **Envoyer une requête sur le port 49153 de la machine permet d'atteindre le serveur web dans le conteneur**
  - **curl localhost:49153**

Quelques commentaires

- **Autre manière d'obtenir le port ouvert sur la machine hôte**

```
$ docker port <containerID> 80
```

- **Choisir le numéro de ports sur la machine hote**

```
$ docker run -d -p 8000:80 nginx
```

- **Port 8000 de la machine hôte associé au port 80 du conteneur**
- **-p port-on-host:port-on-container**

Adresse IP d'un conteneur

- **Chaque conteneur démarré se voit associé une adresse IP**

```
$ docker inspect --format '{{ .NetworkSettings.IPAddress }}' <yourContainerID>
172.17.0.2
```

- **Depuis l'hôte, je peux pinger cette adresse:**

```
ping 172.17.0.2
```

Les réseaux docker

- **Un réseau docker est un switch virtuel**
  - **Crée un sous réseau avec une plage d'addresse IP privée (172.17.0.0/16 par défaut)**
    - **Une addresse IP est associée à chaque conteneur**
  - **Chaque conteneur a son espace de nommage privé pour ces numéros de ports**
  - **Un service DNS se charge de la résolution de noms**
  - **Des mécanismes de NAT (Network Address Translation) permettent de router le traffic entrant sur la machine vers le bon conteneur**
  - **Un réseau docker est implémenté par un driver**

Les réseaux docker

Possibilité de créer plusieurs réseaux docker sur une machine

- **Des réseaux différents peuvent permettre d'isoler des conteneurs s'exécutant sur la même machine**
- **Les conteneurs peuvent être connectés à plusieurs réseaux**

Les drivers réseaux

Les drivers réseaux sont chargés de fournir les fonctionalités réseaux principales.

- **Plusieurs drivers existent**
- **L'utilisateur choisit celui qu'il veut utiliser**

Les 4 drivers principaux sont:

- **bridge**
- **host**
- **overlay**
- **none**

Les drivers réseaux

Les drivers réseaux sont chargés de fournir les fonctionalités réseaux principales.

- Plusieurs drivers existent
- L'utilisateur choisit celui qu'il veut utiliser

Les 4 drivers principaux sont:

- bridge
- host
- overlay
- None

Remarque

- Quand des conteneurs sont déployés par un orchestrateur (par ex. Kubernetes), c'est l'orchestrateur qui est en charge de la gestion du réseau

Les principaux drivers

Bridge

- **Driver par défaut**
- **A utiliser pour déployer un/des conteneurs sur une seule machine**
- **Détaillé dans les slides suivants**

Host

- **Utilise le réseau de la machine hôte directement**
- **Moins simple à utiliser mais plus performant que bridge**

Overlay

- **Sert pour interconnecter les conteneurs s'exécutant sur différentes machines**
- **Docker Swarm**

None

- **Sert à isoler le conteneur du réseau**

Observer les réseaux docker

Observer les réseaux présents

```
$ docker network ls
NETWORK ID     NAME                DRIVER    SCOPE
2d9005266c5f   bridge              bridge    local
93a4dd2904a4   host                host      local
9507122f6adf   none                null      local
```

Le réseau par défaut est simplement appelé bridge

- Par défaut les conteneurs sont connectés à ce réseau

Les bridges

Un bridge est un système qui permet aux conteneurs qui y sont connectés de communiquer entre eux

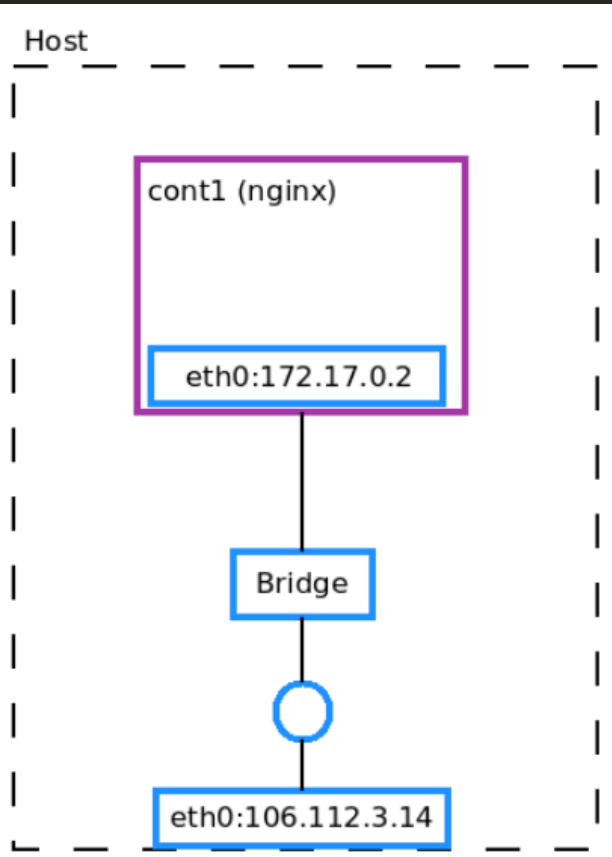
- Interconnecte des conteneurs s'exécutant sur la même machine
- Assure que chaque conteneur a un espace de nommage privé
  - !! Ce n'est pas le cas avec le driver host

