Dawan
Training is our way

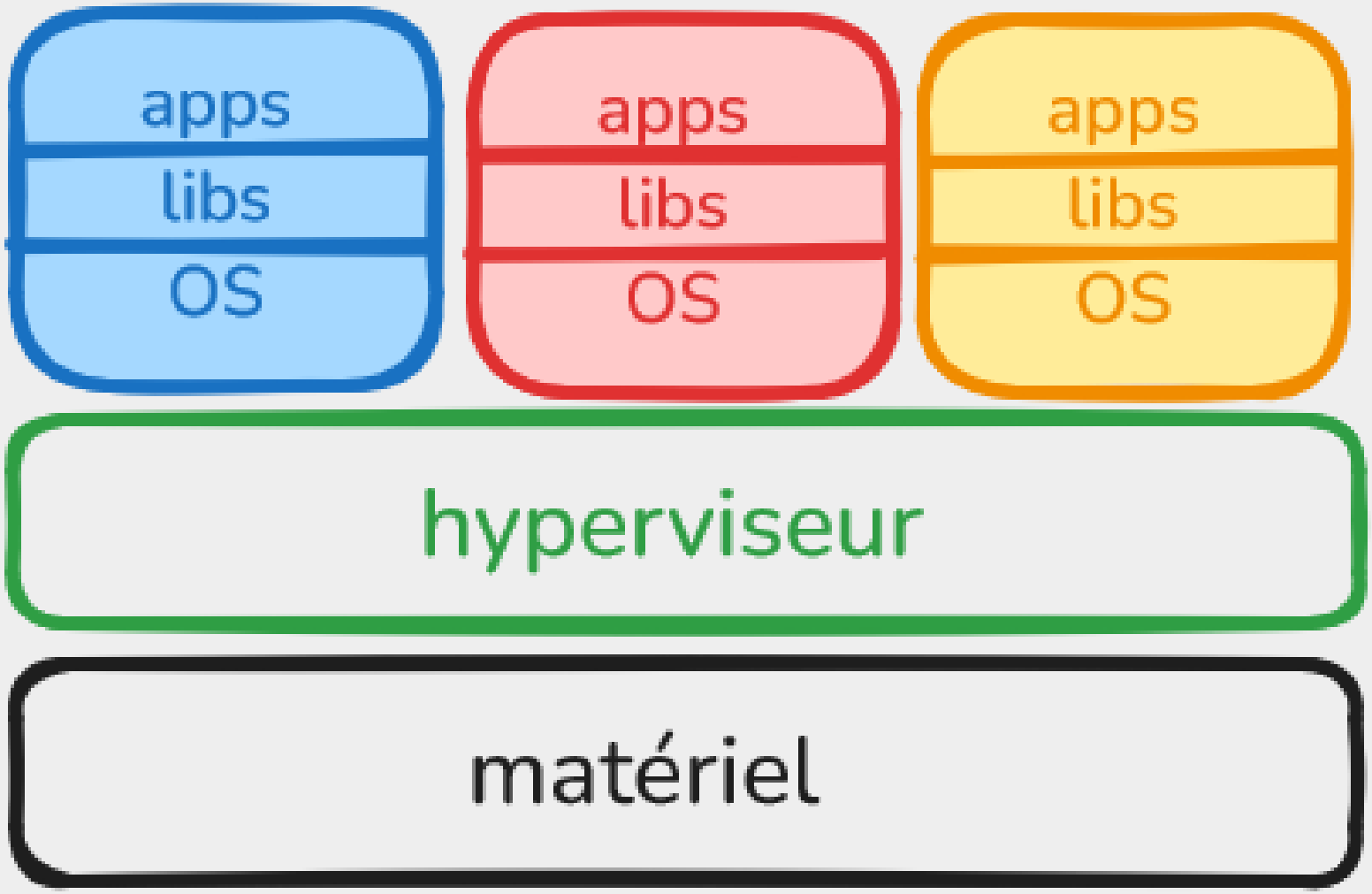
# DOCKER

# PLAN

# Virtualisation

soit **partage** de ressources matérielles

- hyperviseur
  - Fine couche de système d'exploitations **OS** = Noyau léger
  - Alloue des **ressources physiques**
  - i.e *CPU, RAM, E/S*
  - Pour Créer des **Machines Virtuelles**
  - i.e des OS « invités » différents (unix / windows)
  - Ex: *VMWare, Xen, KVM, Hyper-V...*


apps
libs
OS
apps
libs
OS
apps
libs
OS
hyperviseur
matériel

# Enjeux

- Optimisation des ressources matérielles
  - Gain énergétique: réduction des coûts
- Flexibilité
  - Déplacement, Sauvegarde / Restauration des Vms
- Incident / Sinistre : **PRA** « Plan de Relance de l'Activité»
  - **RPO** «Recovery Point Objective» Δmax. save / restore
  - **RTO** «Recovery Time Objective» Δmax interruption

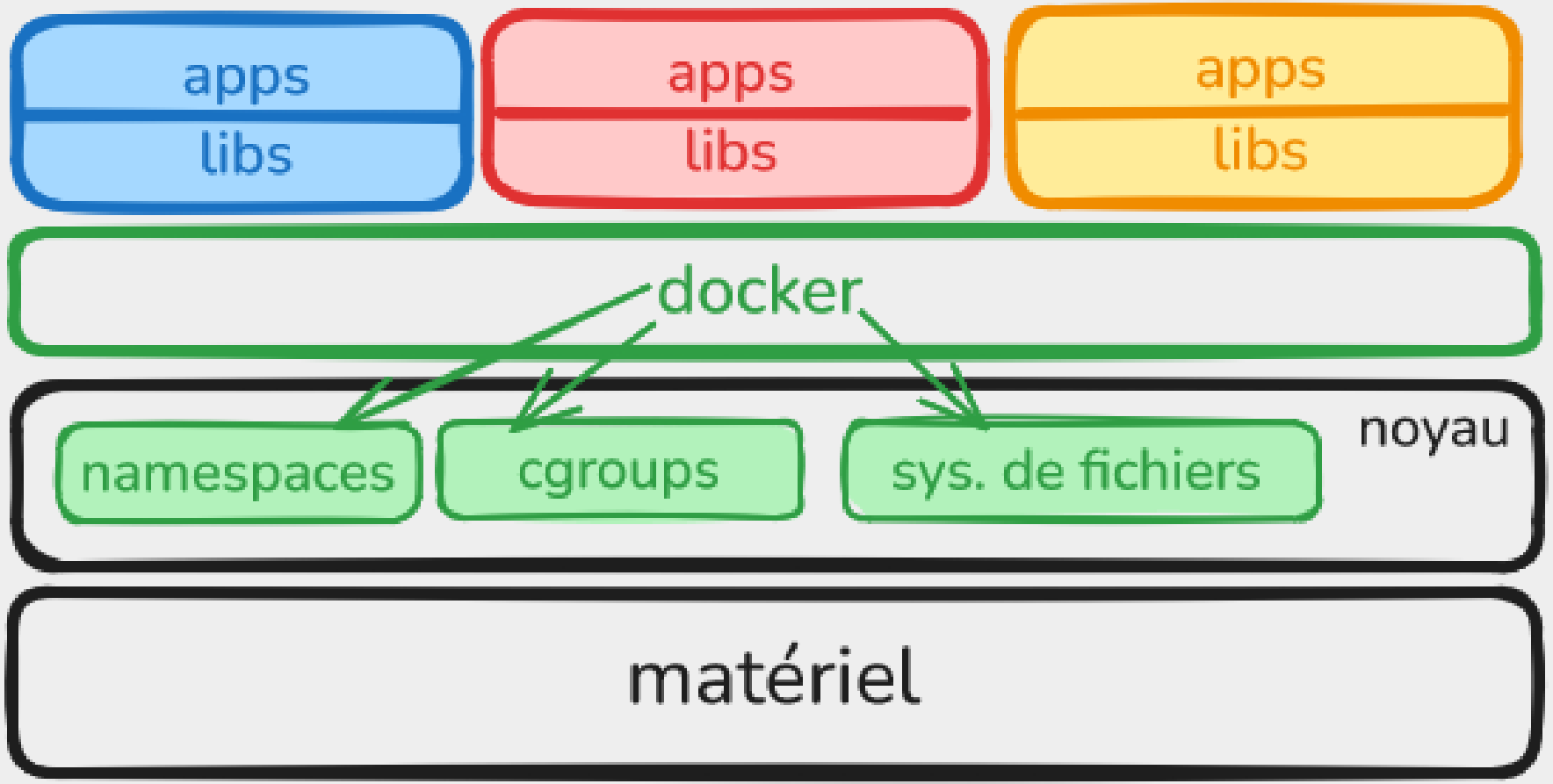
# Performances

- Dégradées car la couche logicielle supplémentaire (hyperviseur)
- Moindres dégradations grâce aux technos comme VT-x ou AMD-V
  - accès direct aux drivers E/S pour les VMs « para-virtualisation »
  - architectures processeur facilitant le traitement d'instructions d'une vm étiquetées par l'hyperviseur

# Conteneurisation

soit **isolation** de processus par le **noyau**

- logiciel de conteneurisation (comme Docker)
  - Créé des conteneurs
  - i.e, Isole des **processus** du reste de l'OS hôte
  - Avec leur propre « vision » du système => **namespaces**
  - Limités dans les ressources utilisables => **cgroups**
  - dont l'environnement sont assis sur des ensembles de *systèmes de fichiers*, des **images**, contenant des librairies et des binaires

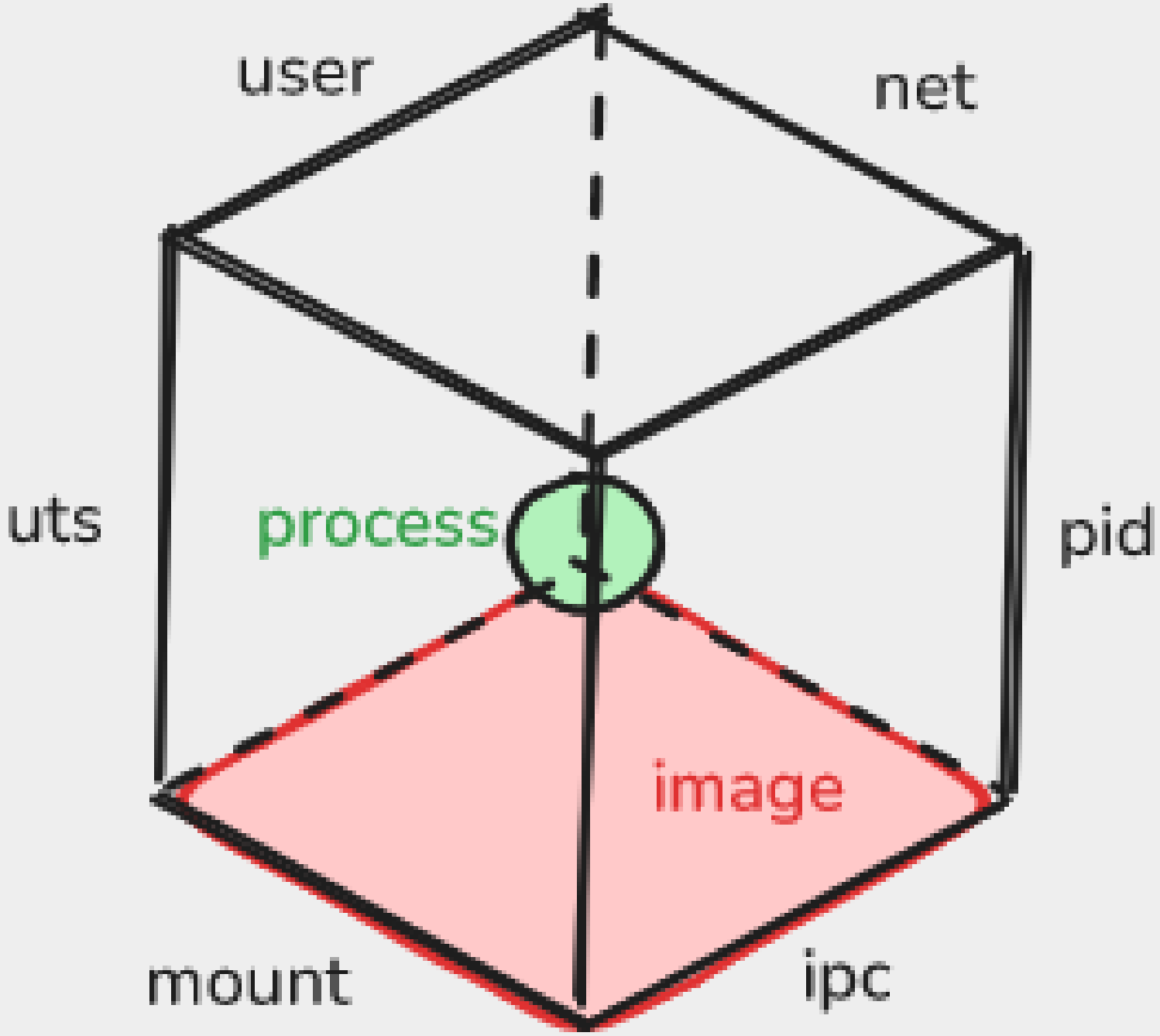

apps
libs
apps
libs
apps
libs
docker
namespaces
cgroups
sys. de fichiers
noyau
matériel

# virtualisation vs conteneurs

- Les conteneurs:
  - Plus **légers**, ne comprennent que des logiciels de haut niveau
  - Plus **rapides** à créer et déplacer
- Les Vms
  - mieux **isolés** de l'extérieur
    alors que le noyau de l'hôte est partagé entre conteneurs
  - Plus **dynamiques**: conçues pour les interactions utilisateur
    alors qu'un conteneur n'accède pas à la *GUI / systemd / ...*

# namespaces linux

- **pid:**: isolation des *Pids, PPids* dans une autre table de processus
- **net**: isolation réseau *interfaces, addr. IP , routes, firewall* dans une autre pile réseau
- **mount:** isolation des *points de montage* => volumes docker
- **uts:** isolation du nom d'hôte
- **ipc:** « inter processus communication» pas de cnx avec les *sémaphores, segments de mémoire partagés, mutexes*
- **user:** mapping des UID/GID entre l'hôte et les conteneurs host uid xxx → ctn uid 0 (par défaut)

