

S13 – Interactions moléculaires : solubilité et pénétration cutanée



Polarité – Liaisons hydrogène – Van der Waals – Hydrophile/lipophile – Pénétration cutanée

En BTS MECP, on attend des réponses **rédigées, justifiées** et utilisant un **vocabulaire scientifique précis**.

Comprendre les interactions moléculaires permet d'expliquer la solubilité des actifs et leur capacité à traverser la peau.

🎯 Objectifs de la séance

À l'issue de cette séance, vous serez capables de :

- **identifier** le caractère polaire ou apolaire d'une liaison et d'une molécule
- **distinguer** les liaisons hydrogène et les interactions de Van der Waals
- **expliquer** la solubilité par le principe « qui se ressemble se dissout »
- **relier** la structure d'une molécule à son caractère hydrophile ou lipophile
- **argumenter** sur la pénétration cutanée d'un actif cosmétique



Pourquoi c'est important pour votre métier ?

En institut ou en laboratoire cosmétique, vous serez amené(e) à :

- **Comprendre la formulation** : pourquoi mélanger une phase aqueuse et une phase huileuse nécessite un émulsifiant
- **Prévoir la pénétration cutanée** : un actif hydrophile ne pénètre pas la peau de la même façon qu'un actif lipophile
- **Conseiller sur les soins** : adapter le vecteur (crème, sérum huileux, gel aqueux) à l'actif
- **Lire les fiches techniques** : interpréter les mentions « soluble dans l'eau » ou « soluble dans les huiles »

💡 La vitamine C (acide ascorbique) est hydrophile : elle se dissout dans l'eau mais pénètre mal la barrière lipidique de la peau. C'est pourquoi on utilise des dérivés lipophiles comme l'Ascorbyl

Tetraisopalmitate pour améliorer sa pénétration !

👉 Cette séance vous permettra de comprendre pourquoi un actif pénètre bien ou mal dans la peau, en fonction de sa structure moléculaire.

Situation professionnelle

Vous travaillez au **service R&D** d'un laboratoire cosmétique.

La directrice technique vous demande d'expliquer un problème récurrent :

- La **vitamine C pure** (acide ascorbique, hydrophile) est un excellent antioxydant mais **pénètre mal la peau**.
- L'**Ascorbyl Tetraisopalmitate** (dérivé lipophile de la vitamine C) **pénètre beaucoup mieux**.

« Pourquoi la vitamine C hydrophile ne traverse-t-elle pas la barrière cutanée ? Comment améliorer sa pénétration ? »

Pour répondre, vous devez comprendre les **interactions entre molécules** et le lien entre **structure** et **solubilité**.

Documents fournis

Document 1 – Polarité d'une liaison

Quand deux atomes liés ont des **électronégativités différentes**, la liaison est **polaire** : les électrons sont attirés vers l'atome le plus électronégatif.

Électronégativité : capacité d'un atome à attirer les électrons d'une liaison.

Atome	Électronégativité (échelle de Pauling)
H	2,2
C	2,6
N	3,0
O	3,4

Atome	Électronégativité (échelle de Pauling)
Cl	3,2

Règle pratique :

$$\Delta\chi > 0,4 \Rightarrow \text{liaison POLAIRE} \quad \Delta\chi \leq 0,4 \Rightarrow \text{liaison APOLAIRE}$$

Liaison	$\Delta\chi$	Caractère
O–H	1,2	Polaire
C–O	0,8	Polaire
C–H	0,4	Apolaire
C–C	0	Apolaire

💡 Dans une liaison polaire, on note δ^+ sur l'atome le moins électronégatif et δ^- sur le plus électronégatif.