Bridge créé par l'utilisateur

- Le bridge par défaut a certaines limitations
  - Pas de résolution de noms
  - Potentiellement des conteneurs qui n'ont rien à voir sur le même réseau
- L'utilisateur peut créer ses propres bridges (recommandé)
  - Et décider quels conteneurs sont connectés à quels bridges
  - La résolution de noms est assurée pour les bridges utilisateurs

Illustration

```
$ docker run -d --name cont1 nginx
```



Bridge utilisateur

Créer un bridge

```
$ docker network create -d bridge my_bridge
```

Attacher un conteneur à un bridge

- **Lors de la création d'un conteneur:**

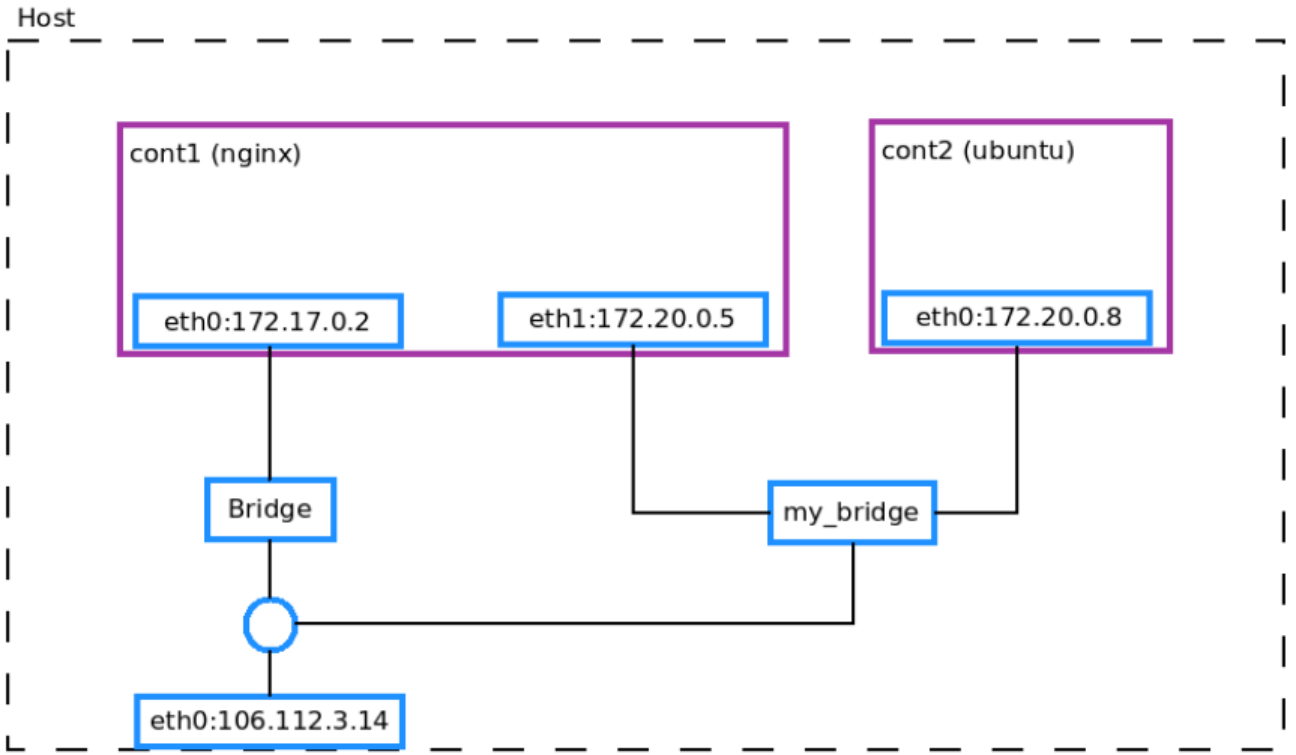
```
$ docker run -d --network my_bridge --name cont2 ubuntu
```

- **Pour un conteneur existant:**

```
$ docker network connect my_bridge web
```

Illustration

- cont1 peut communiquer avec cont2 au travers du bridge my_bridge
- Si un conteneur n'est associé qu'au bridge par défaut, il ne pourra pas communiquer avec cont2