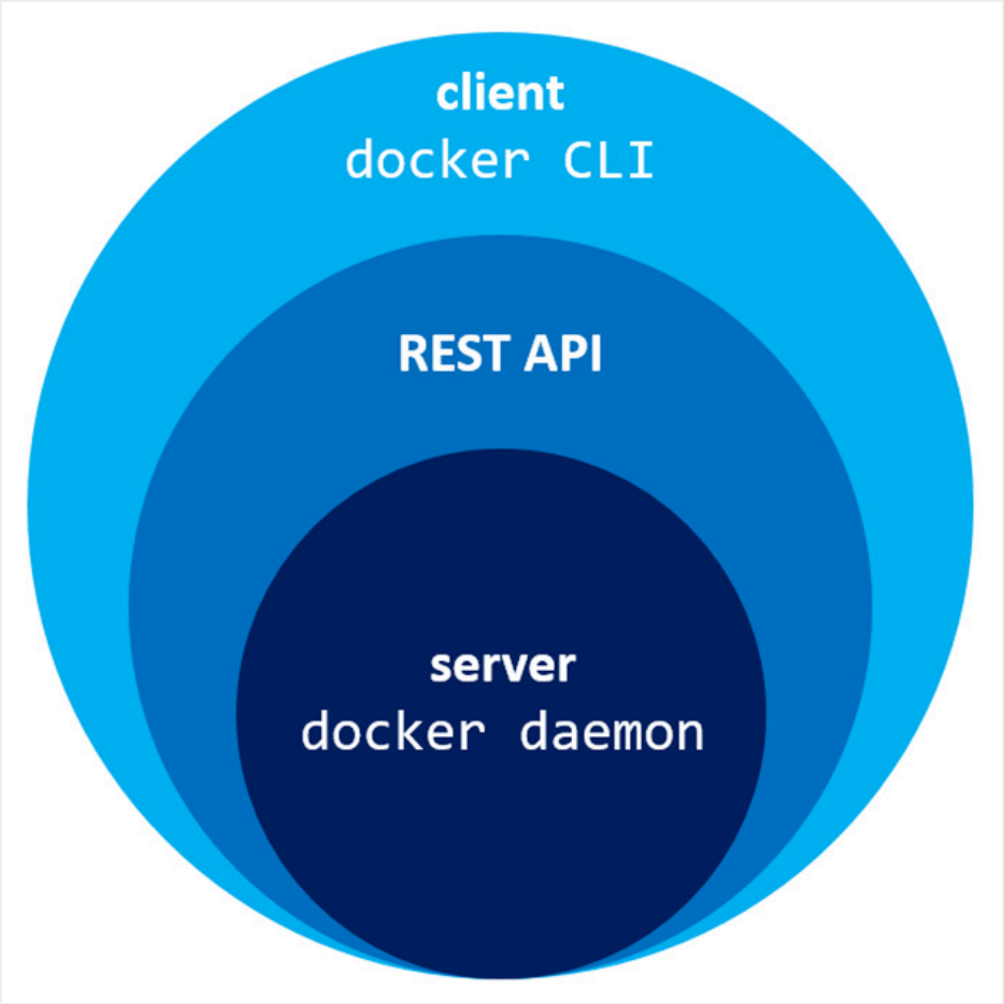

user
net
uts
process
pid
image
mount
ipc

# cgroups linux

- régulent l'accès aux ressources des processus:
- **RAM**
  - limites physiques et réservations
- **CPU**
  - proportion du pool CPU
  - répartition des traitements sur les coeurs
- **Entrées / Sorties** :
  - débits en lecture / écriture

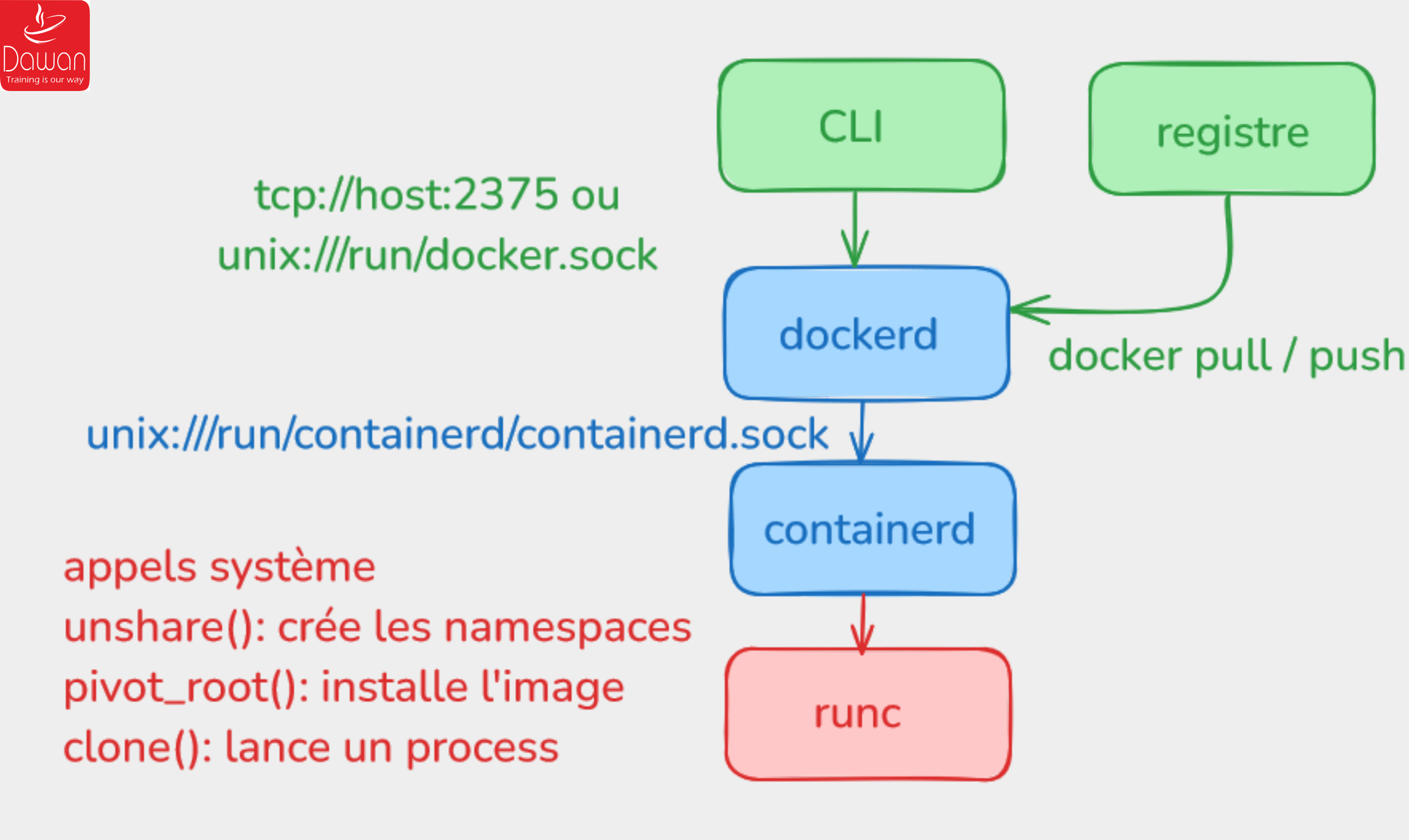
# docker: client/serveur

- connexion avec une socket
- même machine => **socket unix**
  - *unix:///run/docker.sock*
- machine distante => **socket tcp**
  - *tcp://host:2375*
- TLS (sécurisé): *tcp://host:2376*



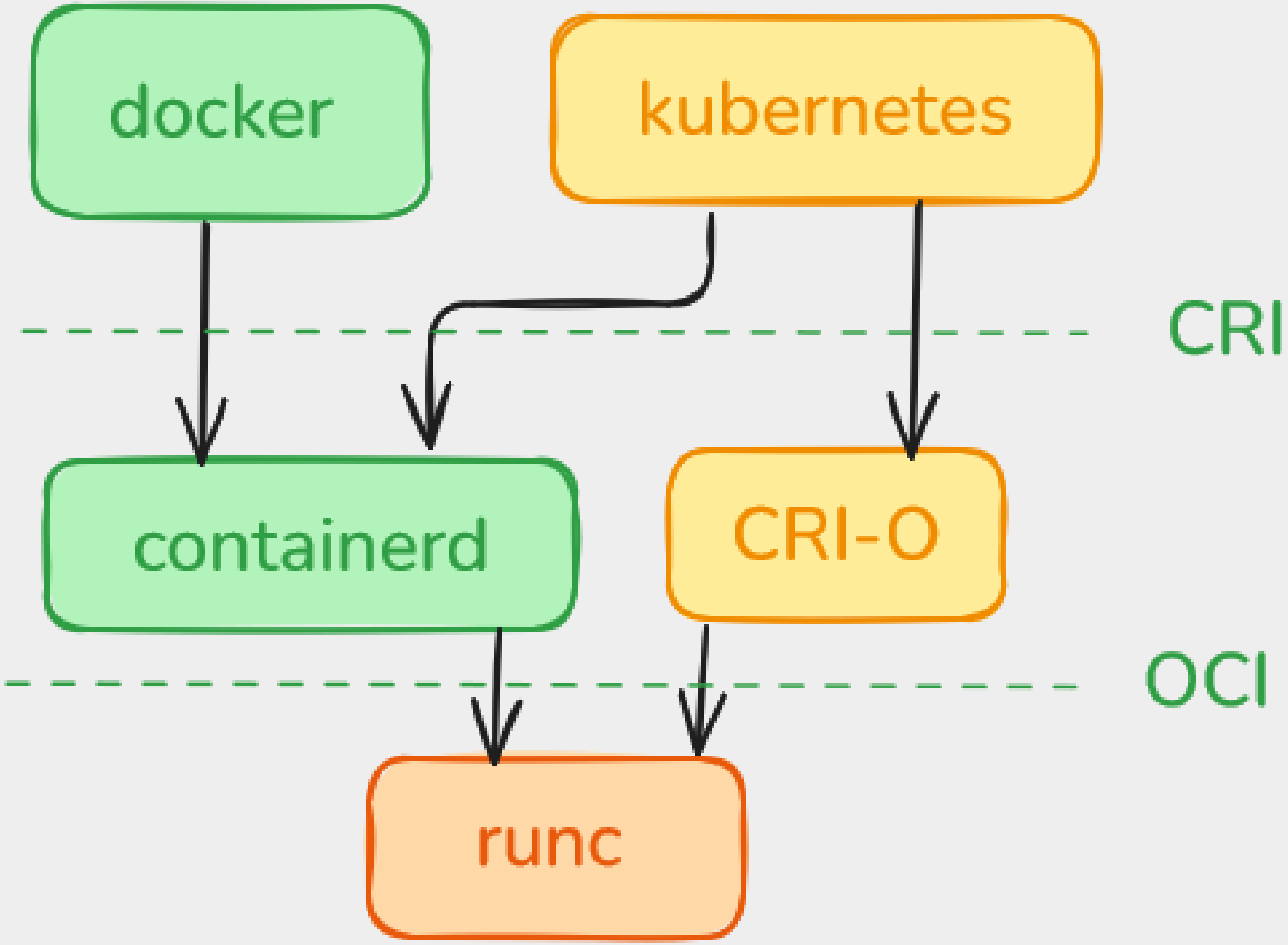
# composants de docker

- client: **CLI** + plugins
  - *Compose / Buildx / Swarm*
- **registre d'images** public ou privé
- serveur d'API REST: **docker daemon**
  - responsable de la construction des images *build*
- moteur d'exécution haut-niveau: **containerd**
  - responsable des aspects *stockage et réseau*
- moteur d'exécution bas-niveau: **runc**
  - fabrique un *conteneur* à partir d'une *image et de namespaces*


CLI
registre
tcp://host:2375 ou
unix:///run/docker.sock
dockerd
docker pull / push
unix:///run/containerd/containerd.sock
containerd
appels système
unshare(): crée les namespaces
pivot_root(): installe l'image
clone(): lance un process
runc

# standards

- **containerd** est conforme au standard **CRI**
  - *Container Runtime Interface*
- **runc** est conforme au standard **OCI**
  - *Open container Initiative*
- ces 2 standards rendent Docker **compatible** avec les autres solutions technologiques de conteneurs
  - *Kubernetes / Openshift / Rancher / ...*