Les électrons sont attirés vers 0 (plus électronégatif)

Document 2 – Polarité d'une molécule

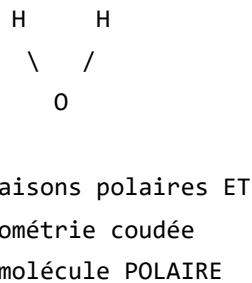
La polarité d'une molécule dépend de **deux facteurs** :

1. La **polarité des liaisons** qu'elle contient
2. La **géométrie** de la molécule (les polarités peuvent se compenser)

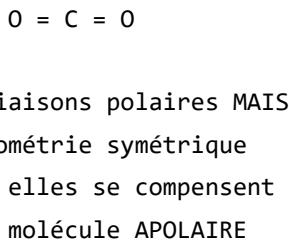
Critère	Molécule polaire	Molécule apolaire
Liaisons	Polaires	Apolaires ou polaires compensées
Géométrie	Dissymétrique	Symétrique
Exemple	H ₂ O (coudée)	CO ₂ (linéaire, symétrique)

Exemples :

Molécule d'EAU (H_2O)



Molécule de CO_2



Document 3 – Les interactions intermoléculaires

Les molécules interagissent entre elles grâce à des forces **plus faibles** que les liaisons covalentes.

A) Liaisons hydrogène

Une **liaison hydrogène** se forme quand un atome d'hydrogène lié à un atome très électronégatif (O, N, F) interagit avec un autre atome électronégatif porteur de doublets non liants.

Liaison H : X—H···Y (X, Y = O, N ou F)

Liaison hydrogène



(entre molécules
d'eau)



(entre molécules
biologiques)

Caractéristiques :

- Force **intermédiaire** (10 à 40 kJ/mol)
- Responsable des propriétés de l'eau (T° ébullition élevée)
- Essentielle en biologie (structure de l'ADN, des protéines)

B) Interactions de Van der Waals

Les **interactions de Van der Waals** existent entre **toutes les molécules**, polaires ou non.

Van der Waals : plus la molécule est GRANDE, plus les interactions sont FORTES

Caractéristiques :

- Force **faible** (1 à 10 kJ/mol)
- Augmentent avec la **taille** et la **surface de contact** de la molécule
- Seules interactions possibles entre molécules **apolaires**

Document 4 – Solubilité : « qui se ressemble se dissout »

La solubilité dépend des interactions entre le **soluté** et le **solvant** :

Polaire dissout polaire		Apolaire dissout apolaire
-------------------------	--	---------------------------

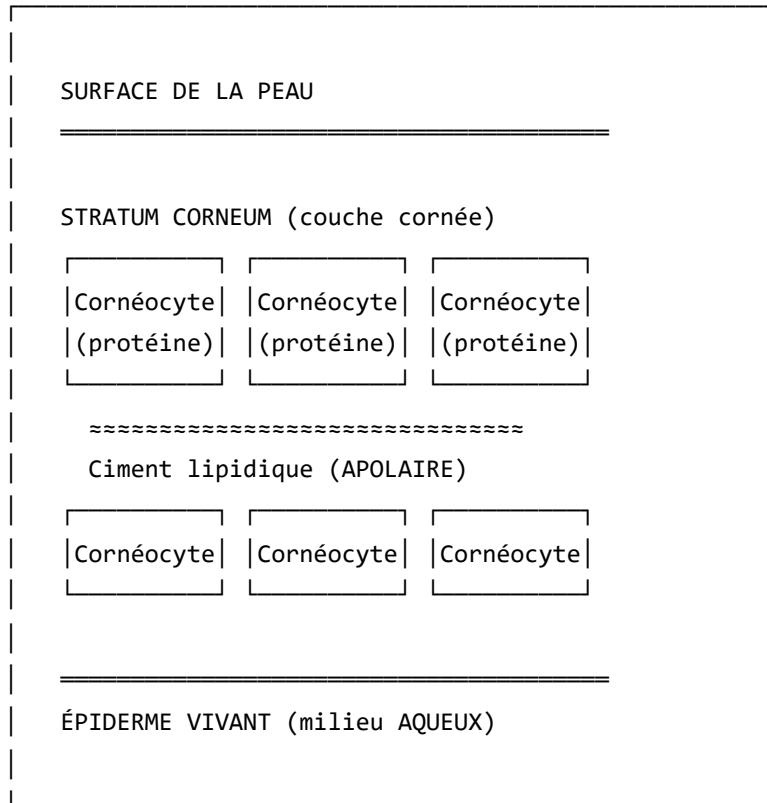
Solvant	Type	Dissout...	Exemples
Eau	Polaire	Molécules polaires (hydrophiles)	Sel, sucre, vitamine C
Huile	Apolaire	Molécules apolaires (lipophiles)	Vitamine E, rétinol, cires