Gérer les données dans Docker

Ecriture dans le conteneur

- On peut stocker les données manipulées par une application directement dans le conteneur.
- Les inconvénients:
  - Inclure des données en lecture seule dans les images augmente leur taille et leur font perdre leur généricité.
  - Pour les données écrites pendant l'exécution du conteneur:
    - Elles disparaissent avec le conteneur
    - Elles sont difficilement accessibles depuis l'extérieur du conteneur
    - C'est peu efficace en terme de performance (coût de la gestion des couches)

Les alternatives pour le stockage des données dans le conteneur

Les volumes:
Stockage géré par Docker dans le système de ficher hôte

- **Partager des données entre plusieurs conteneurs**
- **Stocker des données sur un support distant (ex: dans un cloud) en utilisant un driver**

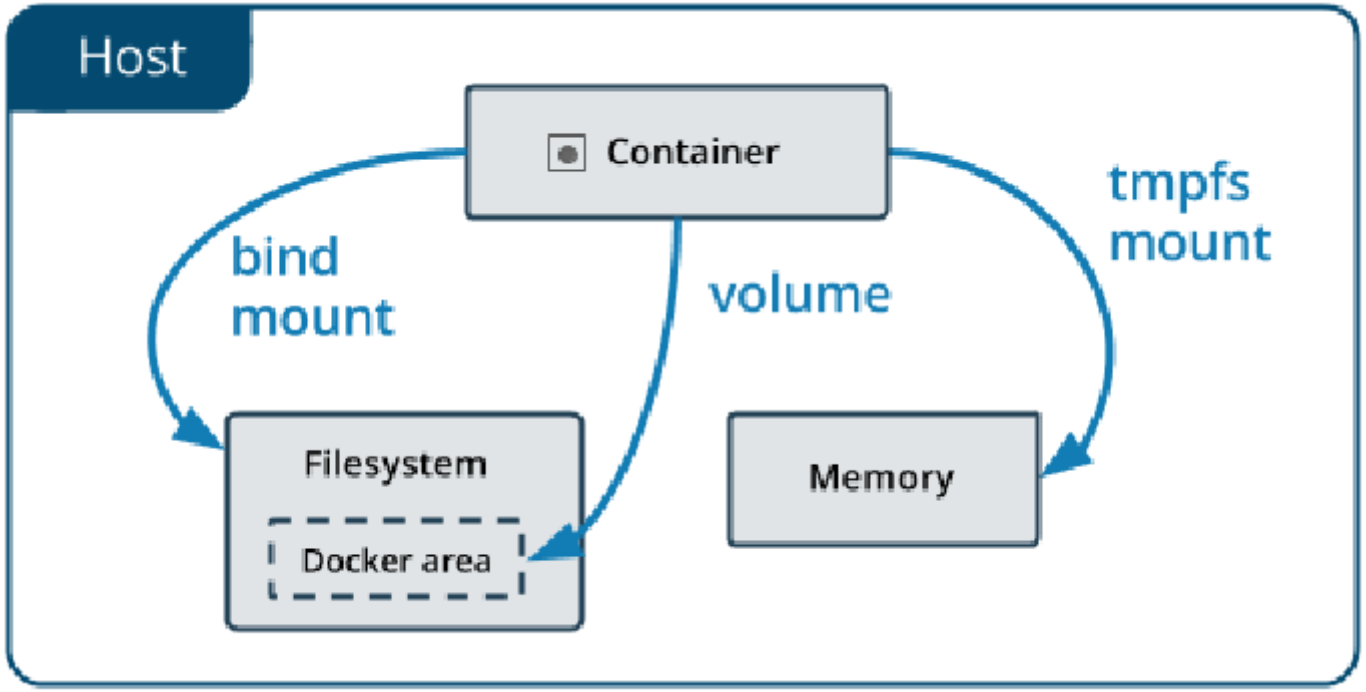
Les bind mounts
Stockage à n'importe quel endroit du système de fichier hôte

- **Partager des fichiers de configuration avec le système hôte**
- **Utiliser du code source présent sur la machine hôte**

Les montages tmpfs:
Stockage en mémoire

- **Plus efficace qu'un volume lorsque les données n'ont pas besoin de persistance**

Les solutions pour le stockage des données



Les volumes

- **Création d'un volume:**

```
$ docker volume create my-vol
```

- **Utilisation d'un volume**
  - **Option --mount pour la commande docker run**
  - **Utilisation du volume my-vol avec comme répertoire destination au sein du conteneur /app:**

```
docker run -d --name devtest --mount source=my-vol,target=/app debian
```

Commentaires:

- Le volume n'a pas besoin d'être créé à l'avance
- Si le répertoire destination contient déjà des données, elles sont copiées dans le volume
- L'option readonly peut être utilisée pour empêcher les données d'un volume d'être modiées

Les bind mounts

- **Option --mount pour la commande docker run avec l'option type=bind**

```
$ docker run -d -it --name devtest \
    --mount type=bind,source="$(pwd)"/code,target=/app debian:latext
```

Commentaires

- **Si le répertoire /app existe déjà au sein du conteneur, son contenu est remplacé par celui du répertoire de l'hôte qui est bindé.**

Docker Compose

Motivations

Configurer correctement une application multi-services peut être complexe

- **Démarrage de l'ensemble des conteneurs avec les bonnes options**
- **Configuration du réseau**
- **Configuration des volumes**
- **Etc.**

Solution

- **Une approche Infrastructure-as-code**
- **Docker Compose**

Qu'est ce que Docker Compose?