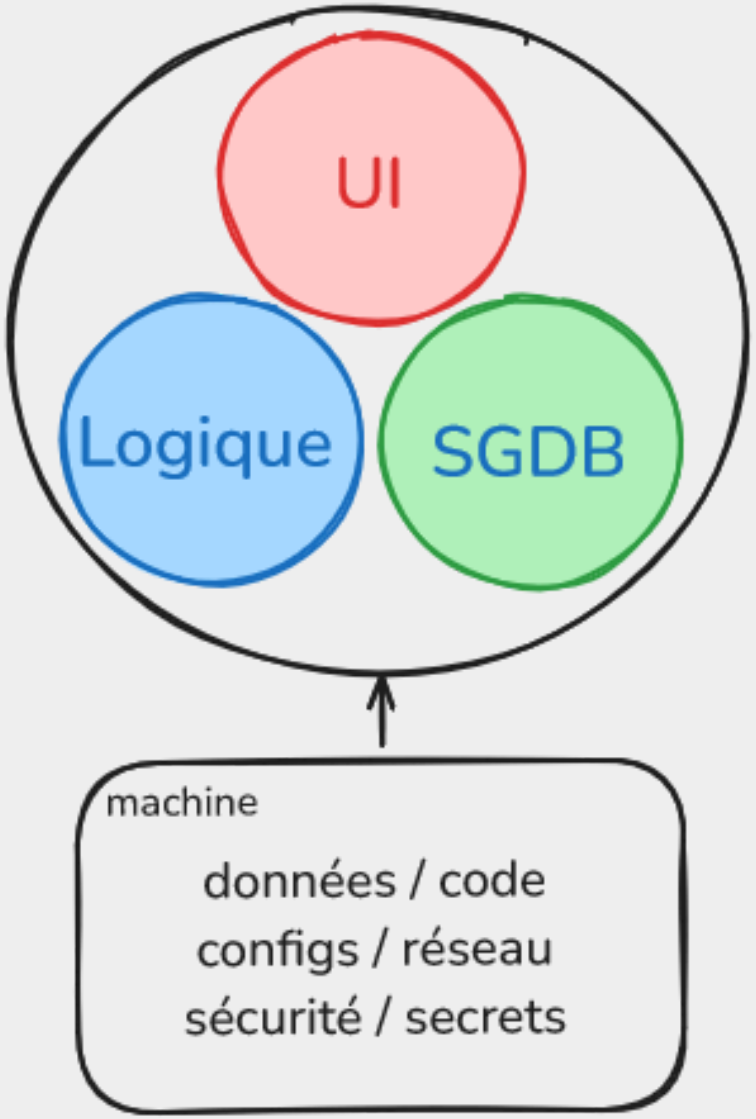

docker
kubernetes
CRI
containerd
CRI-O
OCI
runc

# architecture microservices

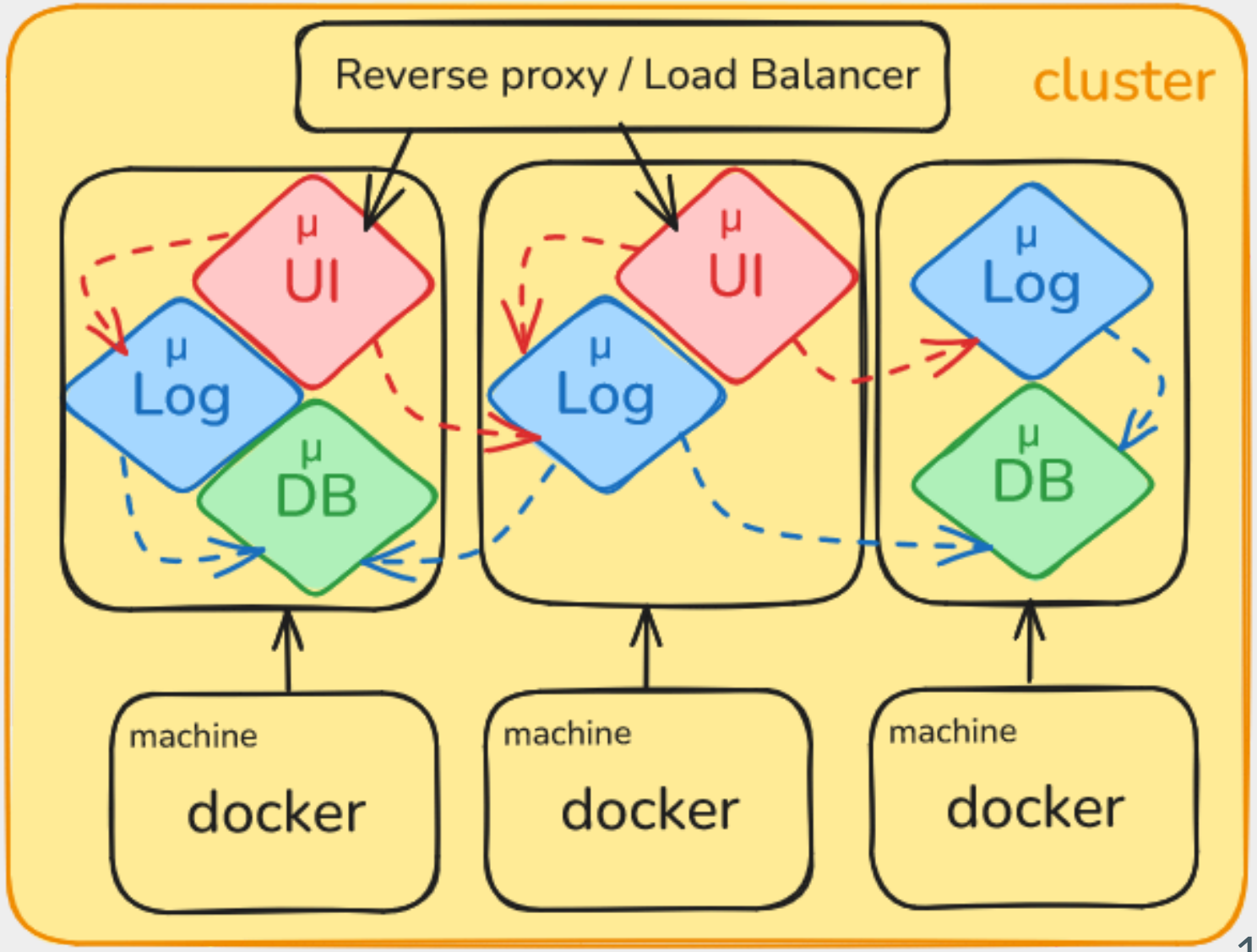
- versus *monolithique*
- **décomposition** d'une application en tiers ou **(micro)services**
  - *UI* (serveur web) / *logique* (PHP, java) / *données* (SGDB, fichiers, objets...)
  - *sécurité, surveillance et autres middlewares...*
- services *mis en réseau* dans une infrastructure en *cluster ou cloud*
- **connectés par des API** web => *couplage faible*

> “ docker permet facilement d'installer et isoler les microservices ”

## Monolithique



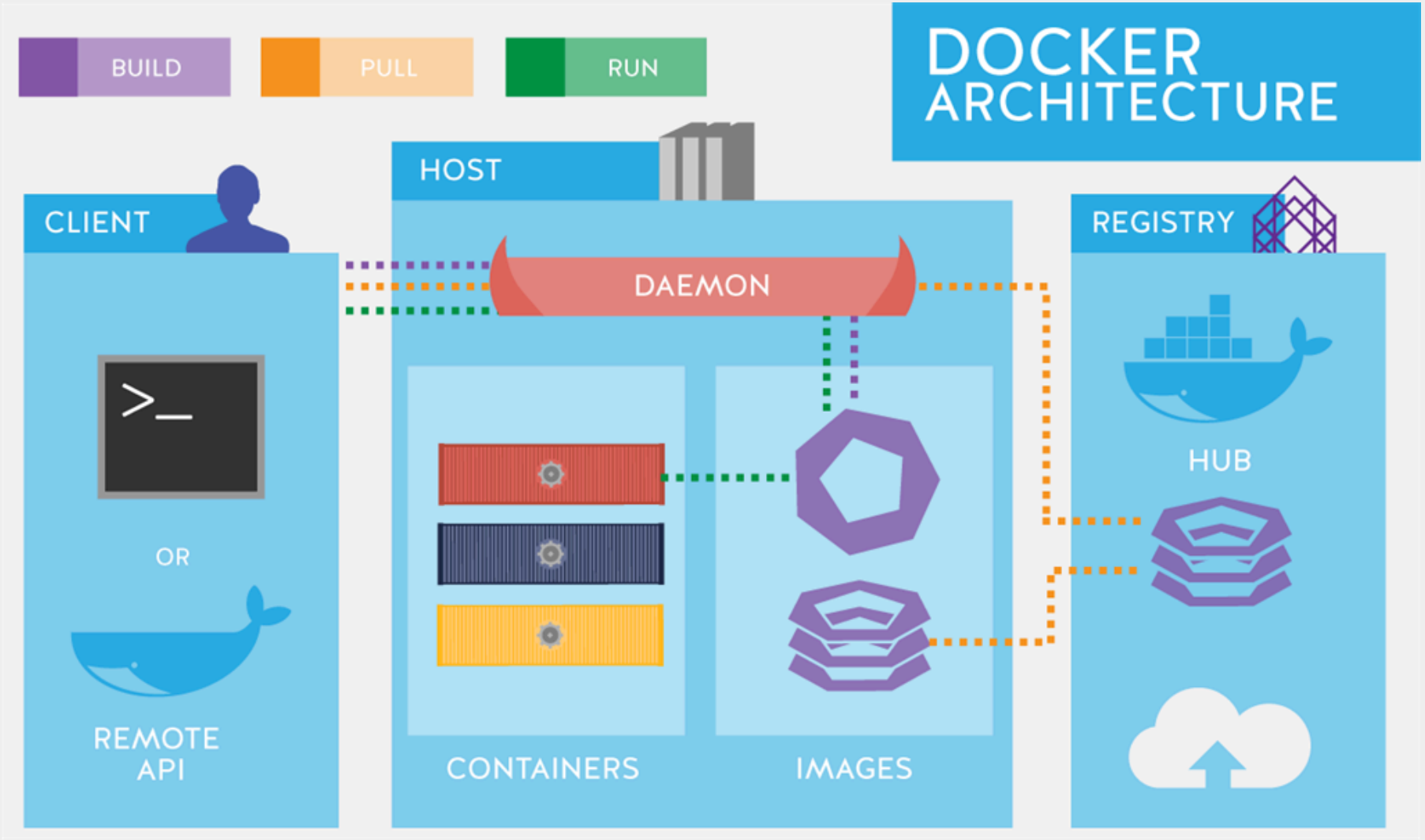

## Microservices



# intérêts et problématiques

- Un conteneur docker est créé / supprimé / mis à jour facilement et isolé du reste de la machine - **couplage faible**
- Un conteneur docker est déplacé / *répliqué* facilement dans un cluster pour assurer une *mise en échelle horizontale* - **scalabilité**
  - augmente les *performances* / *disponibilité* / *fiabilité* (MTRS)
- L'architecture microservices *génère bcp de flux* / **compléxité**
  - *ordonnancer* / *mettre à jour* / *superviser* des services répliqués
- On doit s'adjoindre un outil d'**orchestration** *Swarm / Kubernetes...*

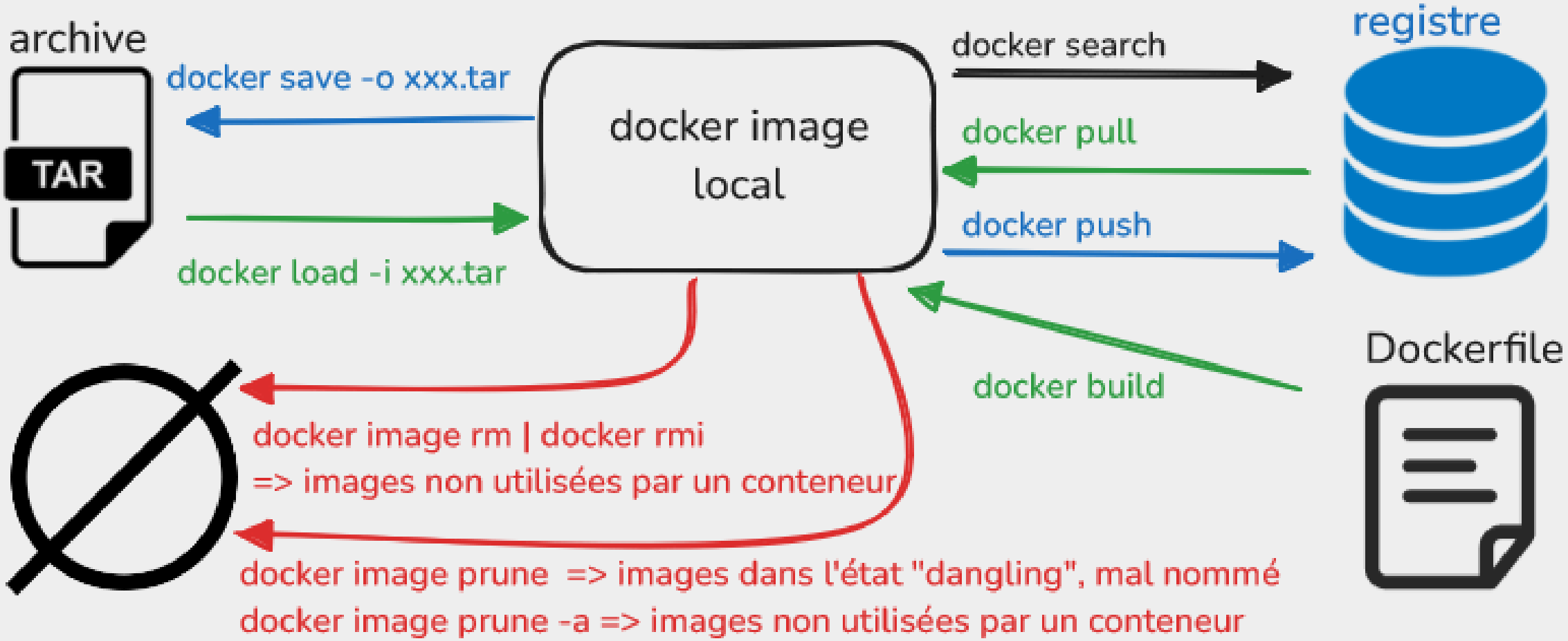
# Premiers pas



# télécharger des images

- par défaut on trouve les images sur le portail public **Docker Hub**
- infos: `docker search <image>` mais *interface pauvre*
- composition d'un image: `nom:tag[@sha256:xxxxxxxxxx]`
  - **nom:** lié à la technologie souhaitée (ex: nginx)
  - **tag:** *obligatoire* lié à la version et/ou la distro
  - **digest:** *optionnel* sha256 lié à la plateforme (par défaut amd64)
- `docker pull nom:tag[@sha256:xxxxxxxxxx]`
- voir les images téléchargées en *local*:
  `docker image ls` ou `docker images`