Vocabulaire :

Terme	Signification	Affinité
Hydrophile	« Qui aime l'eau »	Soluble dans l'eau (polaire)
Lipophile	« Qui aime les graisses »	Soluble dans les huiles (apolaire)
Amphiphile	« Qui aime les deux »	Possède une partie hydrophile ET une partie lipophile

Document 5 – Structure de la peau et pénétration cutanée

La couche la plus superficielle de l'épiderme, le **stratum corneum** (couche cornée), est la principale **barrière** à la pénétration des actifs.



Structure en « briques et mortier » :

- **Briques** = cornéocytes (cellules mortes riches en kératine)
- **Mortier** = ciment lipidique intercellulaire (**APOLAIER** : céramides, cholestérol, acides gras)

⚠️ **Le ciment lipidique est APOLAIER** → les molécules **lipophiles** le traversent plus facilement que les molécules **hydrophiles**.

Conséquence pour les actifs :

Type d'actif	Exemples	Pénétration
Hydrophile	Vitamine C, acide hyaluronique	✗ Difficile
Lipophile	Vitamine E, rétinol	✓ Facile
Amphiphile	Niacinamide (vitamine B3)	✓ Bonne

Document 6 – Améliorer la pénétration d'un actif hydrophile

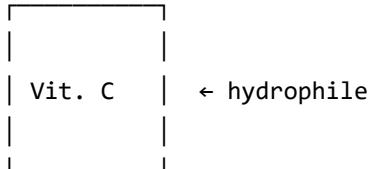
Plusieurs stratégies permettent de faire pénétrer un actif hydrophile à travers la barrière lipidique :

Stratégie	Principe	Exemple
Dérivé lipophile	Greffer un groupe apolaire sur la molécule	Ascorbyl Tetraisopalmitate
Liposomes	Encapsuler dans des vésicules lipidiques	Liposomes de vitamine C
Émulsion	Disperser dans une phase huileuse	Crème eau-dans-huile
Promoteurs d'absorption	Perturber le ciment lipidique	Alcools, terpènes

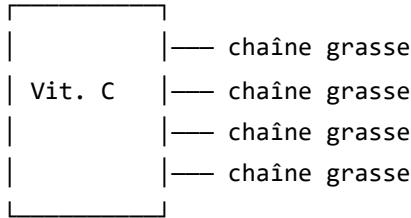
Exemple : dérivé lipophile de la vitamine C

VITAMINE C PURE
(acide ascorbique)

ASCORBYL TETRAISOPALMITATE
(dérivé lipophile)



Nombreux groupes O-H
→ liaisons H avec l'eau
→ SOLUBLE dans l'eau
→ NE PÉNÈTRE PAS



↑
Chaînes carbonées (apolaires)
→ interactions Van der Waals
avec le ciment lipidique
→ PÉNÈTRE la peau

💡 Travail 1 – Polarité des liaisons et des molécules

🎯 Compétence E2 : Mobiliser – Identifier la polarité.

1.1 – Polarité des liaisons

À l'aide du tableau d'électronégativité (Document 1), déterminez le caractère polaire ou apolaire des liaisons suivantes :

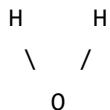
Liaison	Atome 1 (x)	Atome 2 (x)	$\Delta\chi$	Polaire ou apolaire ?
O-H	_____	_____	_____	_____

Liaison	Atome 1 (χ)	Atome 2 (χ)	$\Delta\chi$	Polaire ou apolaire ?
C–H	_____	_____	_____	_____
C–O	_____	_____	_____	_____
C–C	_____	_____	_____	_____
N–H	_____	_____	_____	_____

1.2 – Polarité des molécules

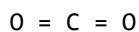
Pour chaque molécule, indiquez si elle est **polaire** ou **apolaire** et justifiez brièvement :

Molécule A : Eau (H_2O) – Géométrie coudée



Polaire ou apolaire ? _____ Justification :

Molécule B : Dioxyde de carbone (CO_2) – Géométrie linéaire



Polaire ou apolaire ? _____ Justification :

Molécule C : Méthane (CH_4) – Géométrie tétraédrique symétrique

Polaire ou apolaire ? _____ Justification :

Travail 2 – Les interactions intermoléculaires

Compétence E2 : Mobiliser – Reconnaître les types d'interactions.