- Un outil complémentaire du Docker Engine
  - Présenté dans les versions récentes comme un plugin de Docker Engine
  - Ancienne syntaxe: docker-compose command
  - Nouvelle syntaxe: docker compose command
- Permet de décrire une application construite à base de conteneurs dans un fichier YAML
  - Déploiement sur une seule machine

Scénario visé

  - Checkout du code sur un dépot
  - Executer docker compose up
  - ... Et c'est tout!
  - L'application est configurée et démarrée

Principes de Docker Compose

- L'utilisateur décrit son application (multi) conteneurs dans un fichier YAML appelé docker-compose.yml
- Executer docker-compose up pour démarrer l'application
  - Compose télécharge automatique les images, les build (si nécessaire), et démarre les conteneurs
  - Compose peut configurer des volumes, le réseau, et toutes autres options liées à Docker
- Compose aggrège les sorties des différents conteneurs (si applicable)

Un exemple

```yaml
version: "3.9"
services:
  web:
    build: .
    ports:
      - "5000:5000"
    volumes:
      - .:/code
      - logvolume01:/var/log
    depends_on:
      - redis
  redis:
    image: redis
volumes:
  logvolume01:
```

Un exemple

- 2 services: web et redis
  - Par défaut, Compose créé un réseau bridge indépendant du réseau par défaut
  - La découverte de service fonctionne sur ce réseau
    - web peut contacter redis en utilisant son nom
- Un conteneur pour chaque service est créé
  - Pour web, une image est d'abord re-créé à partir du Dockerfile présent dans le répertoire courant
  - Pour redis, l'image redis est récupérée depuis Docker Hub
- Configuration du réseau
  - Le port 5000 de la machine hote est associé au port 5000 du conteneur web

Un exemple

- Controle de l'ordre de démarrage
  - Compose démarre les conteneurs dans un ordre correspondant aux dépendences introduites dans la composition
    - depends_on permet de définir une dépendence explicite
    - D'autres balises induises des dépendences implicites (links, volumes_from, etc.)
  - Attention: Compose attend que les conteneurs aient démarrés, mais pas que les services au sein des conteneurs soient prêt à fonctionner
- Les volumes
  - La version présentée utilise l'ancienne syntaxe
  - Déclaration d'un volume nommé: logvolume01
    - La déclaration est nécessaire pour partager un volume entre services
    - Le volume est ici utilisé par le conteneur web
  - Le conteneur web utilise aussi un bind mount

Les volumes (nouvelle syntaxe)

```yaml
version: "3.9"
services:
  web:
    image: nginx:alpine
    volumes:
      - type: volume
        source: mydata
        target: /data
      - type: bind
        source: ./static
        target: /opt/app/static

volumes:
  mydata:
```

A propos de build et image

- Pour chaque service d'une composition, build ou image doivent être définis
  - Si build est défini, il indique le chemin vers le Dockerfile à utiliser pour construire l'image
  - Si image est défini, il indique le nom de l'image à utiliser (présente dans le cache ou téléchargée depuis un registre)
  - Si les deux sont spécifiés
    - Le Dockerfile spécifié par build est utilisé
  - image défini le nom de l'image créée

Les commandes de Compose

Quelques commandes

- **docker-compose up: démarre la composition**
  - **Option -d pour démarrer les conteneurs en arrière plan**
- **docker-compose ps: liste les conteneurs démarrés**
- **docker-compose kill: arrête les conteneurs**
- **docker-compose rm: supprime les conteneurs arrétés**
- **docker-compose down: supprime tout ce qui a été créé par docker-compose up**
  - **Arrête les conteneurs**
  - **Supprime les conteneurs, images, volumes, réseaux**

Gestion des volumes et mise à jour de services

Mise à jour de services

Si la composition est déjà démarrée et on appelle docker-compose up:

- **Si l'image associée à un service a changée, le service est recréé automatiquement en utilisant la nouvelle image**

Gestion des volumes

Lors du redémarrage d'une composition, si un volume d'une exécution précédente existe toujours, il est ré-utilisé sans écraser les données:

- **Permet de conserver l'état pour les sevices stateful**

Merci