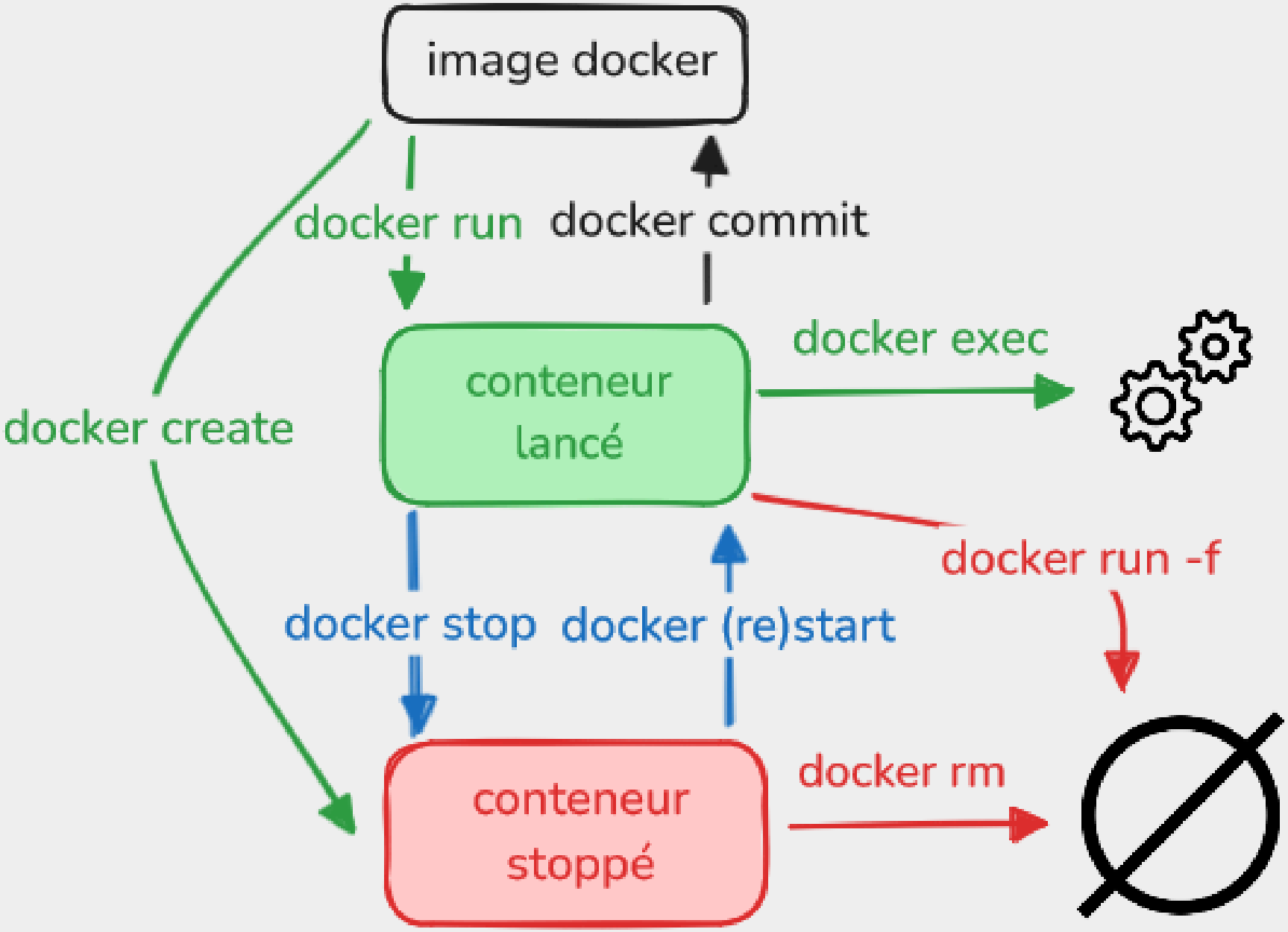
# cycle des états des images



# lancer un conteneur

- créé un conteneur: `docker run <image:tag>`
  - *"pull" l'image* si elle n'existe pas en local
  - **isole l'image** sous jacente
  - et **lance une commande** liée à l'image
- par défaut, le processus lancé est lié au terminal, *en avant-plan*
- REMARQUES
  - le terminal est bloqué si le processus ne retourne pas ! *daemon*
  - si le processus est un *terminal*, celui-ci s'arrête immédiatement !

# cycle des états des conteneurs



# lancer un conteneur de type daemon

- `docker run --name <name> -d --restart unless-stopped <image:tag>`
  - **--name <name>:** fixer le nom d'un conteneur
  - **-d:** lancement du processus en *arrière-plan*
  - **--restart [unless-stopped | always]:** politique de redémarrage du conteneur en cas de crash
  - on voit l'**identifiant** du conteneur en sortie *hash sha256*
- `docker stop <name | ID>` : stoppe le conteneur => le processus
- `docker [re]start <name | ID>` : (re) démarre le conteneur => le processus

# introspection: voir les conteneurs

- `docker ps` : voir les conteneurs lancés
- `docker ps -a` : voir tous les conteneurs - *lancés et stoppés*

```
CTN ID  IMAGE  COMMAND   CREATED        STATUS              PORTS   NAMES
e9b2f8b alpine "/bin/sh" 8s ago         Exited(0) 7s ago            shy_gauss
aa8f8b8 nginx  "xxxxxxx" About 1mn ago Up About 1mn       80/tcp  my-nginx
```

- `docker ps -aq` : affiche seulement les identifiants *e9b2f8b aa8f8b8*
- `docker ps --filter "name=my-*"` : filtrer selon les nom et les valeurs des champs

# introspection: configuration du conteneur

- `docker inspect <name | ID>` : affiche la configuration du conteneur
  - sous forme d'*objet JSON*

```
# afficher un ou des champs avec les TEMPLATES GO
docker inspect --format "{{.Id}} {{.State.Status}}"
# afficher un objet ou une liste en json
// --format "{{json .State}}"
# // avec des champs séparés
// --format "{{join .State ' , ' }}"
# similaire à docker
(echo "ID NAME STATUS"; docker inspect $(docker ps -q) \
--format '{{printf "%.10s" .Id}} {{.Name}} \
{{upper .State.Status}}') | column -t -s ' '
```

# introspection: observer les logs d'un conteneur

- `docker logs [-f] <name | ID>`
  - affiche les logs du processus du `run`
  - **-f:** affichage en temps réél - *bloquant*
- les logs sont gérés par docker
  - *par défaut* en tant que fichier json *ICI*
  - `docker inspect --format='{{.LogPath}}' <name | ID>`
- d'autres techniques - *drivers* de logging sont disponibles
  - `docker info`

# modifier le processus au lancement

- `docker run [options] <image:tag> <COMMAND>`
- le paramètre *à droite de l'image* remplace la commande par défaut

```
CTN ID  IMAGE  COMMAND   CREATED        STATUS              PORTS   NAMES
e9b2f8b alpine "COMMAND" 8s ago         Exited(0) 7s ago            shy_gauss
```

- si la commande est à usage unique *one shot*
  - **--rm:** *supprime le conteneur* après la fin du processus, soit l'arrêt du conteneur

# configurer le processus

- `docker run -e VARIABLE=value -e VARIABLE2=value2 ...`
  - créer / éditer des **variables d'environnement** pour configurer le processus au moment du `run`
- `docker run --env-file ./.env ...`
  - même chose en chargeant un *fichier de variables* `.env` en local

```
MY_VARIABLE1=value
MY_VARIABLE2=value2
```

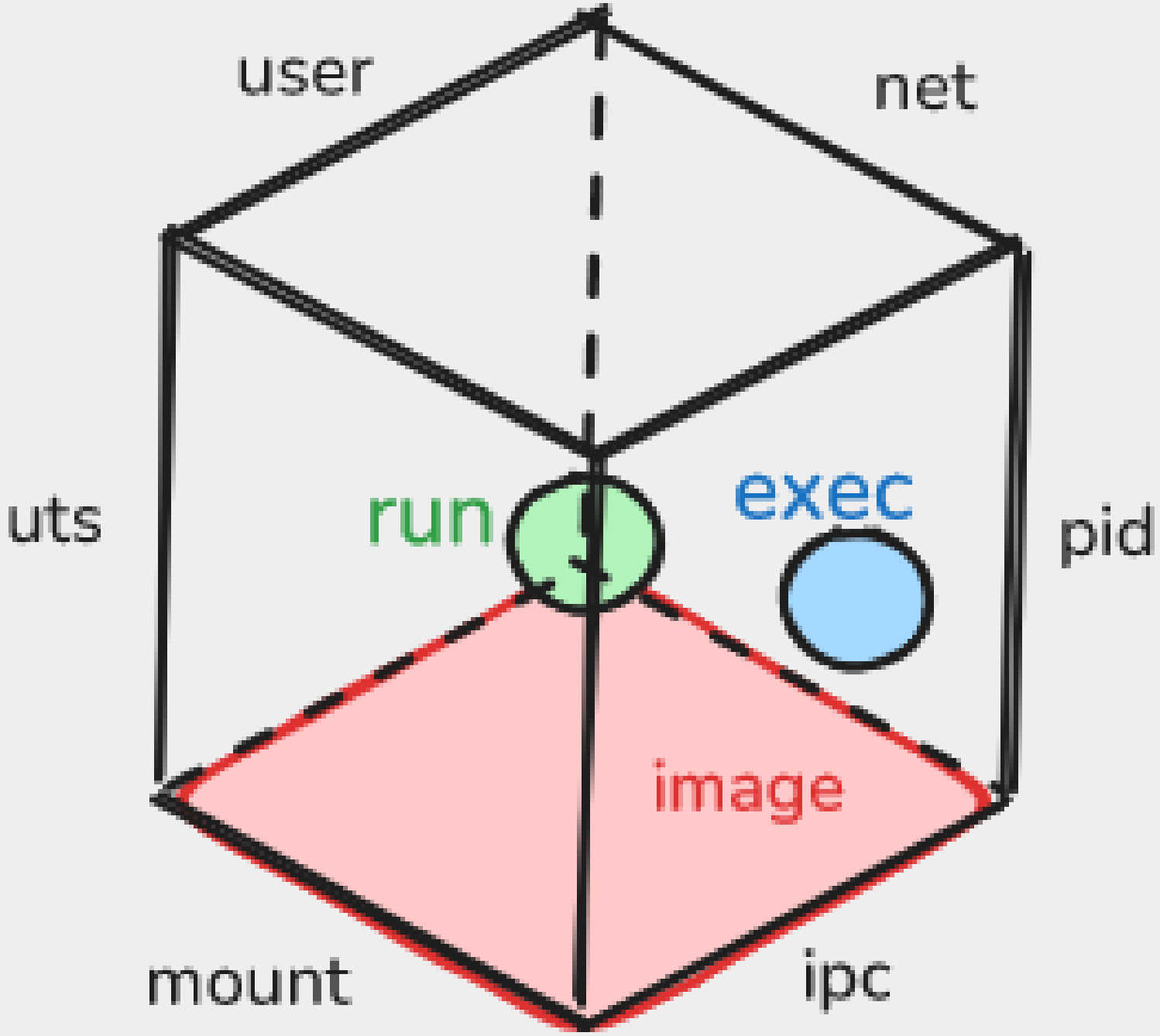
# lancer un conteneur en mode interactif

- `docker run -it <image:tag> [ /bin/[ba|...]sh ]`
- les 2 options `it` du `run` permettent de
  - rendre **persistent** et
  - donc d'utiliser un terminal dans le conteneur
  - pour *travailler* dans le conteneur
- **-t:** : attache un pseudo-tty
- **-i:** : attache le flux d'entrée *stdin* du conteneur

> *si la commande par défaut de l'image n'est pas un terminal on peut la remplacer par un shell (sh, bash, ...), si l'existe !!!*

# exécuter un autre processus dans un conteneur

- `docker exec [-it] <ctn-name | ID> <COMMAND>`
- si un conteneur est **déjà lancé** avec `run`
  - `exec` exécute une commande supplémentaire dans le conteneur
- si l'on veut *travailler dans le conteneur* avec un terminal
  - on ajoute les options `it` avec une commande de type shell


user
net
uts
run
exec
pid
image
mount
ipc

# s'attacher / se détacher du processus

- pour sortir d'un processus de type shell (interactif)
- `exit` : sort ET termine le terminal
  - Rien à dire si le shell a été lancé avec `exec`
  - MAIS *stoppe le conteneur* si le shell a été lancé avec `run`
- `Ctrl + P + Q` : détache le flux d'entrée et *laisse le shell vivant*
  - `docker attach` : peut se rattacher au shell

# Reseaux Docker

- le **namespace network** créé une copie de la pile réseau de l'hôte
- on peut y attacher des:
  - *interfaces réseau virtuelles*
  - *adresses*
  - *tables de routages*
  - *règles de Firewall*
- une telle configuration réseau est établie par un **driver réseau docker**

# drivers réseau docker

- **bridge:** *par défaut*, sous-réseau local virtuel permettant la communication entre conteneurs sur le hôte
- **host:** accès direct des conteneurs aux interfaces de l'hôte
- **none:** *pas de réseau*, le conteneur ne communique pas
- **overlay** : pour un *cluster swarm* - *surcouche* réseau virtuelle qui agrège les réseaux associés à plusieurs hôtes en LAN ou WAN
- `docker network ls` : afficher les réseaux docker disponibles