2.1 – Identifier les interactions

Pour chaque paire de molécules, indiquez le type d'interaction principal (liaison hydrogène ou Van der Waals) :

Paire de molécules	Interaction principale	Justification
Eau – Eau ($\text{H}_2\text{O} \cdots \text{H}_2\text{O}$)	_____	
Huile – Huile (chaînes C–H)	_____	
Eau – Éthanol ($\text{H}_2\text{O} \cdots \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)	_____	
Hexane – Hexane (C_6H_{14})	_____	

2.2 – Comparer les forces

Classez les interactions suivantes de la **plus faible** à la **plus forte** :

- Liaison covalente (ex : O–H dans l'eau)
- Liaison hydrogène (ex : entre deux molécules d'eau)
- Interaction de Van der Waals (ex : entre deux molécules d'huile)

La plus faible : _____ < _____ < _____ : La plus forte

Travail 3 – Solubilité et structure moléculaire

Compétence E2 : Argumenter – Relier structure et solubilité.

3.1 – Prévoir la solubilité

Pour chaque molécule, identifiez les groupes caractéristiques et prévoyez sa solubilité :

Molécule A : Éthanol ($\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH}$)

- Groupe(s) polaire(s) présent(s) : _____
- Groupe(s) apolaire(s) présent(s) : _____

- Soluble plutôt dans l'eau ou dans l'huile ? _____
- Justification :

Molécule B : Hexane ($\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$)

- Groupe(s) polaire(s) présent(s) : _____
- Groupe(s) apolaire(s) présent(s) : _____
- Soluble plutôt dans l'eau ou dans l'huile ? _____
- Justification :

Molécule C : Acide ascorbique (vitamine C) – Contient 4 groupes O—H et 1 groupe C=O

- Caractère dominant : hydrophile ou lipophile ? _____
- Soluble plutôt dans l'eau ou dans l'huile ? _____
- Justification :

3.2 – La règle « qui se ressemble se dissout »

Complétez le tableau :

Soluté	Caractère	Solvant adapté	Interaction mise en jeu
Vitamine C	Hydrophile	_____	_____
Vitamine E	_____	Huile	_____
Sel (NaCl)	Hydrophile	_____	_____
Cire d'abeille	_____	_____	Van der Waals



Travail 4 – Pénétration cutanée

🎯 Compétence E2 : Argumenter – Relier structure et pénétration.

4.1 – Analyser la barrière cutanée

À l'aide du Document 5, répondez aux questions :

1. Quel est le nom de la couche qui constitue la principale barrière de la peau ?

2. De quoi est composé le « mortier » entre les cornéocytes ?

3. Ce ciment intercellulaire est-il polaire ou apolaire ?

4.2 – Prévoir la pénétration

Pour chaque actif, indiquez s'il pénétrera facilement la peau et justifiez :

Actif	Caractère	Pénétration (facile/difficile)	Justification
Vitamine C (hydrophile)	Polaire	_____	
Rétinol (lipophile)	Apolaire	_____	
Acide hyaluronique (très hydrophile, grande molécule)	Polaire	_____	
Niacinamide (amphiphile)	Mixte	_____	

4.3 – La vitamine C : problème et solutions

La vitamine C (acide ascorbique) est un puissant antioxydant mais pénètre mal la peau.

1. Expliquez pourquoi la vitamine C pénètre mal en utilisant les termes : *hydrophile, ciment lipidique, apolaire, interactions*.

2. L'Ascorbyl Tetraisopalmitate est un dérivé de la vitamine C sur lequel on a greffé 4 chaînes grasses. Expliquez pourquoi ce dérivé pénètre mieux la peau.

3. Proposez une autre stratégie (différente du dérivé lipophile) pour améliorer la pénétration de la vitamine C. Justifiez.