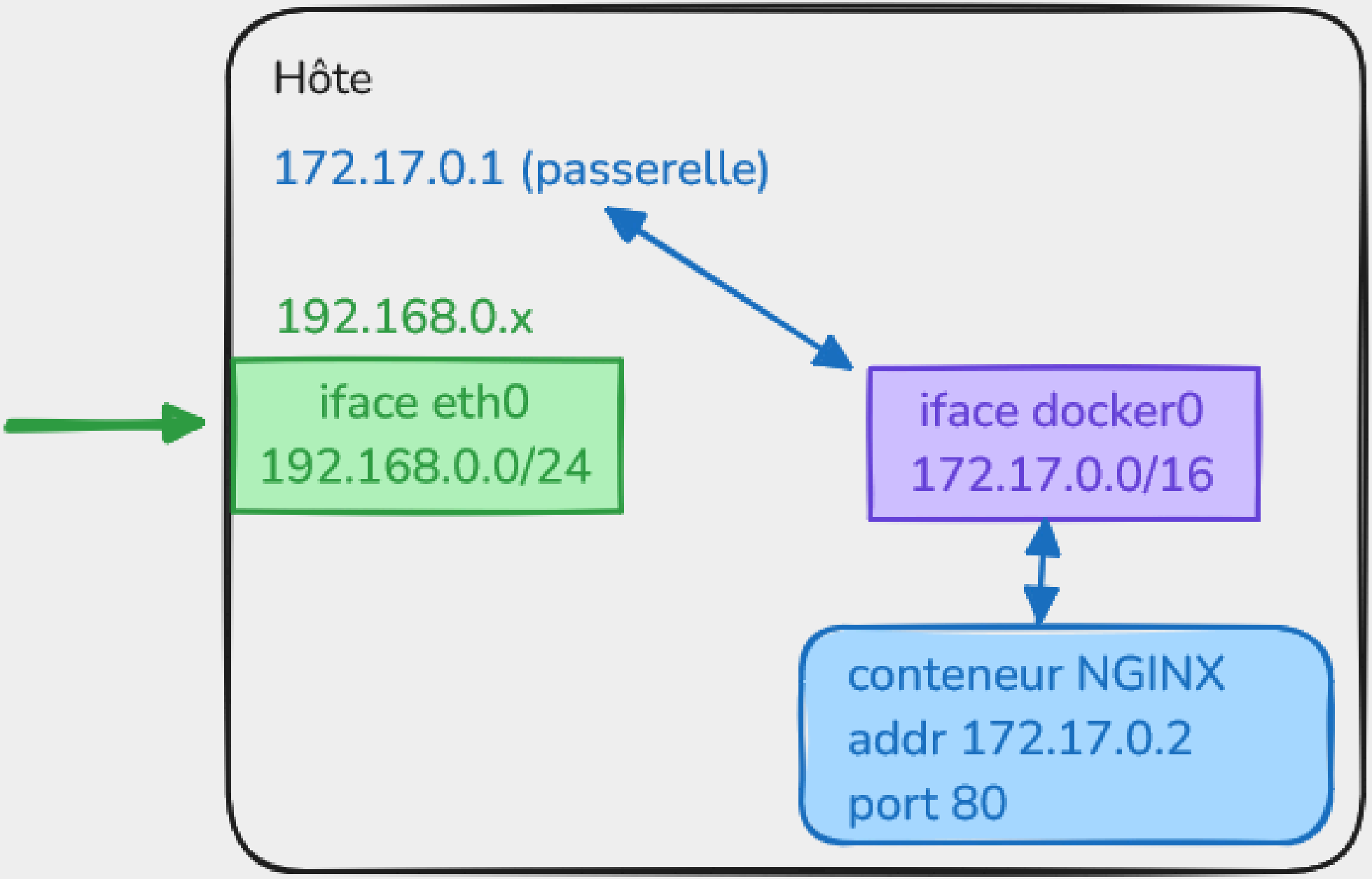
# bridge par défaut et l'interface docker0

- par défaut une interface **docker0** de type *bridge* est disponible

```
$ ip a
4: docker0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 ... state UP group default
    link/ether 02:42:87:f5:46:1c brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 172.17.0.1/16 brd 172.17.255.255 scope global docker0
```

- par défaut, un conteneur lancé reçoit une adresse IP sur ce bridge

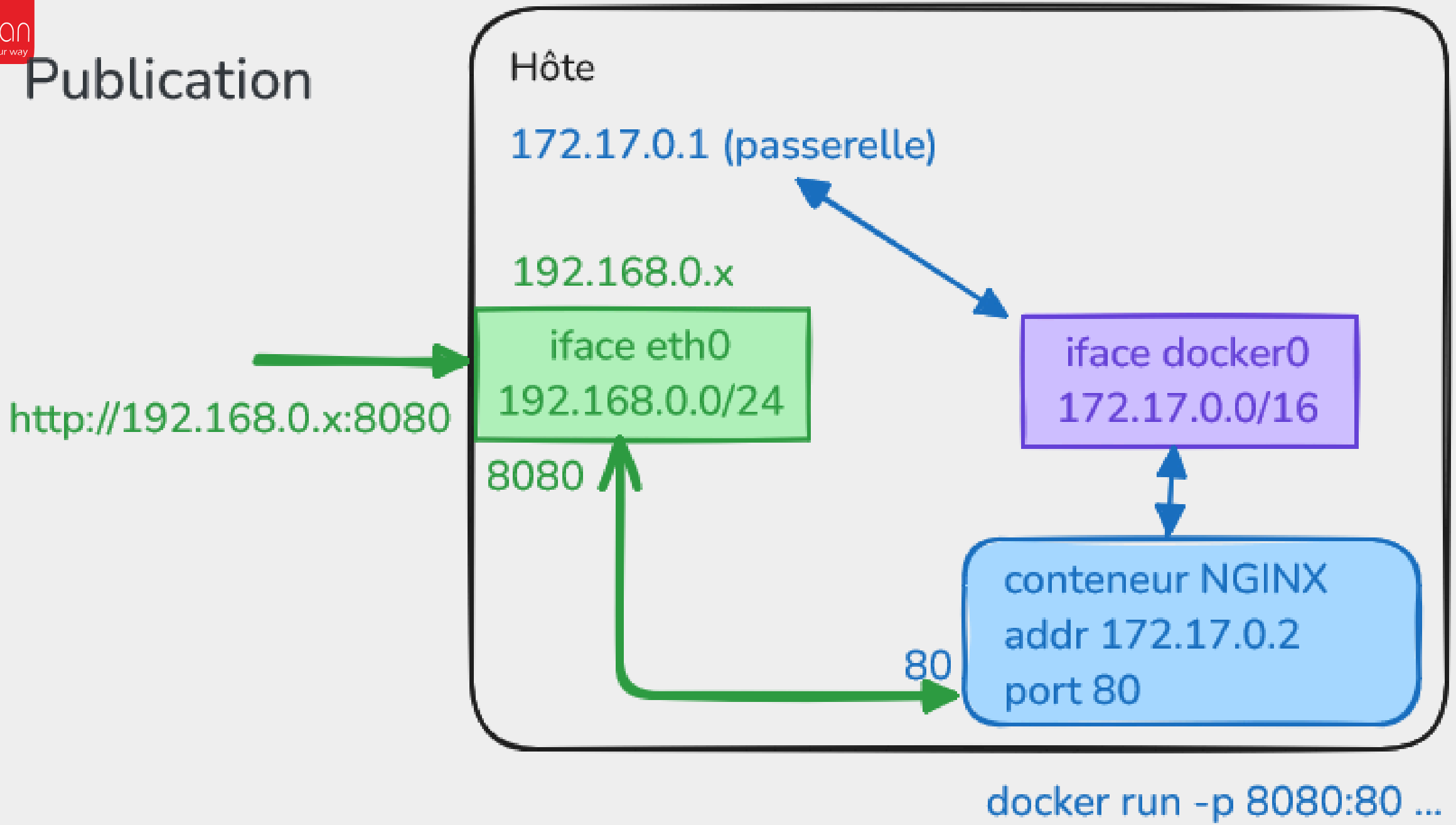
```
docker network inspect bridge
{ ..., "Containers": { "aa8f8b...": {
         "Name": "my-nginx",
         "IPv4Address": "172.17.0.2/16"},...}
```


Hôte
172.17.0.1 (passerelle)
192.168.0.x
iface eth0
192.168.0.0/24
iface docker0
172.17.0.0/16
conteneur NGINX
addr 172.17.0.2
port 80

# exposition et publication des ports

- le champs "PORTS" du `docker ps` affiche un ou plusieurs ports réseau, dits **exposés**, liés à la techno du conteneur *(nginx => 80)*
- c'est une *simple information*, utilisable par l'extérieur
  - *cette info peut être fausse !!!*
- *par défaut* **ces ports ne sont pas accessibles** en dehors du réseau docker
- `docker run -p <EXTERN_PORT:INTERN_PORT> ...`
  - **-p:** redirige un port "interne" du conteneur sur un port "externe" sur *toutes les interfaces du hôte par défaut*
  - on appelle ce mécanisme la **publication**

# Publication




docker run -p 8080:80 ...

# types de publication

```
## redirection sur une INTERFACE PARTICULIERE
## ADDRESS:EXTERN_PORT:INTERN_PORT
docker run -p 192.168.0.x:8080:80 ...

## choix du port externe dans un intervalle
## + choix de la couche transport
docker run -p 8080-8090:80/tcp ...

## publier TOUS les ports internes EXPOSES sur des ports externes > 32768
docker run -P (--publish-all) ...
```

“ *les publications automatiques sont utilisées par les orchestrateurs, pour répliquer des conteneurs à publier* ”

# problématique du réseau docker0

- La communication entre conteneurs sur *docker0* se fait:
- par les **ips**, peu pratique car les valeurs sont imprévisibles ips
  - `docker run --ip 172.17.x.y ...` pour une ip fixe
- par un **dns** (alias réseau)
  - `docker run --link <ID | name | name:alias> ...` *déprécié*
- en pratique on va associer un ensemble de conteneurs par un **réseau ad hoc de type bridge**

> *on utilise pas le réseau docker0 en exploitation*
> *on créé plutôt un réseau custom par application conteneurisée*

# créer un réseau bridge custom

```
# options avec les valeurs par défaut
docker network create \
--driver=bridge --subnet=172.18.0.0/16 --gateway=172.18.0.1 \
<network_name>
```

- `docker run --net <network_name> ...`
  - lancer un conteneur *sur ce réseau*
- `docker [dis]connect <network_name> <ID | ctn_name>`
  - *(dé)connecter* un conteneur *préexistant* au(du) réseau

“ **sur un bridge custom le nom de conteneur est un DNS !!!** ”

# Volumes Docker

- *REMARQUE n°1:*
  - les images publiques sont crées avec une *config. par défaut*
  - on peut utiliser les *var. d'environnement* à la marge
  - MAIS comment **injecter un fichier/dossier** dans un conteneur ?
- *REMARQUE n°2:*
  - en cas de suppression d'un conteneur
  - *les données modifiées* depuis la création seront **PERDUES**
  - comment peut on **faire persister les données** d'expoitation

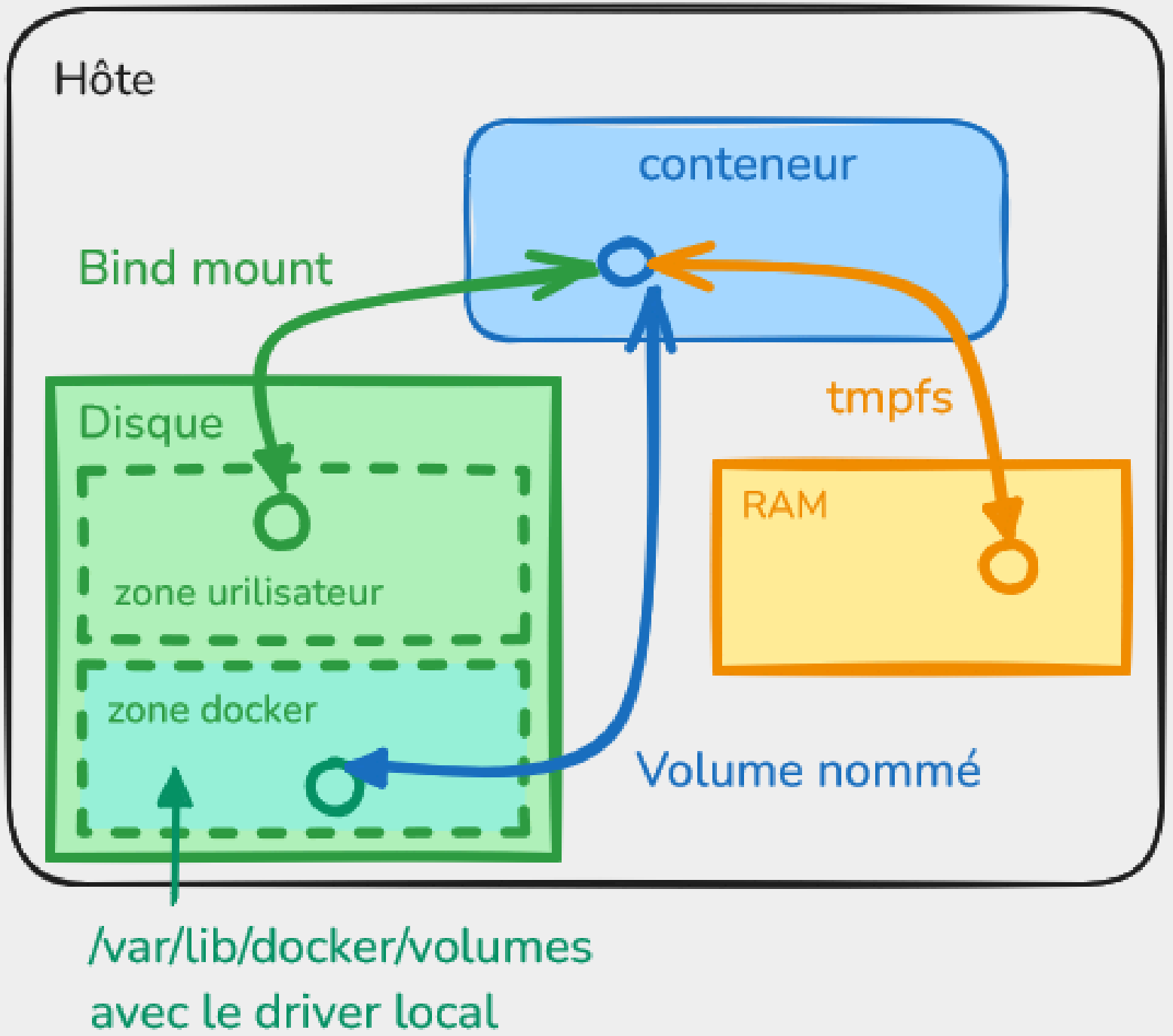
# copier un fichier/dossier

- `docker cp <src_path> CTN:<dest_path>`
  - copie un objet en *local dans le conteneur*
- `docker cp CTN:<src_path> <dest_path>`
  - copie un objet du *conteneur dans le hôte*
- L'objet destination **n'est pas** le fichier source - *inodes différents !*
- docker cp produit un flux tar, on peut le rediriger sur *stdout* avec
  - `docker cp CTN:<src_path> - | tar x -0`

# types de volumes

- **bind mount:** point de montage i.e *même inode*
  - d'un fichier/dossier local *géré par l'utilisateur*
  - sur un fichier/dossier dans *un ou plusieurs conteneurs*
- **volume nommé:** point montage
  - d'un fichier/dossier d'un conteneur
  - sur un fic/dos *géré par docker* selon un *driver de stockage*
  - *partageable* par d'autres conteneurs
- **tmpfs:** point de montage du conteneur dans la *RAM*
  - persistant tant que le conteneur existe

# volumes


Hôte
conteneur
Bind mount
tmpfs
Disque
RAM
zone urilisateur
zone docker
Volume nommé
/var/lib/docker/volumes
avec le driver local

# Drivers de stockage

- Par défaut, docker utilise le **driver local overlay2**
  - volumes créés sur l'hôte avec le système de fichiers **overlayFS**
- On peut spécifier *d'autres systèmes de fichiers*
  - tmpfs => RAM,
  - sshfs => machine distante,
  - nfs => partage NFS,
  - CIFS => partage samba ...)
- Les volumes docker pilotent en réalité **l'appel système mount**, d'une manière ou d'une autre

# utiliser les volumes

- `docker run -v /path/to/obj:/path/on/ctn/obj:opt1,..,optn, ...`
  - **bind mount:** le choix du chemin sur le hôte *est libre*
  - **options:** propriétés du montage *Ex. ro => ReadOnly ...
- `docker run -v volume_name:/path/on/ctn:ro ...`
  - **volume nommé:** un label *volume_name* représente un emplacement géré par docker

> *ATTENTION: le chemin sur le hôte dans le cas d'un bind mount doit être soit un chemin absolu ou un chemin relatif commençant par . ou .. sinon il paraitrait comme un NOM !!!*

# Ecriture longue

```
# bind mount
docker run --mount src=path/to/obj,dst=/path/on/ctn/obj,readonly ...
# volume nommé: PEU PRATIQUE !!!
docker run --mount \
src=volume_name,dst=/path/on/ctn/obj,volumedriver=local,volume-opt=type=nfs...
```

- cette écriture longue permet d'uitiliser des *options avancées*
- pour un **volume nommé**, la config.
  - *driver*
  - *système de fichier*
  - *...*

# Création de volumes nommés

```
## PREFERER CELA à la config run --mount !!!
docker volume create \
--driver=local -o opt1=val1 -o opt2=val2 \
<volume_name>

docker volume ls
docker volume inspect <volume_name>

# suppression de volume non lié à un conteneur en exécution
docker volume rm <volume_name>
# suppression des volumes non utilisés
docker volume prune
```

# monter tous les volumes d'un conteneur

```
docker run --name=toto -v ./obj:/obj -v volume_name:/path/on/ctn/obj2 ...
docker run --name=tata --volumes-from=toto ...
```

- **--volumes-from:**
  - permet de monter tous les volumes d'un conteneur dans un autre
  - *condition:* les 2 conteneurs doivent être *le même réseau*

# Docker Compose

- *plugin* client docker
- Pilote les commandes docker CLI depuis un **ficher de configuration au format YAML**
- les *commandes docker compose* permettent de lancer un ensemble de conteneurs inter-connectés et dûment configurés
  => outil d'**infrastructure as code**
- installation: `sudo apt-get insall -y docker-compose-plugin`

> *docker compose compose une architecture microservice !!!*

# format YAML

- format de représentation de données par *sérialisation*, conçu pour être *aisément modifiable et lisible*
- Dérivé de la représentation d'un objet *JSON déplié*

```
{                                       ---
    "key" : "value",                    key: value
    "other key" : "other value", =>     other key: other value
    "num" : "3.14"                      num: 3.14
    "bool" : "false",                   bool: false
    "none" : "null"                     none: null
}                                       "with quotes": "possible"
```

# format YAML : imbrications vs JSON

- objets **{ ... }** ==> **indentation de 2 ou 4** char.
- listes **[ ... ]** ==> **indentation de 2 ou 4** char. + « **- [espace]** »
- YAML est *compatible avec JSON*

```
{                                       ---
  "object" : {                          object:
    "key" : "value", =>                   key: value
    "items" : [                           items:
      "item1",                              - item1
      { "k1": "v1", "k2": ... },            - k1: v1
      …                                       k2: v2
      "item3"                               - item3
    ]}}
```

# Correspondances clés / options commandes CLI

```
services:                       # service = app conteneurisée réplicable
  app:                          # nom du service ARBITRAIRE
    container_name:             # --name  nom du conteneur ARBITRAIRE
    image:                      # nom de l'image ARBITRAIRE
    build:                      # docker build d'un Dockerfile
      context: .                # chemin du Dockerfile (contexte de build)
      args: [...]               # --build-arg
    restart:                    # --restart
    depends_on: [...]           # dépendance à des services (qui doivent exister !)
    env_file: [...]             # fichier de variables d'environnement
    environment:                # variables directement dans le document
      - VAR=${PARAM:default}    # valeurs par défaut
    ports: [8080:80]            # -p EXT_PORT:INT_PORT ou PORT seul pour exposition
    volumes:                    #
      - type: bind              # --mount
        source: .               #
        target: /               #
      - /src:/dest:opts         # -v
    networks: [...]             # --net
```

# créations des réseaux et des volumes

```yaml
networks:
  network-name:                    # ARBITRAIRE
    name: network-name             # fixe la politique de nommage
    driver: bridge
    ipam:
      config:
        - subnet: 172.18.0.0/16
          gateway: 172.18.0.1
  extern-network:
    name: extern-network
    external: true

volumes:
  volume-name:                     # ARBITRAIRE
    name: volume-name              # fixe la politique de nommage
```

# politique de nommage

- un projet docker compose commence par créer un *dossier* abritant:
  - le fichier **compose.yml** terme *détecté par Docker*
  - plusieurs fic/dos configurations / code ...
- par défaut, au lancement des services:
  - le nom des réseaux / volumes seront:
    **nom du dossier + "_" + clé**, sauf si on ajoute la clé `name: value`
  - le nom des conteneurs seront
    **nom du dossier + "-" + nom du service + "-[0-9]+"**
    sauf si on ajoute la clé `container_name: value`

# Commandes docker compose principales

- `docker compose up [-d]` : lance l'ensemble des conteneurs
  - créé les *réseaux / volumes (si absents) / services*
  - **-d:** lance *tous* les services en *arrière plan*
- `docker compose down [-v]` : détruit tout sauf les volumes
  - **-v:** détruit aussi les volumes
- commandes analogues à la CLI *mais agrégées ou pour un service*

```
docker compose ps, logs, rm [-f], stop, [re]start [<service-name>]
docker compose run [--rm|it], exec [-it] <service-name>
```

# dépendances entre services

- la clé **depends_on:** attaché aux clés sous **services:**
- présente une liste de *noms de services* qui doivent être lancés avant le *service courant*

```
services:
  app:
    image: xxxx
    depends_on:
      - db

  db:
    image: yyyy
```

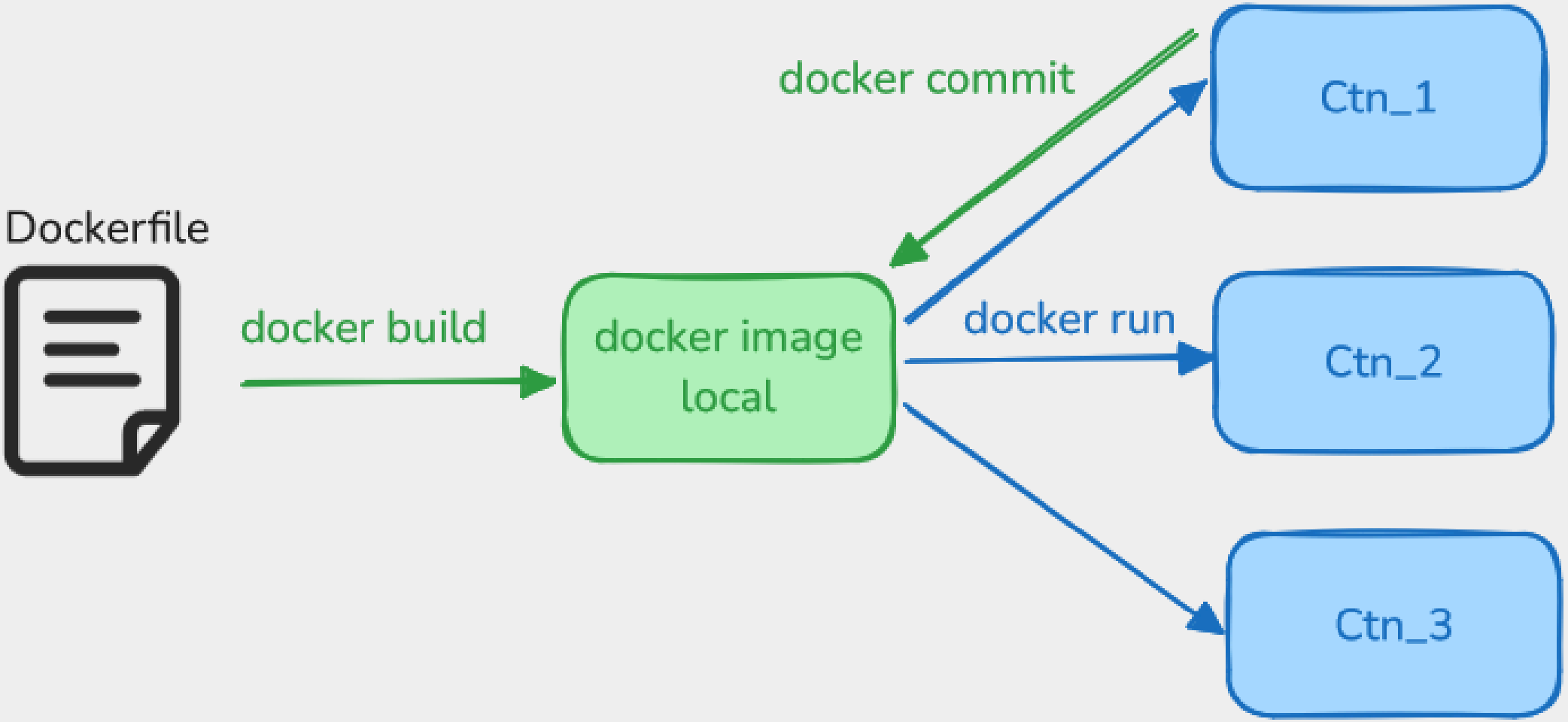
# Utilisation des profiles

- La clé **profiles:** attachée aux clés sous **services:**
- présente une liste d'éléments arbitraires qui sélectionnent une série de services qui fonctionnent ensemble

```
# docker compose --profile profile-name up, down
services:
  app:
  ...
    profiles:
      - profile-name
```

“ *en utilisant les profiles, tous les services doivent avoir un profile et l'option --profile doit être utilisée !!!*

# Créer une image



# retransformer un conteneur en image

- `docker diff <ID | ctn_name>` : affiche les **modifs** opérées dans un conteneur depuis le `docker run`

```
A /my_dir/my_file # Add
C /var/cache/apk  # Change
D /home           # Deletion
```

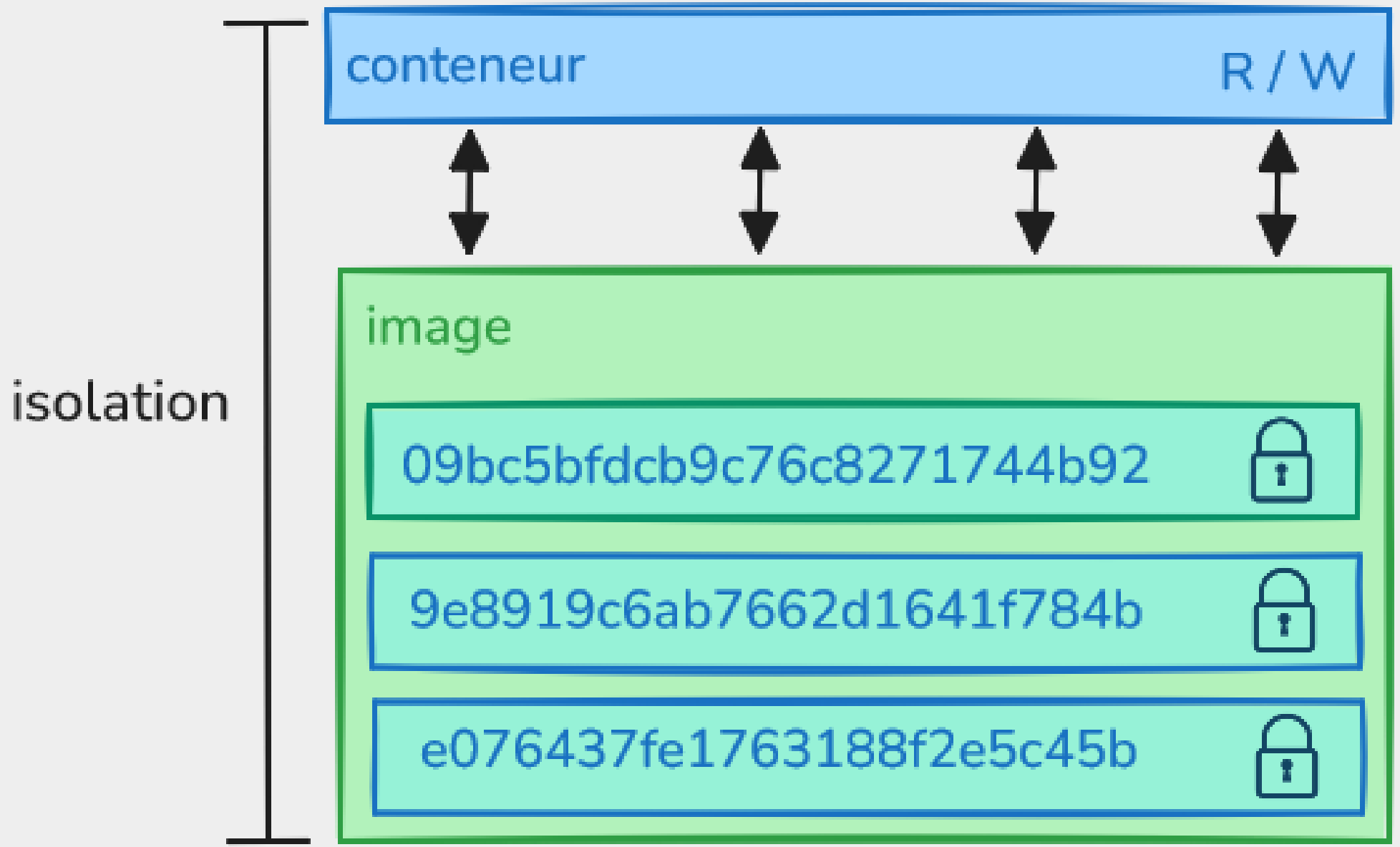
- `docker commit [-a author] [-m msg] <ID | ctn_name> <img>:<tag>` : *"ajoute"* ces modifs dans la nouvelle image *:<tag>*