Travail 5 – Exercice de synthèse (niveau E2)

Compétence E2 : Argumenter et Communiquer

Situation professionnelle

Un laboratoire cosmétique développe un sérum contenant deux actifs :

Actif	Structure	Caractère
Niacinamide (vitamine B3)	Petite molécule avec un cycle azoté et un groupe C=O	Amphiphile
Tocophérol (vitamine E)	Grande molécule avec une longue chaîne carbonée et un seul groupe OH	Lipophile

Questions

5.1 Pour chaque actif, identifiez la partie hydrophile et la partie lipophile de la molécule. (2 pts)

5.2 Quel actif pénétrera le mieux à travers le ciment lipidique ? Justifiez en vous appuyant sur les interactions intermoléculaires. (2 pts)

5.3 Le formateur choisit un véhicule de type émulsion huile-dans-eau. Expliquez en 3-4 lignes pourquoi ce choix est adapté pour véhiculer ces deux actifs. (2 pts)

Entrainement filé – Question type E2 2025

 **Compétence E2 : Argumenter** – Répondre en 4 lignes.

Question : L'ajout d'un groupe éthyle ($-\text{CH}_2\text{--CH}_3$) sur la vitamine C améliore sa pénétration cutanée. Expliquez.

Synthèse personnelle (entraînement E2 – 5 à 7 lignes)

 **Compétence E2 : Communiquer**

Rédigez un **court paragraphe** expliquant comment la structure d'une molécule détermine ses interactions, sa solubilité et sa capacité à pénétrer la peau.

Votre synthèse doit contenir :

- Le lien entre polarité et type d'interaction (liaison H ou Van der Waals)

- Le principe « qui se ressemble se dissout »
- Le caractère lipidique de la barrière cutanée
- Un exemple d'actif cosmétique

Mots obligatoires à placer :

polaire – apolaire – liaison hydrogène – Van der Waals – hydrophile – lipophile – ciment lipidique – pénétration cutanée

Mes réussites aujourd'hui

Avant de passer à l'auto-évaluation, prenez un moment pour reconnaître vos progrès !

Cochez ce que vous avez réussi à faire :

Réussite	✓
Je sais déterminer si une liaison est polaire ou apolaire	<input type="checkbox"/>
Je sais identifier le caractère polaire/apolaire d'une molécule	<input type="checkbox"/>
Je connais la différence entre liaison H et Van der Waals	<input type="checkbox"/>
Je sais prévoir la solubilité d'une molécule	<input type="checkbox"/>
Je comprends pourquoi un actif hydrophile pénètre mal la peau	<input type="checkbox"/>
Je connais des stratégies pour améliorer la pénétration cutanée	<input type="checkbox"/>

 **Chaque case cochée est une victoire !** Vous savez maintenant expliquer pourquoi un actif pénètre bien ou mal dans la peau.

Auto-évaluation

Avant de rendre votre travail, vérifiez :

Critère	✓
Je sais calculer $\Delta\chi$ et en déduire la polarité d'une liaison	<input type="checkbox"/>
Je sais distinguer liaison hydrogène et Van der Waals	<input type="checkbox"/>
Je connais le principe « qui se ressemble se dissout »	<input type="checkbox"/>
Je sais relier structure moléculaire et pénétration cutanée	<input type="checkbox"/>
Je comprends le rôle du ciment lipidique comme barrière	<input type="checkbox"/>
J'ai rédigé ma synthèse avec les mots obligatoires	<input type="checkbox"/>

Pour la suite de la progression

Dans les **séances suivantes**, vous découvrirez :

- **S14** : pH et cosmétiques
- **S19** : Fonctions organiques (alcools, acides, esters...)

Outils méthodologiques associés

- ➡ **Fiche méthode 01 – Justifier une réponse scientifique (O.A.C.J.)**
- ➡ **Fiche méthode 06 – Lire une formule de Lewis**

Pour réviser en vidéo

-  **Liaisons hydrogène et interactions** – 4 min

Comprendre les forces intermoléculaires.

-  **Polarité des molécules** - 5 min

 **Hydrophile / Lipophile : comprendre la solubilité** – 11 min

Le lien entre structure moléculaire et solubilité.

💡 **Conseil** : Ces notions sont fondamentales pour comprendre la formulation cosmétique et la pénétration des actifs !