> *commit ne considère pas les données partagées des volumes !!!*
> *commit s'opère à froid ou avec --pause*

# composition d'une image

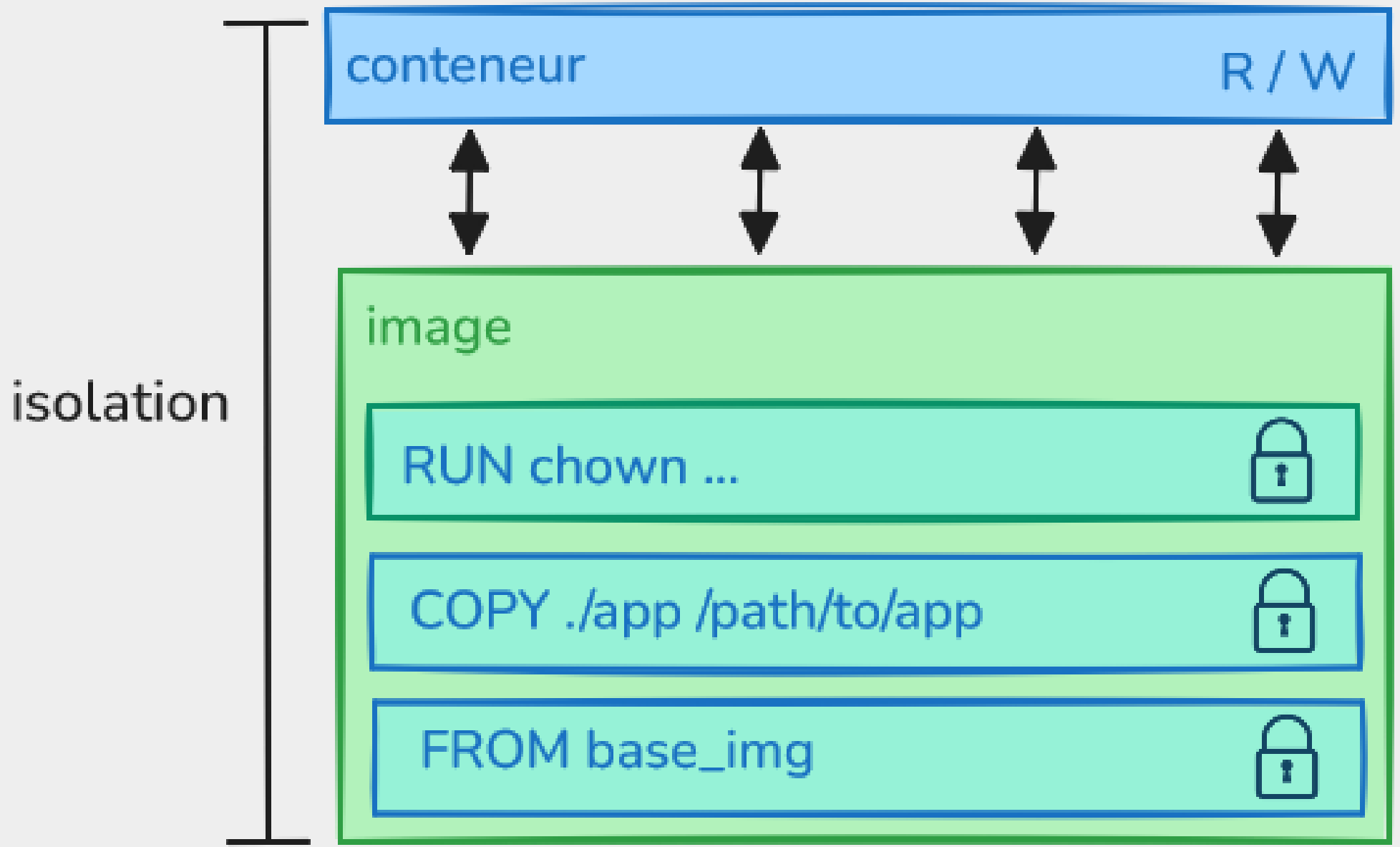
- Une image Docker est un **empilement de couches de système de fichier en lecture seule** - par défaut Docker utilise **OverlayFS**
- Le conteneur consiste principalement en une **fine couche en lecture/écriture** au dessus de l'image
- plusieurs conteneurs batis sur la même image
  *=> partagent les couches communes en lecture seule*
- On peut utiliser *au maximum 127 couches* pour une image

```
# size : taille de la couche RW
# virtual size : taille RW + RO (mutualisées)
docker ps -s
```


conteneur
R / W
image
09bc5bfdcb9c76c8271744b92
9e8919c6ab7662d1641f784b
e076437fe1763188f2e5c45b
isolation

# Le fichier Dockerfile

- rassemble une série d'**instructions** docker
- les instructions principales *créent une couche* de sys. de fichier
  - *FROM / COPY / ADD / RUN / WORKDIR*
- certaines instructions créent ou modifient des *métadonnées*
  - *LABEL / ENV / ARG / USER / EXPOSE*
- et d'autres *déclenchent une action*
  - *VOLUME /ENTRYPOINT / CMD / HEALTHCHECK*


conteneur
R / W
image
RUN chown ...
COPY ./app /path/to/app
FROM base_img
isolation

# les instructions

```
# image et tag de base OU scratch: pour une image de distrubtion linux
# --platform: sélectionne l'architecture voulue (amd64 / arm64 / ...)
FROM [ --platform ] <image>:<tag>

# copie des éléments de l'hôte dans l'image
# utilisation de wildcards ( *, ? ) pour les éléments source
# --chown: changer le propriétaire des éléments copiés
COPY [ --chown ] <src> <dest>

# comme COPY mais gestion de protocoles réseaux pour la source
ADD [ --chown ] <src> <dest>

# exécute une commande shell
RUN <cmd>

# répertoire par défaut à partir duquel le conteneur est lancé
WORKDIR <path>
```

```
# métadonnées arbitraires associées à l'image et au conteneur
# utilisé pour documenter, filtrer, voire configurer (ex. Traefik)
# docker image ls -f label=<label_name>
# docker ps -f label=<label_name>=<label_value>
LABEL <key> <value>

# crée ou modifie des variables d'environnement dans l'image
# Ces variables ne peuvent être modifiées qu'au lancement du conteneur !!!
ENV VAR=value

# IDEM SAUF que ces variables ne sont spécifiées qu'au build de l'image !!!
ARG VAR[=value]

# fixe l'utilisateur utilisé au moment du lancement du conteneur
# l'utilisateur DOIT EXISTER !!!
USER <user[:group]>

# déclare les ports réseau sur lesquels le service installé dans l'image DOIT ECOUTER
EXPOSE <ports>
```

```
# création de volumes persistant les chemins renseignés dans Docker
# ce sont des volumes anonymes !!!
# docker run --volumes-from: pour les exploiter
VOLUME <paths>

# commande automatiquement lancée avec un conteneur de cette image
# commande non-substituable par docker run => ERROR
ENTRYPOINT <cmd>

# IDEM SAUF que la commande est substituable par docker run
# on peut combiner ENTRYPOINT + CMD
CMD <cmd>

# commande automatiquement lancée après les premières ci dessus
# DOIT prouver l'état valide du conteneur
HEALTHCHECK [ --options ] CMD <cmd>
```

# le build: exécuter le Dockerfile

- on crée **un dossier** pour le *Dockerfile* et tous les éléments constitutifs de l'image *configurations, code, ...*
- ce dossier est nommé **contexte de build**
- le fichier **.dockerignore** ignore les éléments du contexte inutiles au build:
  - indisponible pour les instructions COPY / ADD
  - intérêt: contexte chargé côté serveur *=> bande passante !!*

# types de build

- `docker build -t <img:tag> [proto://]path/to/context`
  - **-t <img:tag>:** nommer la nouvelle image avec son tag
- `docker build -t <image : tag> - < [proto://]/path/to/Dockerfile`
  build sans contexte

```
# build paramétré par les instructions ARG !!!
docker build -t <img:tag> \
--build-arg PARAM=val \
--build-arg PARAM2=val2 ...
```

# le builder

- par défaut, le **plugin client buildx** et le **backend buildKit** s'occupent du build
  - chargement du *contexte de build* dans buildKit
  - exécution des *instructions => couches*
- les couches sont **mises en cache** pour accélérer les builds successifs

```
docker buildx du                          # voir le cache
docker buildx prune [--filter until=1h] # vider le cache
docker build --no-cache ...               # build sans cache
```

# test le build

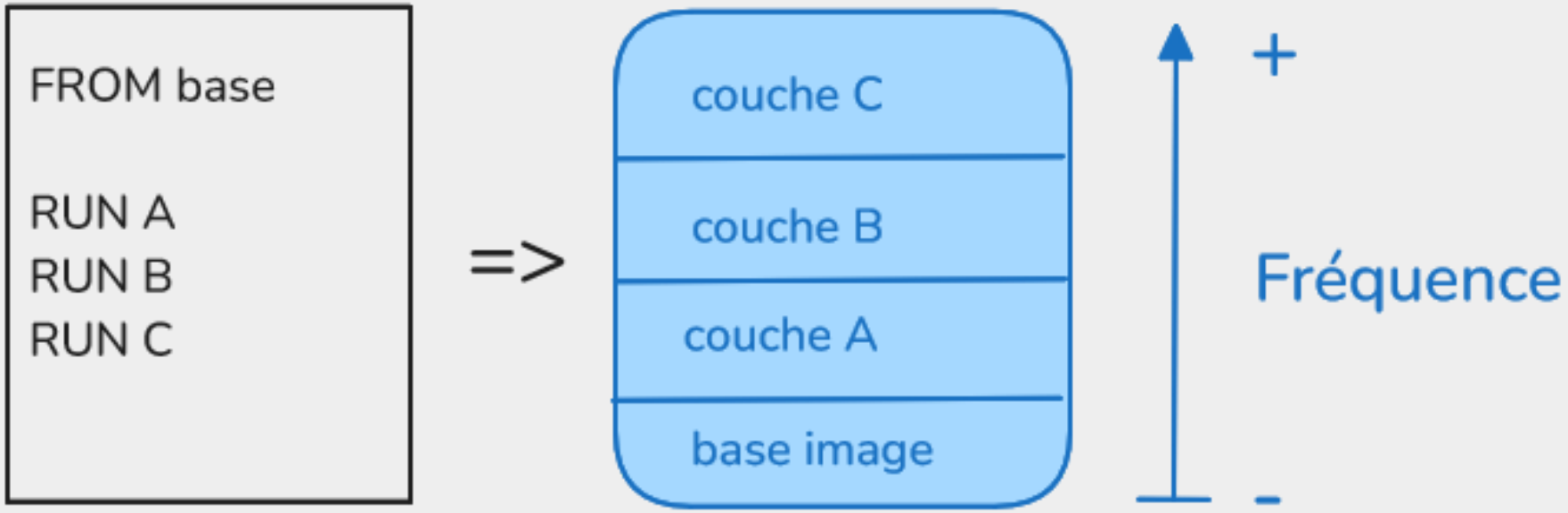
```
# ENTRYPOINT OU|ET CMD ...
HEALTHCHECK \
      --start-period=5s \
      --timeout=30s \
      --interval=5s \
      [--retries=3 \]
      CMD <cmd>
```

- après 5s, exécute CMD avec *Δmax* de 30s,
- si CMD est en erreur, **réessaie** 3x en attendant 5s *entre essais*
- sans `--retries=n`, **HEALTHCHECK** devient *périodique*

“ on voit **"healthy"** ou **"unhealthy"** dans *docker ps | inspect* !!!

# bonnes pratiques de performances

1. Ajout des couches par *fréquence de mise à jour* croissante
   stable => instable



2. minimiser le nb de couches
    - *chaîner les RUN* avec **&& ** ou **<< EOF**
    - ADD *=>* RUN curl
3. enchaîner *création / modif / suppression* dans la même couche
4. travailler en flux **|** et non en fichier **&&**
5. privilégier les images/paquets *les plus légers*

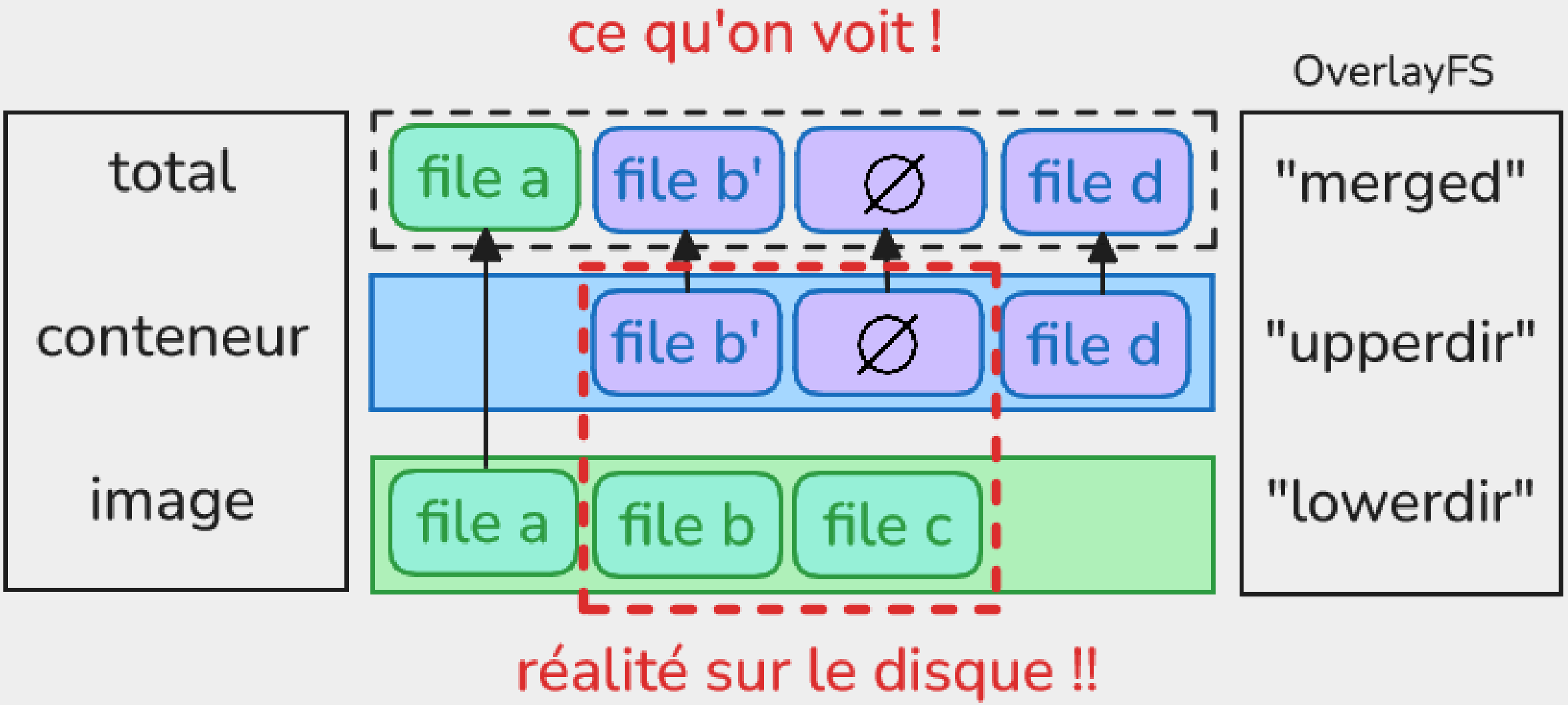
```
RUN apt-get update && apt-get install -y \
    xxx && \
    ... && \
    rm -rf /var/lib/apt/lists/*

RUN curl https://xxx.xx | \
    tar xvz -C ...
```

# Mécanisme « Copy on Write » de OverlayFS

- **CoW** permet de **réutiliser les objets** d'une couche inférieure dans les couches supérieures *TANT QUE* ces objets *ne sont pas modifiés*
- *=> en cas de changement*, **l'objet au complet est copié**
- le `build` consiste à *itérativement*:
  - créer une nouvelle couche R/W utilisant le CoW
  - et rendre la nouvelle couche exécutée en RO
- le `run` créer une nouvelle couche R/W utilisant le CoW

> *modifier/supprimer un objet dans une couche supérieure laisse toujours l'objet précédent dans l'image !!!*
> *=> bonne pratique 3. !!!*


ce qu'on voit !
OverlayFS
total
conteneur
image
file a
file b'
∅
file d
file b'
∅
file d
file a
file b
file c
"merged"
"upperdir"
"lowerdir"
réalité sur le disque !!

# «builder» avec docker compose

```
services:
  svc:
    image: <image>:<tag>
    build:
      context: /path/to/context
      dockerfile: Dockerfile
      # build sans cache
      # no_cache: true
      args:
        - VAR=value
        # piloter l'argument par une var. d'env.
        # voire une valeur par défaut
        - VAR=${VAR:-default}
```

# les labels et healthcheck avec docker compose

```
services:
  svc:
    ...
    labels:
      - author=bob
      - created_at="2020-03-14"
      - stack.image="svc"
    healthcheck:
      test: ["executable", "arg"]
      start_period: 5s
      timeout: 30s
      interval: 5s
      retries: 3
```

# Registre d'image privé

- pour stocker les images custom buildée:
  - docker Hub (public) + compte docker (privé)
  - installer un conteneur de l'**image registry** dans l'env. pro
- configurations principales: `/etc/docker/registry/config.yml`
  - accès http sur le *port 5000* ou **http + TLS** sur le port *443*
  - authentification: *htpsswd, Jeton JWT, ...*
  - stockage, cache, ...

# utiliser le registre

```
## logging sur le registre
docker login -u [username] -p [password]

## l'image à pousser DOIT PREFIXER l'adresse (ip ou dns) du registre
docker push <addr>:<port>/[<path>/]<img>:<tag>

## "changer" le nom d'une image locale
# i.e, créer une référence //
docker tag <img>:<tag> <addr>:<port>/[<path>/]<img>:<tag>

## builder une image directement dans le registre
docker build -t <addr>:<port>/[<path>/]<img>:<tag> --push /path/to/context

## pull
docker pull <addr>:<port>/[<path>/]<img>:<tag>
```

# contournement d'un certificat TLS auto-signé

- éditer le fichier config. du serveur docker `/etc/docker/daemon.json`

```
{
  ...
  "insecure-registries": ["xxx.yyy.zzz.ttt:443","domain.name:443"]
}
```

```
sudo systemctl daemon-reload
sudo systemctl restart docker
```

# Techniques avancées

## mécanisme «multi staging build»

- utilise *plusieurs instructions FROM* comme étapes de construction, images auxiliaires ou **stage**
- on exploite les stages *RUN, COPY, ADD, ...*
  et on injecte les objets intéressants dans l'*image buildée*

```
FROM <image>:<tag> AS <stage_name>
...
FROM <build_image:tag>
COPY --from=<stage_name> [stage_path_src] [build_image_dest]
```

# build «multi-platforme »

- méthode avec *Docker Engine + QEMU*
- prérequis (2 possibilités)
  - utiliser le *dépôt d'images de containerd* (expériemental)
  - **OU** créer un *builder custom*
- installation de l'émulation des architectures via QEMU

```
docker run --privileged --rm \
tonistiigi/binfmt \
--install all | linux/amd64,linux/arm64...

cat /proc/sys/fs/binfmt_misc/qemu-arm | grep "F"   # OK!!
```

# dépôt d'images de containerd (I)

```
// dans la CONFIG SERVEUR de docker  /etc/daemon.json
{
  ...
  "features": {
    ...
    "containerd-snapshotter": true
  }
}
```

- `sudo systemctl restart docker` : redémarre le service docker

# exécuter le build multi-platforme (I)

```
docker buildx ls
NAME/NODE    DRIVER/ENDPOINT  STATUS    BUILDKIT    PLATFORMS
default*     docker
 \_ default   \_ default       running   v0.16.0     linux/amd64, linux/arm64
```

```
FROM alpine
RUN uname -m > /arch
```

- l'architecture d'un conteneur d'une image multi-plateforme est **ajustée à l'hôte**

```
docker build --platform linux/amd64,linux/arm64 -t multiplat .
docker run --rm multiplat cat /arch  # x86_64
```

# créer un builder custom (II)

```
# en utilisant l'image moby/buildkit:buildx-stable-1
docker buildx create \
       --name multiplat \
       --driver docker-container \
       --bootstrap \                  # lancer
       --use                          # utiliser

## ce builder ne peut pas utiliser le dépôt d'image
## => build dans une archive OU LE REGISTRY
## le builder DOIT pouvoir se connecter en TLS dans le REGISTRY
BUILDER=$(sudo docker ps | grep buildkitd | cut -f1 -d' ')
sudo docker cp \
     /etc/docker/certs.d/formation.lan:443/ca.crt \
     $BUILDER:/usr/local/share/ca-certificates/ca.crt
sudo docker exec $BUILDER update-ca-certificates
sudo docker restart $BUILDER
```

# exécuter le build multi-platforme (II)

```
docker buildx ls
NAME/NODE   DRIVER/ENDPOINT  ...
multiplat*    docker-container  ...
 \_ mutliplat0  \_ unix:///var/run/docker.sock  ...

## option1
[docker buildx use miltiplat]
docker buildx build \
       --platform linux/amd64,linux/arm64 -t formation.lan:443/multiplat . \
       --push

## option2
docker build \
       --builder multiplat \
       --platform linux/amd64,linux/arm64 -t formation.lan:443/multiplat . \
       --push

docker run --rm multiplat cat /arch  # x86_64
```

# partager un serveur X11 (GUI) dans un conteneur

```
ARG USER=<SAME_user_than_in_host>
ARG UID=<SAME_uid_than_in_host>
ARG HOME=/home/$USER
RUN useradd -d $HOME -s /bin/bash -m $USER -u $UID -U
WORKDIR $HOME
USER $USER
ENV HOME=$HOME
```

```
environment:
  DISPLAY: $DISPLAY  # partager la MEME valeur de DISPLAY
hostname: ${HOSTNAME} # MEME hostname
volumes:
  - /tmp/.X11-unix/:/tmp/.X11-unix # partager la socket x11
  - $HOME/.Xauthority:${HOME}/.Xauthority # MEME config xauth
```

# mécanisme «watch»

- la structure **develop: watch:** attachée aux clés **services:**
- met à jour en temps réél les services en fonction de changements sur les fichiers de ces derniers
- la clé **action:** permet 3 types de mise en jour:
  - *sync*: *Δ* sur un fichier de l'hôte => **maj** du fichier du conteneur
    *=>* pour les *fichiers statiques*
  - *sync + restart*: idem + **redémarrage** du conteneur
    *=>* pour les *fichiers de configuration*
  - *rebuild*: on **rebuild** le service
    *=>* pour les *fichiers constituant le Dockerfile*

```
## obj: file or directory
develop:
  watch:
    - action: sync
      path: /path/to/watch/obj
      target: /path/on/ctn/obj
      # if obj is directory
      # do not watch these
      ignore:
        - /path/to/watch/obj/something
        - ...

    - action: sync+restart
      path: /path2/to2/watch2/obj2
      target: /path2/on2/ctn2/obj2

    - action: rebuild
      path: /path3/to3/watch3/obj3
```

# déclencher le mécanisme «watch»

- 2 commandes **docker compose** pour le déclenchement:
  - `docker compose watch` : **build + watch**
  - `docker compose up [--build] --watch` : **[build] +watch + logs**
  - **-d** ne fonctionne pas avec ces déclenchements

> **Le mécanisme ne fonctionne pas avec les Binds Mounts !!!**
> *=> avec les fichiers liés aux instructions COPY/ADD/RUN*

# scanner les images Docker

- utlisation de **Docker Scout CLI** => *besoin d'un compte Docker*

```
# INSTALLATION
if [ ! -d "~/.docker" ]; then
  mkdir ~/.docker
fi
curl -sSfL \
https://raw.githubusercontent.com/docker/scout-cli/main/install.sh | sh -s --
```

- Compte Docker => Avatar => Account settings
  => Personal Access Tokens => create token

```
# CONNEXION au compte
echo "xxx-token-xxx" | docker login -u <username> --password-stdin
```

# évaluer une image

- `docker scout quickview [proto://]<image:tag>` : affiche le nb de vulnérabilités de l'*image* est celle de l'instruction *FROM (base)*
- sources *[proto]*
- **local:** locale
- **registry:** registre *(pb! self-signed certs)*
- **image:** *par défaut*, locale ou registre *(pb! self-signed certs)*
- **archive:** `docker save -o img.tar`

```
$ docker scout quickview mariadb:11.5
✓ SBOM of image already cached, 206 packages indexed

    i Base image was auto-detected. To get more accurate results, \
      build images with max-mode provenance attestations.
      Review docs.docker.com ↗ for more information.

  Target               |  mariadb:11.5  |    3C    35H    14M     7L     5?
    digest             |  980042c20069  |
  Base image           |  ubuntu:24.04  |    0C     0H     1M     4L
  Updated base image   |  ubuntu:24.10  |    0C     0H     0M     0L
                       |                |                  -1     -4

What's next:
    View vulnerabilities \
        → docker scout cves mariadb:11.5
    View base image update recommendations \
        → docker scout recommendations mariadb:11.5
```

# scanner les vulnérabilités

- `docker scout cves [proto://]mariadb:11.5` : décrit l'image et liste les **vulnérabilités** liées aux **librairies installées** dans l'image
- `// --format only-packages` :
  voir uniquement la liste
- `// --format only-packages --only-package-type golang` :
  Filtrer par le *type de librairies* (deb, pypi, golang, composer ...)
- `// --format only-packages --only-severity critical, high`
  Filtrer par *criticité* (critical, high, medium, low, unspecified)
- `// --format only-packages --only-base` : uniquement pour le *FROM*

```
$ docker scout cves mariadb:11.5
  ✓ SBOM of image already cached, 206 packages indexed
  ✗ Detected 7 vulnerable packages with a total of 64 vulnerabilities
## Overview
                    |           Analyzed Image
--------------------+-----------------------------------------
  Target            |  mariadb:11.5
    digest          |  980042c20069
    platform        | linux/amd64
    vulnerabilities |    3C    35H    14M     7L     5?
    size            | 137 MB
    packages        | 206
## Packages and Vulnerabilities
   3C    35H    12M     1L     5?  stdlib 1.18.2
pkg:golang/stdlib@1.18.2

    ✗ CRITICAL CVE-2024-24790
      https://scout.docker.com/v/CVE-2024-24790
      Affected range : <1.21.11
      Fixed version  : 1.21.11
```

```
docker scout cves mariadb:11.5 --format only-packages
    ✓ SBOM of image already cached, 206 packages indexed
    ✗ Detected 7 vulnerable packages with a total of 64 vulnerabilities

  Name              Version                 Type        Vulnerabilities
_____________________________________________________________________
  acl               2.3.2-1build1           deb      0C     0H     0M     0L
  adduser           3.137ubuntu1            deb      0C     0H     0M     0L
  apt               2.7.14build2            deb      0C     0H     0M     0L
  attr              1:2.5.2-1build1         deb      0C     0H     0M     0L
  audit             1:3.1.2-2.1build1       deb      0C     0H     0M     0L
  base-files        13ubuntu10.1            deb      0C     0H     0M     0L
  base-passwd       3.6.3build1             deb      0C     0H     0M     0L
  bash              5.2.21-2ubuntu4         deb      0C     0H     0M     0L
```

# chercher des recommendations

- `docker scout recommendations [proto://]mariadb:11.5` : affiche un rapport d'**améliorations**

```
## Recommended fixes
Base image is  ubuntu:24.04
  Vulnerabilities |    0C     0H     1M     4L
  Packages        | 130
  OS              | 24.04
Change base image
  The list displays new recommended tags in descending order, \
  where the top results are rated as most suitable.
           Tag          |          Details          |  Pushed   |Vulnerabilities
------------------------|---------------------------|-----------|---------------
24.10                    | Benefits:                 |2 weeks ago|0C  0H  0M  0L
Minor OS version update| • Minor OS version update|           |       -1  -4
```

# exporter un rapport de vulnérabilités

- `docker scout quickview|cves|rec. --format format -o <path> ...`
- **--format:**
  - texte: packages (verbeux), only-packages (simple)
  - dialectes JSON: sarif, spdx, **gitlab**, sbom
  - markdown
- **-o:** sortie dans un fichier